

OPREDELITEV GOZDNIH OBMOČIJ S POUJARJENO ZAŠČITNO FUNKCIJO IDENTIFICATION OF FOREST AREAS WITH EMPHASIZED PROTECTIVE FUNCTION

Matjaž GUČEK¹, Andrej BONČINA²

(1) Zavod za gozdove Slovenije; matjaz.gucek@zgs.si

(2) Univerza v Ljubljani, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire; andrej.boncina@bf.uni-lj.si

IZVLEČEK

Izdelali smo model določanja območij s poudarjeno zaščitno funkcijo glede na vrste naravnih nevarnosti in škodni potencial in ga na območju gozdnogospodarskih enot Tržič in Jezersko preverili za dve vrsti naravnih nevarnosti - padajoče kamenje in skale (v nadaljnjem besedilu padajoče kamenje) ter snežne plazove. Območja s poudarjeno zaščitno funkcijo smo določili na podlagi: 1) modeliranja območij ogroženosti, ki zajemajo območja sproščanja in premeščanja padajočega kamenja ter snežnih plazov, 2) podatkov o stavbah, naseljih in infrastrukturi in 3) maski gozdne površine. Zbirke prostorskih podatkov smo analizirali s programi MapInfo 10.5, ArcGIS 10.0 in 3D modelom trenja Conefall. Z modeliranjem smo določili območje s poudarjeno zaščitno funkcijo na površini 625 ha, od tega je večji del določen zaradi nevarnosti padajočega kamenja (44 %), nekoliko manjši pa zaradi snežnih plazov (27 %), 29 % te površine pa ogrožajo padajoče kamenje in snežni plazovi. Na pretežni površini gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo (65 %) je stopnja ogroženosti velika. Naši rezultati kažejo na znatno podcenjenost uradnih podatkov o površinah gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo.

Ključne besede: modeliranje, skalni podori (padajoče kamenje in skale), naravne nevarnosti, zaščitni gozdovi, neposredna zaščitna funkcija, plazovi, Karavanke

ABSTRACT

We created determination procedure for forests with direct protection function according to the type of natural hazards and damage potential. The model was tested in two forest management units (Jezersko and Tržič) for two natural hazards – rockfall and avalanches. We determined areas with direct protection function on the basis of: 1) modelling risk areas of rockfall and avalanches, 2) data on buildings, settlements and infrastructure, and 3) area of forest. Numerous data were processed with different software, but mainly with MapInfo 10.5, ArcGIS 10.0 and Conefall - 3D friction model. We delineated direct protection function on the area of 625 ha, mainly due to protection against rockfall (44 %), avalanches (27 %), while 29 % of the area was determined due to rockfall and avalanches together. The degree of risk in the areas with direct protection function is mainly high (65 %). Our results showed that official data on areas with direct protection function were underestimated.

Key words: modeling, rockfall, natural hazards, protection forest, direct protection function, avalanche, Karavanke Mts

GDK 627.1:907(045)=163.6
DOI 10.20315/ASetL.116.2

Prispelo / Received: 6. 7. 2018
Sprejeto / Accepted: 24. 9. 2018

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Varovalna funkcija je bila med nelesnimi funkcijami priznana prva (Dorren in Berger, 2006). Že iz srednjega veka so znani zapisi o zavarovanju gozdov, ki so varovali naselja pred naravnimi nevarnostmi (Schuler, 1981). Flameckov načrt za Tolminske gozdove iz leta 1770, ki velja za začetek načrtnega gospodarjenja z gozdovi na ozemlju Slovenije, omenja pomen gozda za zaščito deželne ceste pred padajočim kamenjem (Perko in sod., 2014). V Evropi je varovalna funkcija pomemben sestavni del večnamenskega trajnostnega gospodarjenja z gozdovi (MCPFE, 2003). Pomen varovalne funkcije gozda je relativno večji v gorskih prede-

lih, kjer so naravne nevarnosti pogostejše. Prav zato je v srednjeevropskih državah varovalna funkcija eksplisitno omenjena v zakonih o gozdovih in za krepitev varovalnih funkcij namenjajo največ javnih sredstev. Na pomen varovalne funkcije pri gospodarjenju z gozdovi kažejo podrobno oblikovane smernice za kartiranje in gospodarjenje s temi gozdovi (npr. Leitfaden zur ..., 1974; Gauquelin in Courbaud, 2006; Frehner in sod., 2007b); varovalna funkcija pa se veliko manj omenja v zasnovi večnamenskega gospodarjenja v drugih državah, npr. ZDA (Simončič in sod., 2015).

Razumevanje varovalne funkcije gozda v srednji Evropi ni povsem enotno. V večini alpskih držav sta varovalna (ang. indirect protection function) in zaščitna

funkcija (ang. direct protection function) gozdov opredeljeni v okviru ene funkcijske kategorije (ang. protection function) (Brang in sod., 2006; Wehrli in sod., 2007). Praviloma so gozdovi s poudarjeno varovalno funkcijo tisti, ki varujejo ljudi, naselja in infrastrukturo pred posledicami naravnih nevarnosti ali škodljivimi klimatskimi vplivi (Brang in sod., 2006). Hkrati je v teh gozdovih praviloma poudarjena tudi funkcija varovanja gozda (rastišča) samega, saj je ta predpogoj za zagotavljanje varovalnih učinkov tega gozda.

V Sloveniji pravni predpisi razlikujejo varovalno in zaščitno funkcijo gozda. Veljavna pravna predpisa, ki v Sloveniji določata varovalne gozdove, sta Zakon o gozdovih (Ur. l. RS št. 30/1993, 13/1998, 67/2002, 110/2007, 106/2010, 63/2013, 101/2013, 17/2014, 24/2015, 77/2016) in Uredba o varovalnih gozdovih in gozdovih s posebnim namenom (Ur. l. RS št. 88/2005, 56/2007, 29/2009, 91/2010, 1/2013, 39/2015), medtem ko funkcijo varovanja gozdnih zemljišč in sestojev (v nadaljevanju varovalna funkcija) ter zaščitno funkcijo opredeljuje Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo (Ur. l. RS št. 91/2010) (v nadaljevanju Pravilnik) in podrobneje Priročnik za izdelavo gozdnogospodarskih načrtov (Priročnik za ..., 2008). Varovalna funkcija je uvrščena med ekološke funkcije in je opredeljena kot varovanje rastišča in njegove okolice pred posledicami vseh vrst erozijskih procesov v smislu zagotavljanja (ohranjanja) odpornosti tal na erozijske pojave, preprečevanja razvoja (pojavljanja) zemeljskih in snežnih plazov, podorov in usadov, preprečevanja poglobljanja pobočnih jarkov, preprečevanja premeščanja naplavin, zadrževanja drobnega plovnega materiala in ohranjanja rodovitnosti gozdnih tal (Pravilnik ..., 2010). O zaščitni funkciji govorimo, kadar gozd zmanjšuje ogroženost infrastrukturnih ali drugih objektov pred naravnimi nevarnostmi. Gozd s poudarjeno zaščitno funkcijo zagotavlja zaščito prometnic, naselij in drugih objektov pred naravnimi pojavi, kot so padanje kamenja in peska, snežni zameti, bočni vetrovi in zdrsi zemljišča ter zagotavlja varnost bivanja in prometa. Poudarjeno zaščitno funkcijo pripisujemo gozdovom na strmih pobočjih nad naselji, cestami ali železnico, ki tako ščitijo ljudi, stavbe in drugo infrastrukturo pred naravnimi nevarnostmi (Pravilnik ..., 2010). V gozdovih s poudarjeno zaščitno funkcijo je hkrati vedno poudarjena tudi njegova varovalna funkcija; obratno pa ne velja vedno (Guček, 2016). V naravi potekajo naravni procesi različnih intenzitet, ki stalno spreminjajo površje (Komac in sod., 2008). Poglavitne naravne nevarnosti v srednjeevropskih državah, ki ogrožajo naselja, infrastrukturo

in ljudi, so hudourniški in erozijski procesi, padajoče kamenje, snežni plazovi in zemeljski usadi (Brang in sod., 2006). Podnebne spremembe, predvsem povečanje števila vremenskih ekstremov, neugodno vplivajo na varstvo pred naravnimi nevarnostmi (Horvat in sod., 2008; Papež in sod., 2010). Njihov pomen se v zadnjih desetletjih povečuje tudi zaradi širitve poselitve in infrastrukture na ogrožena območja (Bauerhansl in sod., 2010). Na pobočjih, kjer se pojavljajo naravne nevarnosti, razlikujemo tri območja: 1) izvorno območje, to je skalna stena ali območje proženja plazov; 2) prehodno območje oziroma območje gibanja (premeščanja) materiala je območje med izvornim območjem in območjem odlaganja oziroma zaustavljanja; 3) območje odlaganja oziroma zaustavljanja, to je območje, kjer se masne gmote ustavijo in odložijo. Za določanje pojavljanja naravnih nevarnosti (npr. padajočega kamenja in snežnih plazov), prostorsko ocenjevanje ogroženosti ljudi in infrastrukture ter določanje pomena gozdov za varovalne funkcije je ključna identifikacija območij proženja, gibanja (premeščanja) in odlaganja (Bauerhansl in sod., 2010; Berger in sod., 2013). Za prostorsko analiziranje omenjenih treh območij so bili za padajoče kamenje in snežne plazove razviti različni modeli (npr. Dorren, 2003; Dorren in sod., 2007; Schnewly, 2009; Bahun Volk, 2016).

V tujini opredelijo gozdna območja s poudarjeno zaščitno funkcijo le v primeru, da gozd varuje ljudi, naselja in infrastrukturo pred naravnimi nevarnostmi. Pri modeliranju ogroženosti je zato treba upoštevati lokacije pojavljanja naravnih nevarnosti in podatke o infrastrukturi (objektih). Tako večina avtorjev določa ogrožena območja na podlagi preseka dveh prostorskih slojev, in sicer 1) območja premeščanja in odlaganja ter 2) sloja naselij in infrastrukture (Komac in Zorn, 2007; Berger in sod., 2013; Ferrari in sod., 2016). Za določanja gozdnih območij s poudarjeno zaščitno funkcijo pa je treba ogrožena območja (območja premeščanja in odlaganja) prekriti s slojem gozdnega zemljišča (Bauerhansl in sod., 2010; Berger in sod., 2013; Guček, 2016).

Gozdovi so pomemben element za zmanjševanje tveganj pred naravnimi nesrečami; pogosto zagotavljajo varovalne funkcije za več različnih naravnih nevarnosti hkrati (Brang in sod., 2006). Varovalni učinki gozda so odvisni od strukturnih značilnosti gozdnih sestojev, ki jih je treba presojeti glede na vrste naravnih nevarnosti. Za oceno varovalnih učinkov gozdnih sestojev so pomembni predvsem temeljnica sestaja, število dreves, sestojna višina, drevesna sestava, sklep krošenj, obstoj pomladka in vrzeli (Krauchi in sod., 2000; Motta in Haudemand, 2000; Doren in sod., 2005;

Frehner in sod., 2005; Dorren in Berger, 2006; Meyer-Grass, 2006; Bebi in sod., 2009). Za nekatere omenjene parametre so opredeljene referenčne vrednosti, npr. temeljnica sestaja naj bo vsaj 25 m²/ha, da se zagotovijo varovalni učinki za padajoče kamenje (npr. Berger in sod., 2013). Gozdovi lahko zagotavljajo dolgoročno zaščito le ob stalni pokrovnosti tal z drevjem, ustrezni sestojni strukturi in zadostnem pomlajevanju (Kraüchi in sod., 2000; Motta in Haudemand, 2000; Brang, 2001; Dorren in sod., 2004), na kar lahko vplivamo z gojivnimi ukrepi. Izkušnje kažejo, da neuresničevanje gozdnogospodarskih ukrepov ne zagotavlja trajnosti varovalnih funkcij gozda (Dorren in Berger, 2006). Na podlagi stopnje ogroženosti in presoje varovalnih učinkov gozdnih sestojev je mogoče oceniti verjetnost pojavljanja naravnih nesreč in določiti prioritete ukrepanja (Frehner in sod., 2005). Ustrezno gospodarjenje ne preprečuje popolnoma neželenih pojavov in procesov na območju varovalnih gozdov, pomembno pa zmanjšuje tveganja (število in obseg naravnih nevarnosti) (Brang in sod., 2006; Dorren in Berger, 2006; Wehrli in sod., 2007), zato ima takšna zaščita vrsto prednosti. Varovalne učinke gozda lahko dopolnimo s tehničnimi ukrepi, vendar so ti zaradi velikih stroškov pomembni predvsem na negozdnih zemljiščih in na lokacijah v gozdnem prostoru, kjer so varovalni učinki gozdnih sestojev nezadostni (Highland in Bobrowsky, 2008).

Z direktno in indirektno varovalno funkcijo gozdov so se v Sloveniji ukvarjali mnogi avtorji (npr. Anko, 1998; Anko in Golob, 1998; Anko in sod., 1985; Horvat, 1997; Fink, 2001; Pavšek, 2002a; Golob, 2005; Kunc, 2008; Guček in sod., 2012). V zadnjih nekaj letih je raziskav o varovalnih učinkih gozda pred naravnimi nevarnostmi več (npr. Kunc, 2008; Fidej, 2011; Skudnik in Kušar, 2011; Pintar, 2012; Firm in Rugani, 2013; Rebernik, 2013; Novak, 2014; Kajdiž in sod., 2015; Guček, 2016; Kopal in Gantar, 2016; Žabota in Kopal, 2018). Kljub temu pa je raziskovalnih izzivov na tem področju še zelo veliko; še več jih je na upravljavskem področju, saj so opazne mnoge slabosti (Diaci in sod., 2012b).

V Sloveniji je delež gozdov s poudarjeno neposredno varovalno (zaščitno) funkcijo v primerjavi s srednjeevropskimi državami presenetljivo majhen (2,5 % celotne gozdne površine, 29.209 ha; Guček in sod., 2012). Pomankljivost uveljavljenega načina določanja območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo so večinoma opisno opredeljeni kriteriji v Priročniku (2008), kar lahko vodi v subjektivno določanje območij. V Sloveniji nimamo oblikovanih podatkovnih slojev ogroženosti pred različnimi naravnimi nevarnostmi, ali pa so oblikovani v tako grobem merilu, da za takšno

presojo niso uporabni; npr. območja ogroženosti pred zemeljskimi plazovi so prikazana v merilu 1 : 250.000. Na območjih s poudarjeno zaščitno funkcijo vrste naravnih nevarnosti niso opredeljene, čeprav so bistvene za določanje ukrepov. Vrsta naravne nevarnosti (npr. snežni plazovi, zemeljski plazovi, padajoče kamenje) je namreč izhodišče za določanje zelene strukture gozdnih sestojev in načrtovanje ukrepov (Frehner in sod., 2007a).

Slovenija v primerjavi z drugimi alpskimi državami (npr. Bauerhansl in sod., 2010; Dorren in sod., 2012) še nima poenotene metodologije za modeliranje naravnih nevarnosti in ogroženosti zaradi naravnih nevarnosti. Pri raziskavah zaščitne vloge gozda pred padajočim kamenjem so bili pri modeliranju uporabljeni postopki in programska orodja, izdelana v drugih državah. Analize so bile razen nekaterih izjem (Komac, 2015) omejene le na lokalno raven, v večini primerov varovalna vloga gozda ni bila upoštevana (npr. Kopal in Gantar, 2016; Žabota, 2017). Obseg modeliranja snežnih plazov v Sloveniji je znatno skromnejši, študije so omejene na določanje potencialnih območij sproščanja in ogroženosti (npr. Pintar, 2012; Grilc, 2016; Guček, 2016), le v redkih pa je bilo opravljeno modeliranje gibanja snežnih plazov, in še to le na lokalni ravni (npr. Bahun Volk, 2016).

Ukrepanje na območjih s poudarjeno varovalno funkcijo je pasivno ali pa ga ni, prioritete ukrepanja niso določene, delni razlog zato je pomanjkljiva kategorizacija gozdov, opredeljena z Zakonom o gozdovih (Diaci in sod., 2012a).

Namen naše raziskave je bil 1) opredeliti model določanja območij s poudarjeno zaščitno funkcijo glede na vrste naravnih nevarnosti in škodni potencial, in 2) preveriti model na izbranem primeru.

2 OBJEKT RAZISKAVE IN METODE DELA

2 STUDY AREA AND METHODS

2.1 Objekt raziskave

2.1 Study area

Predlagani model določanja območij gozdov s poudarjeno neposredno varovalno funkcijo smo testirali v gozdnogospodarskih enotah (GGE) Jezersko in Tržič. Območje leži v severnem do severozahodnem delu Slovenije, geografsko pripada Kamniško-Savinjskim Alpam, osrednjim do vzhodnim Karavankam, manjši ravninski del pa robu Ljubljanske kotline. Zaradi reliefnih značilnosti je večina območja manj primerna za kmetijstvo, zato je gozd prevladujoči krajinski gradnik. Gozdnatost območja raziskave je 74 %. Enoti se med seboj močno razlikujeta po stopnji poseljenosti, ki je v

GGE Tržič (96,9 preb./km²) desetkrat večja kot v GGE Jezersko (9,4 preb./km²) (Statistični urad ..., 2015).

Območje je izrazito vodozbirno; glavna vodotoka sta Tržiška Bistrica in Kokra, v katera se stekajo številni pritoki, ki ogrožajo spodnje ležeče predele. Matična podlaga je raznovrstna, saj se mešajo predeli karbonatnih in silikatnih kamnin. Gorske verige so večinoma karbonatne, vmes se po pobočjih vrivajo silikatne kamnine (peščenjak, porfir, tufi, skrilavci). Na karbonatni podlagi so rjava pokarbonatna tla in rendzine, na silikatni podlagi (varovalni gozdovi in strma pobočja) pa ranker (Gozdnogospodarski načrt ..., 2005). Tla na karbonatni matični podlagi so občutljiva za posege, saj se ob večjih ogolitvah poveča erozija tal in lahko zmanjša njihova rodovitnost; tla na silikatnih podlagah so globoka, poraščajo jih gospodarsko visoko vredni naravni ali umetno osnovani gozdni sestoji, ki se v primeru močnejših sečenj močno zatravijo (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012).

Območje je uvrščeno v podnebje nižjega gorskega sveta zahodne Slovenije (Ogrin, 1998). V pretežnem delu območja znaša povprečna letna temperatura 4–6 °C, količina padavin pa 1800–2000 mm. Podatki o snežnih razmerah za obdobje 1989–2009 kažejo, da ima Jezersko 100 dni s snežno odejo, Golnik 68 dni in Tržič 48 dni. Na nadmorski višini okoli 1500 m je v Kamni-

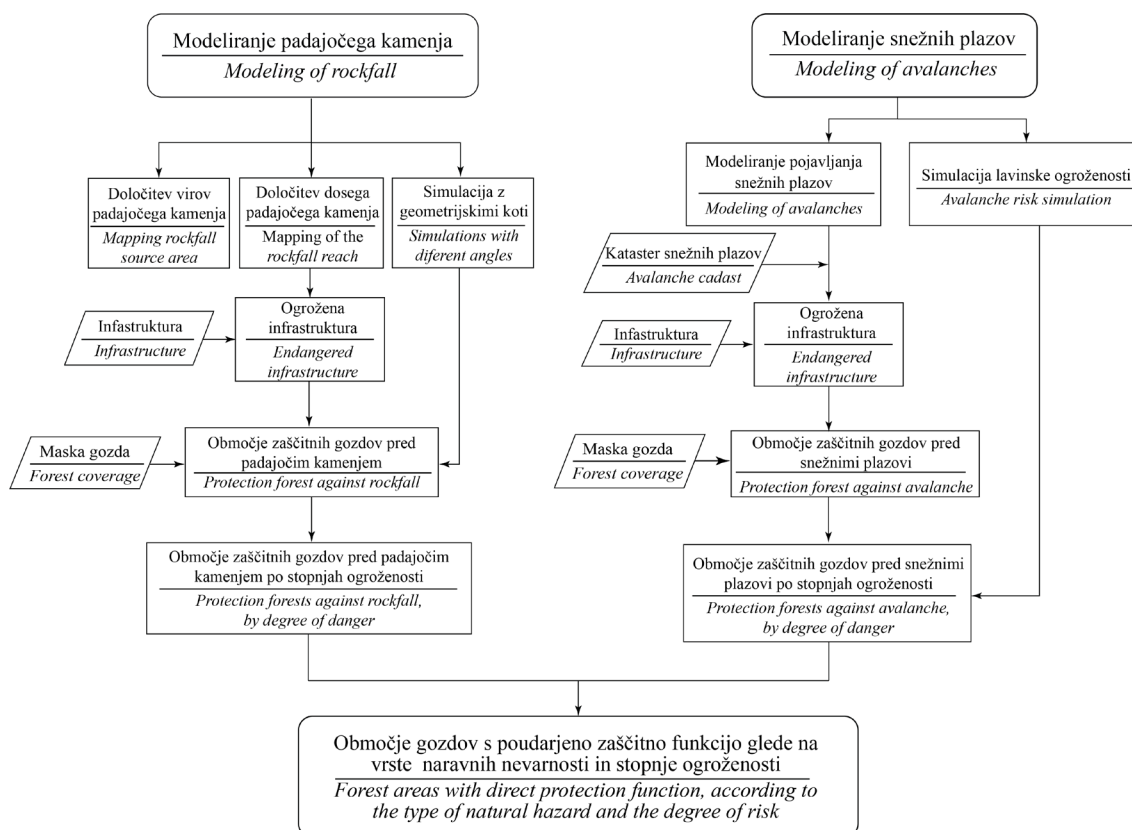
ško-Savinjskih Alpah 160–180 dni s snežno odejo (Lovrenčak, 2007), v najvišjih predelih leži sneg več kot 200 dni na leto (Melik, 1954). Za območje je značilen močan in sunkovit veter, imenovan karavanški fen (Lovrenčak, 2007), ki se pojavlja v zimskem času.

Na območju prevladujejo bukove združbe s primesjo iglavcev (Smole, 1971; Novosel, 1974). Poglavitne združbe so Alpsko bukove s črnim telohom, Predalpsko-dinarsko jelovo bukovje, Kislo ljubno gorsko-zgornjegorsko bukovje z belkasto bekico, Predalpsko-zgornjegorsko bukovje s platanolistno zlatico in Predalpsko-alpsko toploljubno bukovje, ki skupaj zavzemajo dobrih 70 % celotne gozdne površine. Po podatkih gozdnogospodarskih načrtov je lesna zaloga gozdov v GGE Tržič 334 m³/ha, v GGE Jezersko pa 456 m³/ha; v lesni zalogi prevladuje smreka (okoli 70 % celotne zaloge), od sestojnih tipov pa debeljaki (59,3 %), raznomernih sestojev je le okoli 2 % celotne površine. V GGE Tržič je zaščitna funkcija poudarjena na površini 419 ha, v GGE Jezersko pa na 61 ha

2.2 Model določanja območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo

2.2 Determination of protection forests against natural hazards

Pri določanju območij s poudarjeno zaščitno funk-



Slika 1: Model določanja površin gozda s poudarjeno zaščitno funkcij

Fig. 1: Determination procedure of protection forests

cijo smo se zgledovali po izsledkih iz drugih alpskih dežel, pridobljenih v raziskovalnih projektih (npr. Rockfor, ProviAlp, ProAlp), s katerimi so razvili metode določanja ogroženih območij pred naravnimi nevarnostmi in postopke opredelitve območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo. Postopek opredelitve območij s poudarjeno zaščitno funkcijo temelji na predpostavki, da gozdu določimo zaščitno funkcijo le, če varuje ljudi, naselja in infrastrukturo pred naravnimi nevarnostmi. Območja gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo pred posamično naravno nevarnostjo tako opredelimo na podlagi 1) maske gozdne površine; 2) modeliranja naravnih nevarnosti in 3) kartiranja škodnega potenciala. S presekom vseh treh slojev opredelimo zaščitno funkcijo gozdovom na območju proženja ali gibanja (premeščanja) padajočega kamenja ali snežnih plazov nad ogroženo infrastrukturo. V tako oblikovanih območjih ocenimo stanje gozdnih sestojev in ga primerjamo z referenčnim stanjem za zagotavljanje zelenih varovalnih učinkov pred posamezno naravno nevarnostjo. V zadnjem koraku vsa območja gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo gozda pred posamično naravno nevarnostjo združimo v končni sloj, ki omogoča razlikovanje območij glede na vrsto naravne nevarnosti in glede na prioritete ukrepanja. Celoten postopek je možno opraviti v različnih prostorskih merilih in pri tem zajeti različne podrobnosti. Kot osnovo uporabimo digitalni model višin, ki je primeren predvsem na ravni GGE, ali lidarske podatke, ki se pogosteje uporabljajo za detajlno določanje območij na lokalni ravni.

V izbranem območju smo se omejili na dva tipa naravnih nevarnosti, in sicer 1) padajoče kamenje in 2) snežne plazove (slika 1). Padajoče kamenje (ang. *rockfall*) štejemo med podorne pojave, ki jih ločimo glede na prostornino odkladnine sproščenega materiala (podornina) in hitrosti procesa. Po razdelitvi Lateltina (1997), ki jo navajajo Mikoš in sod. (2004), spada padajoče kamenje glede na velikost in hitrost premikanja sestavnih delov v prvo, najmanj destruktivno skupino. Pri padajočem kamenju premer posameznega delca ne presega 50 cm, medtem ko je pri padajočem skalovju premer posameznih delcev večji od 50 cm. Hitrost delcev je 5–30 m/s in ne obsega večjih površin, saj gre za bolj ali manj izolirano padanje delcev, ki je zaradi stalnega preperevanja hribine konstantnega značaja. Običajno se gibanje ustavi pri naklonu površja pod 30°, vegetacija pa ima pri razpršenju energije padajočih delcev pomembno vlogo. V raziskavi uporabljeni izraz padajoče kamenje opredeljuje padajoče kamenje in skalovje po razvrstitvi Lateltina (1997), občasno se za podobne procese uporablja tudi izraz skalni podori (Žabota in Kopal, 2018).

2.3 Določanje območij gozdov za varovanje pred padajočim kamenjem

2.3 Determination of protection forests against rockfall

2.3.1 Določanje nevarnosti pred padajočim kamenjem

2.3.1 Hazard assessment due to rockfalls

Prvi korak pri določanju območij za varovanje pred padajočim kamenjem je določitev nevarnosti pred padajočim kamenjem. Vhodni podatki za modeliranje območij nevarnosti padajočega kamenja so:

- digitalni model višin (različnih velikosti slikovne celice); za namen raziskave smo pridobili digitalni model višin z velikostjo slikovne celice 12,5 m (DMV 12,5) (Prostorski informacijski ..., 2011), ki je bil v času raziskave najnatančnejši digitalni model višin, razpoložljiv za celotno območje Slovenije. Sedaj so za celotno območje Slovenije na voljo lidarski podatki, ki omogočajo natančnejše prostorske analize;
- gozdne površine; za območje raziskave smo na Zavodu za gozdove Slovenije pridobili gozdno masko, posodobljeno pri izdelavi gozdnogospodarskih načrtov GGE Tržič in Jezerko;
- območja sproščanja padajočega kamenja; podatkovni sloj skal za območje celotne Slovenije ne obstaja, zato smo po metodologiji projekta ProAlp (Bauerhansl in sod., 2010) oblikovali dispozicijski model za določanje potencialnih virov padajočega kamenja, ki je rabil kot eden izmed vhodnih podatkov za 3D-model trenja pri določanju dosega padajočega kamenja. Za območje raziskave smo z ekransko digitalizacijo izdelali vektorski izris območij skal v okolju GIS s programom MapInfo 10.5 na osnovi temeljnega topografskega načrta v merilu 1 : 5000 (TTN 5) oziroma 1 : 10.000 (TTN 10) (Prostorski informacijski ..., 2011) in dopolnili s pomočjo digitalnih ortofoto posnetkov (DOF5) iz leta 2011 (Prostorski informacijski ..., 2011). Sloj smo v programu ArcGIS 10.0 pretvorili v rastrski sloj »osnovni viri padajočega kamenja« z velikostjo slikovne celice 12,5 m x 12,5 m, ki ga lahko s terenskimi ogledi dopolnujemo in nadgrajujemo.

V raziskavo smo vključili tudi območja potencialnih virov padajočega kamenja, ki smo jih določili z dispozicijskim modelom na podlagi mejnih vrednosti naklonov, izračunanih s pomočjo DMV 12,5. Tako oblikovani sloj smo poimenovali »območje dopoljenih virov padajočega kamenja«. Mejna vrednost naklona skalnatih predelov je bila določena po enačbi 1 (Bauerhansl in sod., 2010):

$$\text{Mejna vrednost naklona } (\beta) = 55 * \text{resolucija DMV } (m)^{-0,075} \quad (\text{En. 1})$$

$$\text{Threshold value of gradient slope } (\beta) = 55 * \text{resolution DMV } (m)^{-0,075} \quad (\text{Eq. 1})$$

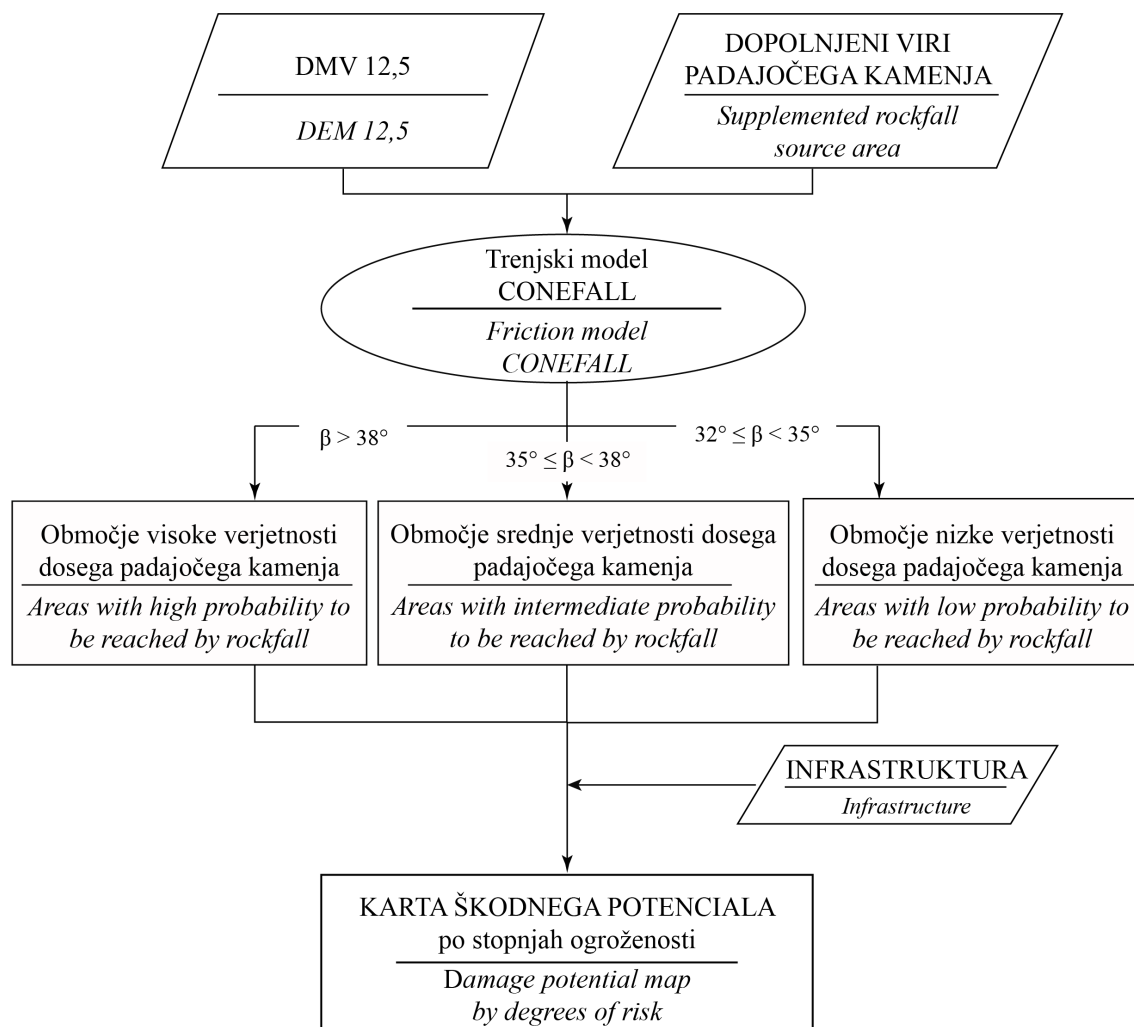
Na predelih, poraščenih z gozdom, smo mejno vrednost 39° povzeli po literaturi (Bauerhansl in sod., 2010), na skalnatih območjih pa smo z enačbo 1 izračunali in uporabili naklon 45° . V predelih površja, poraščenih z gozdom, so na DMV možne večje napake v nadmorskih višinah kot na neporaščenih predelih, zato so lahko v gozdnih predelih nakloni, izračunani na podlagi DMV, manjši od dejanskih. Zato je zaradi upoštevanja podcenjevanja naklonov mejna vrednost naklona v gozdu nižja kot na neporaščenih predelih (Bauerhansl in sod., 2010). V programu ArcGIS 10.0 smo oblikovali rastrski sloj, ki je poleg DMV 12,5 rabil kot vhodni podatek za 3D- model trenja, imenovan Conefall (Jaboyedoff, 2003).

2.3.2 Opredelitev (ogrožene) infrastrukture

2.3.2 Definition of infrastructure under risk

Za utemeljeno opredelitev zaščitne funkcije gozda in določanje prioritete ukrepanja pri gospodarjenju potre-

bujemo tudi podatke o lokaciji infrastrukture in stavb (Berger in sod., 2013), ki so razpoložljivi za območje celotne Slovenije. Infrastruktura je združena na sloju Gospodarske javne infrastrukture (GJI) (Prostorski informacijski ..., 2011), ki vsebuje podatke o prometni infrastrukturi (npr. ceste, železnice, letališča), energetski infrastrukturi (npr. elektrovod, javna razsvetljava), komunalni infrastrukturi (npr. vodovod, kanalizacija), elektronskih komunikacijah, vodni infrastrukturi itn. (Prostorski informacijski sistem občin, 2015). Kataster stavb je temeljna evidenca podatkov o stavbah in delih stavb, ki skupaj z zemljiškim katastrom in zemljiško knjigo tvori temeljne evidence o nepremičninah (Prostorski informacijski sistem občin, 2015). Osnova katastra stavb je fotogrametrični zajem obodov stavb. Zaradi možnega odklona ocen o dosegu podora smo po vzoru Skudnika in Kušarja (2011) oblikovali tamponsko cono 25 m na vsako stran prometnic, medtem ko smo za stavbe uporabili cono 15 m od roba stavbe.



Slika 2: Postopek prostorske določitve škodnega potenciala po stopnjah ogroženosti

Fig. 2: Framework of rockfall hazard and risk assessments

Vse stavbe in infrastruktura nimajo enakega pomena. Ceste, ki so sestavni del sloja GJI, so že kategorizirane. Pomen zaščitne funkcije gozda je odvisen od tega, kako pomemben objekt varuje (Berger in sod., 2013). Po vzoru vira Zampe in sod. (2004) smo vse objekte v območju raziskave klasificirali po pomembnosti v enega od treh razredov:

1. razred – območja stavb;
2. razred – javne ceste;
3. razred – gozdne ceste.

Za določanje območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo smo upoštevali objekte prvih dveh razredov. Ta razmejitvev je pomembna za gozdarsko in prostorsko načrtovanje; glede na namen določanja območij pa lahko objekte (tudi lokacije aktivnosti v prostoru) klasificiramo na različne načine. Klasificiranje pomembnosti objektov ni nujno, vsekakor pa olajša določanje prioritete ukrepanja, ki so odvisne predvsem od pomembnosti objekta in manj od značilnosti gozda.

2.3.3 Določanje dosega padajočega kamenja in škodnega potenciala

2.3.3 Identifying areas at risk due to rockfalls

Za določanje dosega padajočega kamenja smo uporabili programsko orodje Conefall, ki je prosto dostopno (<http://www.quanterra.org/softs.HTM#soft01>) in ima pred podobnimi modeli kar nekaj prednosti (enostavna uporaba, možna uporaba digitalnega modela višin različnih natančnosti, ni omejitev glede velikosti študijskega območja) (Skudnik in Kušar, 2011). Conefall je uporaben v primerih, ko natančni podatki o obliki skal, njihovi velikosti in podobnem niso na voljo. Model temelji na principu energijske linije, ki ga je za določanje dosega padajočega kamenja razvil Heim (1932). Po principu energetske linije dolžino dosega padajočega kamenja določimo z geometrijskim kotom in kotom gibanja (Bauerhansl in sod., 2010). Programsko orodje Conefall deluje na preprostem principu. Delec se na pobočju giblje pospešeno, če je naklon pobočja večji od mejne vrednosti naklona, njegova hitrost pa se zmanjšuje, če je naklon manjši od te vrednosti. Model Conefall je tridimenzionalen model, tako je gibanje padajočih delcev izraženo v obliki stožca, ki je vertikalno projiciran na površino (Skudnik in Kušar, 2011). Mejne vrednosti β 32°, 35° in 38° smo prevzeli po projektu Paramount, s katerim so določili verjetnosti dosega padajočega kamenja glede na vrednost naklona β in tako izdelali podlago za razvrščanje območij glede na stopnjo verjetnosti dosega padajočega kamenja (slika 2). Območja z naklonom β med 32° in 35° imajo nizko (vendar ne nične) verjetnost, da jih doseže padajoče kamenje; območja z nakloni β med 35°

in 38° imajo srednjo verjetnost; na območjih z nakloni β nad 38° pa je verjetnost pojavljanja padajočega kamenja visoka (Berger in Dorren, 2012). S presekom infrastrukture z območji dosega naravne nevarnosti smo določili območja ogrožene infrastrukture in stavb.

2.3.4 Prostorska opredelitev območij gozdov za varovanje pred padajočim kamenjem

2.3.4 Spatial determination of protection forests against rockfalls

Presek območij visoke, srednje in nizke verjetnosti za doseg padajočega kamenja z območji infrastrukture je osnova za razvrstitev infrastrukture po stopnjah ogroženosti, kar imenujemo tudi opredelitev škodnega potenciala (slika 2).

Zadnji korak postopka je določitev celotnega procesa padajočega kamenja, torej območja premeščanja (gibanja) padajočega kamenja od območij proženja (virov) padajočega kamenja do ogrožene infrastrukture; s tem je tudi definirano območje s poudarjeno zaščitno funkcijo. Območje premeščanja padajočega kamenja od vira do ogrožene infrastrukture smo izdelali z ekransko digitalizacijo in pri tem uporabili: 1) digitalni ortofoto posnetek, 2) vire padajočega kamenja, 3) območja ogrožene infrastrukture in stavb in 4) območja dosega padajočega kamenja po različnih stopnjah verjetnosti. S presekom teh območij z gozdnimi območji smo določili območja gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo pred padajočim kamenjem.

2.3.5 Določanje stopnje ogroženosti pred padajočim kamenjem

2.3.5 Hazard assessment due to rockfalls

Za območja padajočega kamenja lahko uporabimo dva načina določanja stopnje naravne nevarnosti: 1) z orodjem Conefall poleg območja maksimalnega dosega padajočega kamenja določimo tudi kinetične energije ali hitrosti padajočega kamenja; 2) z uporabo različnih vrednosti geometrijskega kota lahko določimo stopnjo verjetnosti dosega oziroma pojava padajočega kamenja. V raziskavi smo stopnjo nevarnosti za območja s padajočim kamenjem določili na podlagi verjetnosti dosega padajočega kamenja.

2.4 Določanje območij gozdov, ki varujejo pred snežnimi plazovi

2.4 Determination of protection forests against avalanches

2.4.1 Območja nevarnosti

2.4.1 Identifying areas under risk

Območja nevarnosti snežnih plazov smo določili na podlagi dopolnjenega katastra snežnih plazov (Zbirka

..., 2014), ki so ga izdelali na Podjetju za urejanje hudo-urnikov, dopolnjevali pa na Geografskem inštitutu Antona Melika. Na območju raziskave so za 106 snežnih plazov navedeni običajni in maksimalni dosegi plazov. Kataster plazov kaže območje plaznic od mesta proženja do skrajnega dosega plazov, ne upošteva pa predelov, ki bi v primeru neporaščenosti pobočja z gozdom postavljali območje plaznice (potencialno ogrožena območja).

Za oblikovanje potencialno ogroženih območij smo si pripravili tri sloje: 1) potencialna prispevna območja snežnih plazov, 2) sloj grebenov in 3) sloj dolin. Najprej smo z metodo ekranske digitalizacije na podlagi plaznic katastra snežnih plazov (Zbirka ..., 2014) izrisali ozko območje skrajnega dosega snežnega plazov. Izrisana območja smo spremenili v rastrski sloj z osnovno celico velikosti 5 m x 5 m in iz tega sloja izdelali točke, ki smo jih potem uporabili za določitev prispevnega območja snežnih plazov z orodjem Watershed. V programu ArcGIS smo na osnovi DMV 12,5 izdelali še sloja grebenov in dna dolin. Vse tri oblikovane sloje smo uporabili za smiselno razširitev območja plaznic katastra snežnih plazov in oblikovanje sloja »Območja nevarnosti pojavljanja snežnih plazov«. Plaznice smo z ekransko digitalizacijo razširili do grebenov na zgornji

strani in do dna dolin na spodnji strani ter pri tem upoštevali tudi sloje prispevnih območij. Sloj »Območja nevarnosti pojavljanja snežnih plazov« smo prekrili s slojem infrastrukture in tako določili predele, kjer snežni plazovi ogrožajo infrastrukturo in objekte, t.i. sloj »Potencialna ogroženost pred snežnimi plazovi«. Na tem območju imajo gozdovi poudarjeno zaščitno funkcijo pred snežnimi plazovi.

2.4.2 Simulirane lavinske ogroženosti

2.4.2 Modelling of hazards assessment due to avalanches

Naravnogeografski podatki so vse bolj natančni, zato lahko tudi z njimi določimo potencialno ogrožena območja zaradi snežnih plazov in jih členimo na območja različne stopnje ogroženosti. Ta metoda je podobna metodi določanja območij sproščanja padajočega kamenja, le da je vplivnih dejavnikov bistveno več. Avtorji pri nas in v tujini (npr. Pavšek, 2002b; Berger in sod. 2013; Pintar, 2012) predlagajo različne vplivne dejavnike za določanje območij proženja snežnih plazov z modeliranjem. Sami po vzoru Pavška (2002b) predlagamo postopek, s katerim določimo stopnjo ogroženosti na podlagi sedmih vplivnih dejavnikov (preglednica 1). Vsakega izmed dejavnikov smo

Preglednica 1: Mejne vrednosti dejavnikov za razvrstitev območij v razrede glede na stopnjo ogroženosti

Table 1: Threshold values of factors for hazard assessment in the study area

Stopnja ogroženosti (Degree of danger)	Naklon (Slope gradient) (°)	Rastje ⁽¹⁾ (Vegetation type) ⁽¹⁾	Ekspozicija (Aspect)	Trajanje snežne odeje (dni/leto) (Duration of snow cover (Days/year))	Maks. višina snežne odeje (Maximum snow depth) (m)	Nadmorska višina (Altitude) (m)	Podnebni tipi (opisno) (Climate types)
3 – velika (High)	31-45	5000, 6000, 1300, 1600	J, JV, JZ	>150	> 3,0	>1600	podnebje višjega gorskega sveta (Climate of higher mountains)
2 – zmerna (Intermediate)	21-30 ali 46-60	1410, 2001, 2002	Z, SZ	75-150	1,0-3,0	1200-1600	podnebje nižjega gorskega sveta zahodne Slovenije (Climate of lower mountains of western Slovenia)
1 – majhna (Low)	11-20 ali >60	1500, 1800	V, S, SV	<75	< 1,0	300-1200	podnebje nižjega gorskega sveta severne Slovenije in drugi podnebni tipi (Climate of lower mountains of northern Slovenia and other climate types)
0 – neogroženo (null)	≤ 10	2000	-	-	-	< 300	-

⁽¹⁾ Rastje je opisano s kategorijami rabe tal (Karta dejanske ..., 2014) in delno sestojne karte: trajni travniki (1300); kmetijsko zemljišče v zaraščanju (1410); drevesa in grmičevje (1500); neobdelano kmetijsko zemljišče (1600); kmetijsko zemljišče, poraslo z gozdnim drevjem (1800); gozd (2000); ruševje (2001); površine mladovij (2102); suho, odprto zemljišče s posebnim rastlinskim pokrovom (5000); odprto zemljišče brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom (6000)

⁽¹⁾ Vegetation was determined by categories of a land cover map (Karta dejanske ..., 2014) and a forest stand map: permanent meadows (1300); gradually overgrown agricultural land (1410); trees and shrubs (1500); uncultivated agricultural land (1600); agricultural land overgrown with forest trees (1800); forest (2000); Pinus mugo (2001); young forest areas (2102); dry, open land with special vegetation cover (5000); open land without vegetation cover (6000)

glede na stopnjo lavinske ogroženosti razvrstili v štiri glavne razrede ter opredelili meje med razredi. Mejne vrednosti za razvrstitev v razrede po posameznih dejavnikih smo povzeli po Pavšku (2002b), sami pa smo predlagali razrede ogroženosti za rastje. Po tem pristopu so površine s simulirano ogroženostjo opredeljene manj natančno, vendar je glede na stopnjo simulirane ogroženosti še vedno velika verjetnost, da se na teh površinah dejansko lahko prožijo snežni plazovi. Tako zajamemo predvsem ploskovno plazovitost, linearno pa le v manjši meri.

Najprej smo izdelali sloje lavinske ogroženosti glede na posamezne dejavnike: (1) naklon površja; 2) rastje; 3) ekspozicija; 4) trajanje snežne odeje, 5) maksimalna višina snežne odeje; 6) nadmorska višina in 7) podnebni tipi. Površine po dejavnikih smo razvrstili v štiri stopnje ogroženosti (preglednica 1), nato pa z združitvijo slojev izdelali končni sloj ogroženosti pred snežnimi plazovi.

Po vzoru Pavška (2002b) smo izdelali 1) osnovno simulacijo lavinske ogroženosti, pri čemer dejavnikom nismo dodelili uteži, in 2) tehtano simulacijo, pri kateri smo dejavnikom pripisali različne uteži. Osnovna simulacija je bila izdelana s preprostim enakovrednim množenjem vseh dejavnikov, oblikovane slikovne celice so imele vrednosti od 0 do 2187, to je v primeru, da je imelo neko območje po vseh dejavnikih veliko stopnjo ogroženosti (3⁷). Celice smo razvrstili v tri razrede potencialne ogroženosti, tako da je število celic v posameznih razredih enakomerno razporejeno. Izdelali smo tudi tehtano simulacijo lavinske ogroženosti, kjer smo naklonu dali večji pomen. Tako smo predele, ki glede na naklon spadajo v tretji razred lavinske ogroženosti, pomnožili s 3, srednji razred z 2, najnižja stopnja pa je ostala enaka. Za obe simulaciji smo izde-

lali različico brez upoštevanja gozda kot dejavnika in tako določili predele, kjer ima gozd potencialno pomembno varovalno funkcijo, saj bi imeli predeli, ki so zaradi poraščenosti z gozdom sedaj lavinsko neogroženi, v primeru odstranitve gozda visoko stopnjo lavinske ogroženosti. Naše modeliranje lavinske ogroženosti smo primerjali s katastrom plazov.

Tako oblikovani sloj, ki ločuje območje glede na stopnjo ogroženosti, nam lahko z izvedbo presekov rabi za nadaljnjo vsebinsko razmejitev območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo pred snežnimi plazovi, kot tudi možnost opredelitve ogrožene infrastrukture in stopnje ogroženosti infrastrukture. Stopnjo nevarnosti snežnih plazov smo določili s presekom končnega sloja območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo gozda pred snežnimi plazovi, s slojem osnovne simulacije ogroženosti pred snežnimi plazovi, v kateri nismo upoštevali gozda.

3 REZULTATI

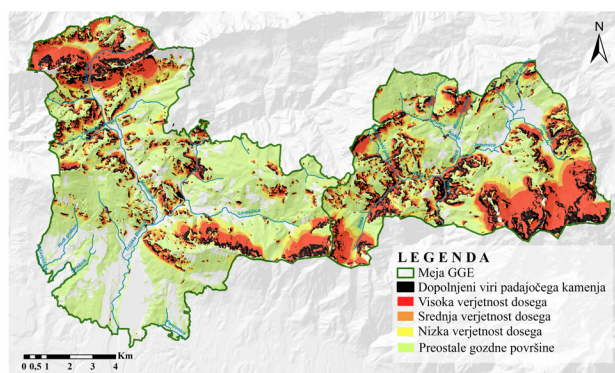
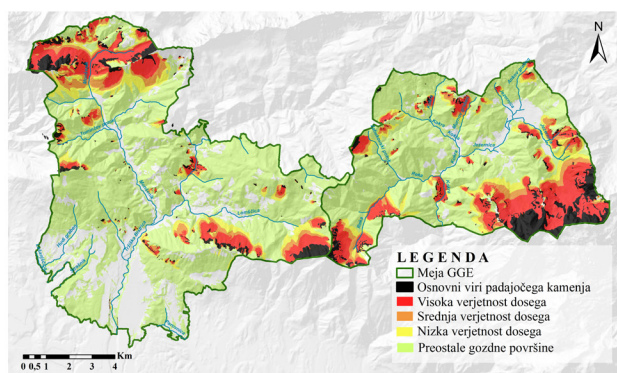
3 RESULTS

3.1 Območja zaščitnih gozdov pred padajočim kamenjem

3.1 Protection forests against rockfall

Z ekransko digitalizacijo smo v celotnem območju raziskave opredelili 479 območij skal s skupno površino 918,03 ha, ki so ponazarjali osnovne vire padajočega kamenja. Na podlagi oblikovanega dispozicijskega modela smo območja osnovnih virov padajočega kamenja dopolnili in oblikovali območja dopoljenih virov padajočega kamenja v skupni površini 2.014,08 ha.

Z modelom Conefall smo glede na lokacije osnovnih virov padajočega kamenja določili območja ogroženosti pred padajočim kamenjem, ki so razčlenjena na območja z različno stopnjo verjetnosti dosega pa-



Legend: Black – rockfall source area; Red – High probability to be reached by rockfall; Orange – intermediate probability to be reached by rockfall; Yell – Low probability to be reached by rockfall; Green – other forest areas

Slika 3: Območja dosega padajočega kamenja glede na osnovne vire padajočega kamenja (levo) in glede na dopolnjene vire padajočega kamenja (desno)

Fig. 3: Area of rockfall reach, based on basic rockfall source area (left) and on supplemented rockfall source area (right)

Preglednica 2: Površine ogroženosti pred padajočim kamenjem glede na dopolnjene vire padajočega kamenja

GGE (FMU)	Verjetnost dosega (Probability to be reached by rockfall)			Skupaj (Total) (ha)	Ogroženost GGE (Percentage of FMU in danger) (%)
	Nizka (Low) (ha)	Srednja (Intermediate) (ha)	Visoka (High) (ha)		
Jezersko	317,8	635,9	1.582,7	2.536,3	36,9
Tržič	391,5	694,8	1.325,3	2.411,6	22,2
Skupna vsota (Total sum)	709,3	1.330,7	2.908,0	4.948,0	27,9

dajočega kamenja (slika 3). Z vključitvijo dopoljenih virov padajočega kamenja v model Conefall se je površina ogroženih območij povečala, saj so bila kot ogrožena določena še območja nižjih nadmorskih višin, kjer gozdni sestoji navadno preraščajo vire padajočega kamenja, zato ti na posnetkih niso opazni (slika 3). Ob upoštevanju dopoljenih virov padajočega kamenja je delež ogrožene površine pred padajočim kamenjem narasel na 27,9 %, in sicer v GGE Jezersko na 36,9 %, v GGE Tržič pa na 22,2 % (Preglednica 2).

S presekom sloja infrastrukture (stavbe in javne ceste) s slojem območij dosega padajočega kamenja smo določili ogroženost infrastrukture (preglednica 3). V nasprotju z večjimi površinami, ki jih potencialno ogrožajo padajoče kamenje, sta število ogroženih stavb in dolžina ogroženih javnih cest bistveno večja v GGE Tržič. V GGE Tržič je potencialno ogroženih 306 stavb (5,2 % vseh stavb) in 21,4 km javnih cest, v GGE Jezersko pa 81 stavb (12,3 % vseh stavb v GGE) in 6,1 km javnih cest.

3.2 Območja zaščitnih gozdov pred snežnimi plazovi

3.2 Protection forests against avalanches

V raziskavi smo z ekransko digitalizacijo na podlagi posodobljenega katastra snežnih plazov (Zbirka ..., 2014) določili 352,64 ha gozdov, ki stabilizirajo snežno odejo in tako varujejo niže ležeče stavbe in infra-

Preglednica 3: Odstotek ogroženih stavb in odstotek ogrožene dolžine vseh javnih cest pred padajočim kamenjem glede na osnovne vire padajočega kamenja⁽¹⁾ in glede na dopolnjene vire padajočega kamenja⁽²⁾

Objekti (Facilities)	Stopnja ogroženosti oz. verjetnosti padajočega kamenja (Degree of danger due to rockfall)				Skupna ogroženost (Total)
	Neznatna (Very low)	Majhna (Low)	Srednja (Intermediate)	Visoka (High)	
Stavbe ¹ (Buildings ¹)	96,5	2,6	0,5	0,4	3,5
Stavbe ² (Buildings ²)	94,1	1,8	2,6	1,6	5,9
Javne ceste ¹ (Public roads ¹)	91,9	2,9	1,0	4,2	8,1
Javne ceste ² (Public roads ²)	87,0	2,5	4,8	5,7	13,0

¹ glede na osnovne vire padajočega kamenja (¹ based on basic rockfall source area)

² glede na dopolnjene vire padajočega kamenja (² based on supplemented rockfall source area)

Table 2: Rockfall risk area based on supplemented rockfall source area

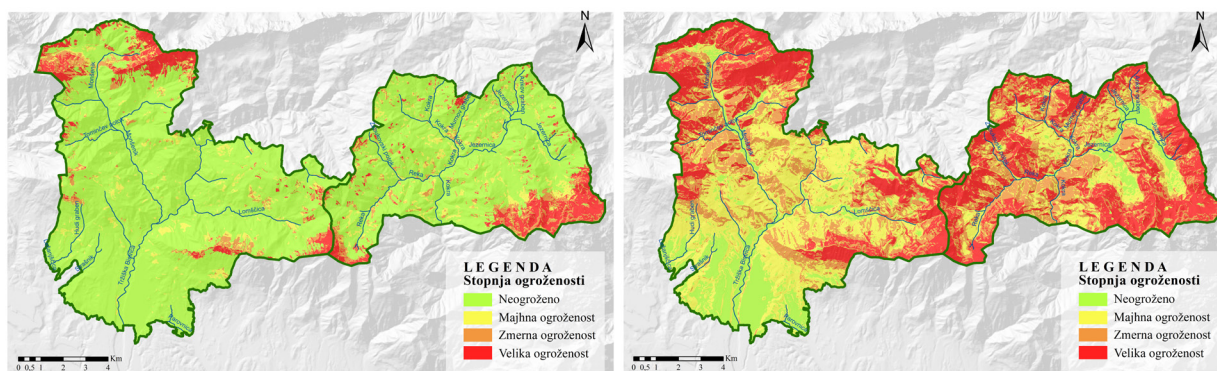
strukturo. V raziskovalnem območju je večina gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo pred snežnimi plazovi (85,6 %) v GGE Tržič, na območju katere je v katastru snežnih plazov evidentiranih tudi veliko več snežnih plazov kot na območju GGE Jezersko (Zbirka ..., 2014).

Da bi določili stopnjo ogroženosti pred snežnimi plazovi, smo na celotnem območju raziskave določili območja ogroženosti pred snežnimi plazovi še na podlagi sedmih vplivnih dejavnikov in za določanje skupne ogroženosti pred snežnimi plazovi napravili dve simulaciji (1. osnovno in 2. tehtano).

Ob upoštevanju sedanje gozdnosti je lavinsko ogroženih 19 % celotne površine (slika 4), pri čemer je tretjina ogroženih območij v območju visoke ogroženosti, tretjina v območju zmerne in tretjina v območju majhne stopnje lavinske ogroženosti. Da bi ocenili pomen gozda za zaščito pred snežnimi plazovi, smo za študijsko območje simulirali lavinsko ogroženost tako, da nismo upoštevali rastja, kar pomeni, da je območje hipotetično brez gozda. V tem primeru je ogroženega kar 87,3 % celotne površine študijskega območja (slika 4).

S tehtano simulacijo je površina lavinsko neogrožene območja enaka (81,0 % celotne površine) kot pri osnovni simulaciji, saj je ta površina določena s površino gozda, ki je pri obeh simulacijah enaka. Poudarjeni pomen naklona površja se kaže v spremembi ogroženih območij po stopnjah ogroženosti; tako se povečata območji

Preglednica 3: Percentage of buildings and public roads at risk due to rockfall



Legend: Green – No hazard; Yellow – Low hazard; Orange – Intermediate hazard; and Red – High hazard

Slika 4: Karta lavinske ogroženosti na podlagi tehtane simulacije z upoštevanjem učinka rastja (levo) in brez upoštevanja učinka rastja (desno)

Fig. 4: Avalanche susceptibility map based on the weighted simulation and considering the effect of vegetation cover (left) and without consideration of the effect of vegetation cover (right)

z veliko in majhno ogroženostjo, nekoliko pa se zmanjša površina območij z zmerno stopnjo ogroženosti.

Da bi ocenili kakovost naših simulacij, smo rezultate osnovne in tehtane simulacije lavinske ogroženosti po stopnjah ogroženosti primerjali s katastrom plazov. V primerjavah smo razlikovali rezultate simulacije z upoštevanjem gozda in rezultate simulacij, s katerimi gozda nismo upoštevali. S primerjavo rezultatov osnovne in tehtane simulacije s katastrom snežnih plazov smo ob upoštevanju rastja kot dejavnika določili 80,2 % površin katastra snežnih plazov kot lavinsko ogroženih. Če v simulaciji gozda ne upoštevamo, je lavinsko ogroženih 98,6 % površin katastra snežnih plazov. Razlike med rezultati osnovne in tehtane simulacije se zaradi poudarjenega pomena naklona površja kažejo v spremembi ogroženih območij po stopnjah ogroženosti. Večino območij katastra snežnih plazov,

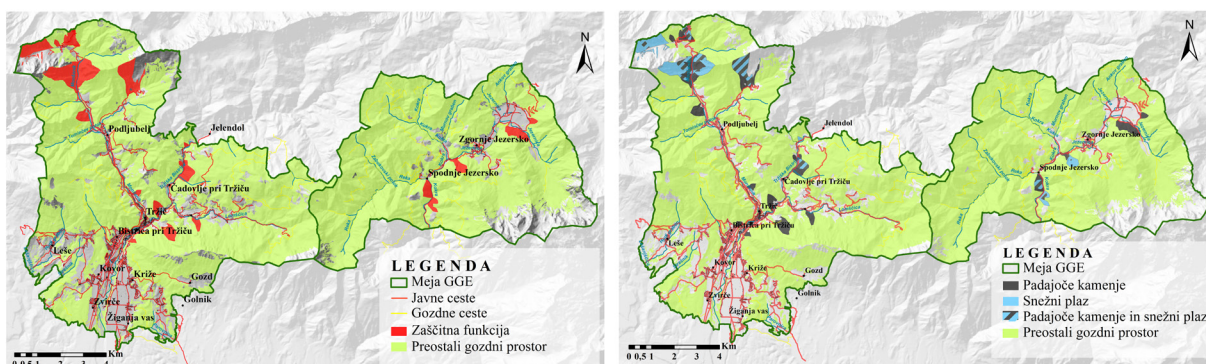
ki so po simulacijah označena kot neogrožena, sdstavljajo linijski plazovi, plazovi znotraj gozda ali pa gre za območja izteka plazov.

S presekom tehtane simulacije lavinske ogroženosti s katastrom stavb smo ugotovili, da je 5 stavb na območju velike, 14 na območju srednje in 68 na območju majhne lavinske ogroženosti. Javnih cest na območju velike stopnje lavinske ogroženosti ni, le manjši odseki v skupni dolžini 0,37 km so na območju srednje lavinske ogroženosti, za 4,06 km javnih cest pa je značilna majhna stopnja lavinske ogroženosti.

3.3 Gozdna območja s poudarjeno zaščitno funkcijo gozda

3.3 Protection forests against natural hazards

Sloj območij s poudarjeno zaščitno funkcijo gozda (slika 5) obsega gozdne predele, kjer padajoče kame-



Legend: Pink line – public road; Yellow line – forest road; Red – protection forest function; Green – other forest areas) and forest with direct protection function by type of natural hazard (right) (Legend: Grey – protection forest function against rockfall, Blue – Protection forest function against avalanche; Blue and grey – protection forest function against rockfall and avalanche; Green – other forest area

Slika 5: Gozdovi s poudarjeno zaščitno funkcijo (levo), in gozdovi s poudarjeno zaščitno funkcijo glede na vrsto naravne nevarnosti (desno)

Fig. 5: Forests with direct protection function (left)

Preglednica 4: Območja gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo glede na naravno nevarnost

GGE (FMU)	Snežni plazovi (Avalanche) (ha)	Padajoče kamenje (Rockfall) (ha)	Padajoče kamenje in snežni plazovi (Areas with both hazards) (ha)	Skupaj (Total area) (ha)
Tržič	143,26	216,26	158,67	518,19
Jezersko	26,62	56,21	24,09	106,92
Skupaj	169,88	272,47	182,76	625,11

nje ogroža infrastrukturo, in predele, kjer gozd preprečuje proženje snežnih plazov ali omejuje širjenje in doseg plazov. Če bi bili na voljo podatki, potem bi v ta območja vključili še predele gozdov, ki preprečujejo oziroma omejujejo hudourniško erozijo, zemeljske usade in drobirske tokove.

Sloj območij s poudarjeno zaščitno funkcijo smo razdelili glede na naravno nevarnost. Tako smo razlikovali gozdove s poudarjeno zaščitno funkcijo pred 1) snežnimi plazovi, 2) padajočim kamenjem ali 3) obema naravnima nevarnostnima hkrati.

V celotnem študijskem območju smo poudarjeno zaščitno funkcijo določili na površini 625,11 ha. Znatno večje površine s poudarjeno zaščitno funkcijo smo določili v GGE Tržič (preglednica 4); razlog je v relativno večji poseljenosti te enote. Na 27,2 % površine območij s poudarjeno zaščitno funkcijo so vzrok njihove določitve snežni plazovi, na 43,6 % padajoče kamenje, na 29,2 % površine pa sta bili vzrok za njihovo določitve obe naravni nevarnosti.

Na gozdnih območjih s poudarjeno zaščitno funkcijo smo razlikovali stopnje nevarnosti (preglednica 5). V skupni površini območij s poudarjeno zaščitno funkcijo prevladujejo površine z veliko stopnjo nevarnosti (64,6 %); to je še posebej izrazito v gozdovih, ki varujejo pred padajočim kamenjem (73,7 %). Sledijo območja s srednjo stopnjo nevarnosti (22,7 %), najmanj pa je površin z majhno stopnjo nevarnosti (12,8 %). Slednjih površin je nekoliko več na območjih, ki so pomembna za zaščito pred snežnimi plazovi.

Preglednica 5: Struktura površin s poudarjeno zaščitno funkcijo po stopnjah naravne nevarnosti

		Naravna nevarnost (Natural hazard)		
		Padajoče kamenje (Rockfall) (%)	Snežni plazovi (Avalanche) (%)	Skupaj (Both hazards) (%)
1	Majhna stopnja nevarnosti (Low degree of hazard)	7,5	22,0	12,8
2	Srednja stopnja nevarnosti (Intermediate degree of hazard)	18,8	29,5	22,7
3	Velika stopnja nevarnosti (High degree of hazard)	73,7	48,5	64,6

Table 4: Forest areas with direct protection function by type of natural hazard

4 RAZPRAVA

4 DISCUSSION

Slovenija ima bogato tradicijo večnamenskega gošpodarjenja z gozdom. Določanje območij gozdov s poudarjenimi funkcijami, med njimi tudi zaščitne in varovalne funkcije, je utečena praksa, vendar velik tehnološki napredek in vsebinske pomanjkljivosti zahtevajo posodobitev sistema določanja površin gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo gozda (Diaci in sod., 2012a; Diaci in sod. 2012b; Guček in sod., 2012; Guček 2016). Danes so za območje celotne Slovenije razpoložljivi zelo natančni lidarski podatki, ki omogočajo natančno modeliranje naravnih nevarnosti in s tem razvoj na področju izdelave kart ogroženosti pred naravnimi nevarnostmi.

V raziskavi smo predstavili posodobljen pristop določanja območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo. Raziskava obsega območji GGE Tržič in GGE Jezersko, kjer so zaradi strmega in razgibanega terena relativno pogosti pojavi padajočega kamenja in snežni plazovi. Na podlagi tujih zgledov smo glede na razpoložljivost podatkov o dejavnikih, povezanih z zaščitno funkcijo, razvili postopek določanja območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo na ravni GGE. Postopek je mogoče preveriti in uporabiti na ravni Slovenije.

Povzeli in dopolnili smo metode za določanje območij ogroženosti pred padajočim kamenjem in snežnimi plazovi, ki so jih razvili v tujini in delno tudi pri nas. Celoten postopek določanja območij s poudarjeno zaščitno funkcijo je zasnovan na preverljivih metodah

Table 5: Structure of areas with direct protection function according to the degree of natural hazard

in v veliki meri temelji na uporabi DMV. S predlaganim pristopom lahko za vsak predel, ki je uvrščen v območje s poudarjeno varovalno ali zaščitno funkcijo, ugotovimo, na podlagi katerega dejavnika je bila gozdna površina uvrščena v to območje. Kakovost izdelka je v veliki meri odvisna od kakovosti podlag, ki jih uporabljamo pri določanju območij s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo. Opisani postopek je primeren za okvirno načrtovanje, torej na krajinski in regionalni ravni, omogoča ponovljivost in preverljivost. Z uporabo natančnejših podlag (DMV z natančnostjo 1x1m) bi izboljšali predvsem določanje virov padajočega kamenja. Za načrtovanje v bolj podrobnem merilu (določitev ukrepov) je treba izdelati projekt na ravni pobočja, z modeliranjem dosega padajočega kamenja s 3D simuliranjem kotaljenja kamenja po pobočju, kar pa zahteva veliko več vhodnih podatkov (Stoffel in sod., 2006).

Naša raziskava kaže, da brez podrobnih strokovnih podlag, kot so npr. območja ogroženosti pred padajočim kamenjem ali območja snežnih plazov, ne moremo objektivno določiti območij gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo. Brez podlag je določitev območij v veliki meri prepuščena načrtovalcem, njihovem poznavanju lokalnih razmer in izkušnjam. Z uporabo podatkovnih zbirk o (gozdnem) prostoru, ki so jih razvile druge stroke in ob sodelovanju s strokovnjaki s področja naravnih nevarnosti, so območja s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo bolje opredeljena. Enake izkušnje so poznane tudi iz tujine (Frehner in sod., 2007b). Na primeru snežnih plazov in padajočega kamenja smo tako dokazali, da lahko z uporabo kart ogroženosti pred padajočim kamenjem in snežnimi plazovi vsebinsko dopolnimo sedanja območja s poudarjeno zaščitno funkcijo, in sicer tako, da sta za posamezno izločeno območje znani vrsta naravne nevarnosti in tudi stopnja nevarnosti. Poznavanje vrste in stopnje naravne nevarnosti ter presoja ustreznosti strukture gozdnih sestojev sta ključni izhodišči za določanje prioritet pri gospodarjenju z gozdovi s poudarjeno zaščitno funkcijo.

Na podlagi opravljene raziskave pri določanju območij s poudarjeno zaščitno funkcijo predlagamo najprej kabinetno določanje na podlagi razpoložljivih podatkovnih slojev za posamezno naravno nevarnost (npr. karta ogroženosti pred snežnimi plazovi) ali z modeliranjem. Pridobiti in preveriti je treba tudi druge modele za določanje dosega snežnih plazov (npr. AvalforLIN) in padajočega kamenja. Nujno je treba okrepiti sodelovanje z drugimi strokami, predvsem s tistimi, ki se ukvarjajo z naravnimi nevarnostmi, in pridobiti podatkovne sloje, pomembne za objektivizacijo določanja območij ter posodobiti pomanjkljive sloje (npr.

kataster padajočega kamenja, kataster stavb). Treba je pridobiti podatke o zvrsteh stavb in objektov za razvrstitev po pomembnosti zaščite pred naravno nevarnostjo, kar bo prispevalo k določanju prioritet ukrepanja. V okviru sodelovanja je treba izdelati oceno o možnosti pojava padajočega kamenja glede na geološko podlago. S kabinetno pripravo lahko izdelamo podlage za večje območje, npr. za geografsko zaključene predele. Preliminarno določene površine s poudarjeno zaščitno funkcijo v postopku izdelave načrta za gozdnogospodarsko enoto pregledamo, preverimo tudi na terenu in oblikujemo končno različico. Tako prihranimo veliko nevarnega terenskega dela in se usmerimo na predele, kjer je verjetnost za pojavljanje naravnih nevarnosti največja.

Na podlagi terensko preverjenega sloja območij s poudarjeno zaščitno funkcijo opravimo ločevanje predelov gozdov glede na vrsto in stopnjo naravne nevarnosti, kot smo prikazali v raziskavi. To je temelj za določanje ukrepov.

Vsaj okvirno lahko ocenimo ustreznost strukture gozdnih sestojev za zagotavljanje zaščitnih funkcij in s tem določimo tudi predele, kjer se stanje sestoji razlikuje od zelenega stanja. Postopek, ki je podrobno opisan v Guček in sod. (2016), smo razvili in prikazali za gozdne predele, ki so pomembni za zaščito pred padajočim kamenjem. Za to naravno nevarnost smo se odločili, ker so številni avtorji (npr. Frehner in sod., 2007a; Vacchiano in sod., 2008; Berger in sod., 2013) skušali podati kazalnike (želeno stanje) o strukturnih značilnostih gozdnih sestojev, s katerimi bi opredelili stopnjo ustreznosti zaščite, ki jo pred padajočim kamenjem zagotavlja gozd. Podobno bo treba izdelati tudi za ostale naravne nevarnosti, če želimo izboljšati zasnovo načrtovanja in gospodarjenja na teh območjih.

Območja gozdov z opredeljeno zaščitno funkcijo je treba klasificirati na območja z različno stopnjo nujnosti in smiselnosti ukrepanja. Izločimo predele, kjer ukrepanje ni možno, smiselno ali potrebno. Po vzoru iz tujine (Frehner in sod., 2007b) bi bilo smiselno rastišča rangirati glede na to, koliko lahko z gozdnogojitvenimi ukrepi vplivamo na strukturo gozda in posredno na zmožnost zagotavljanja zaščitne funkcije na posameznem rastišču. Za območja z veliko verjetnostjo pojavljanja snežnih plazov predlagamo razmejevanje sestojev na predele visokega gozda, nizkega grmičastega (lavinskega) gozda, ruševja z drevesi in ruševja. V vseh predelih, kjer je ukrepanje možno in potrebno, pa je glede na odklon strukture sestojev od zelenega stanja in glede na pomembnost infrastrukture, ki jo gozd ščiti, treba določiti prioritete ukrepanja. Tako lahko z gozdnogospodarskim načrtom GGE okvirno prikažemo in

utemeljimo predele, kjer je ukrepanje nujno.

Predele za ukrepanje je treba pregledati in na ravni objektov (posamezno pobočje) pripraviti projekt za izvedbo ukrepov. Projekt je izvedbeni načrt z gozdno-gojitvenimi in tehničnimi ukrepi.

V zadnjem obdobju je bilo na področju opredelitve gozdov s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo opravljenih relativno veliko raziskav in izsledke teh raziskav je treba prenesti v prakso. Vendar pa mora biti določanje zaščitne funkcije gozda le prvi korak v celotnem sistemu upravljanja s temi gozdovi, kot ga poznamo iz tujine. Samo določanje gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo, še tako natančno, nima nobene pomena, če nato ukrepi bodisi niso izvedeni, bodisi niso izvedeni pravi ukrepi, ob pravem času in na pravem mestu. Pri tem v ospredje sili potreba po dodatni vsebinski razdelitvi, kot je prikazana v raziskavi (ločevanje glede na vrsto naravne nevarnosti, glede na ustreznost strukture gozda za zaščito pred naravno nevarnostjo, glede na stopnjo ogroženosti ...). Treba je zagotoviti možnosti za uresničitev ukrepov. Med glavnimi razlogi za manjšo realizacijo del v zaščitnih gozdovih se predstavljajo: zaostrene razmere za gospodarjenje; prepričanje, da s temi gozdovi ni treba gospodariti; lastniška struktura teh gozdov; slabša odprtost gozdov, saj pogosto varovana prometnica pomeni edini dostop; visoki stroški dela, slabša kvaliteta lesa in posledično nizek ekonomski interes lastnikov gozdov. Zaostrene razmere v kombinaciji z lastniško strukturo in slabšo odprtostjo pomenijo pogosto nepremostljivo oviro pri doseganju ciljev. Rešitev bi bila v spremembi kategorizacije gozdov, da bi gozdove s poudarjeno zaščitno funkcijo pred t. i. gravitacijskimi naravnimi nevarnostmi (npr. padajoče kamenje, snežni in zemeljski plazovi, hudourniki) uvrstili v kategorijo varovalnih gozdov, saj je pogoj za izkoriščanje sredstev iz evropskih skladov razglasitev teh gozdov s pravnim predpisom in opredelitev nadstandardnih del (Diaci in sod., 2012a). V tako oblikovani kategoriji varovalnih gozdov bi bilo smiselno razlikovati: 1) površine gozda brez ukrepanja, ker ukrepi niso potrebni, smiselni ali mogoči (npr. ruševje) in 2) površine gozda s prilagojenim ukrepanjem (npr. varovalni gozdovi v zaledju hudournikov; na območjih snežnih plazov, kjer gozd preprečuje proženje snežnih plazov in v gozdovih s poudarjeno zaščitno funkcijo), pri čemer je želeno stanje gozda in ukrepanje v teh gozdovih prilagojeno specifični naravni nevarnosti. Prav tako pa bi morala država prepoznati te gozdove kot predele, ki bi jih kot strateško pomembne za zaščito prebivalstva in infrastrukture prioritarno odkupovala.

5 ZAHVALA

5 ACKNOWLEDGEMENTS

Dostop do dopolnjenega katastra plazov nam je omogočil mag. Miha Pavšek, za kar se mu iskreno zahvaljujemo. Zahvaljujemo se tudi Zavodu za gozdove Slovenije za digitalne zbirke podatkov.

6 POVZETEK

6 SUMMARY

Slovenia has a rich tradition of multifunctional forest management. Determination of forests with direct and indirect protection function among other forest functions, is a standard practice, but major technological development and conceptual weaknesses require modernization of determination process. Besides weaknesses in forest planning for protection functions, there are also some weaknesses in management of protection forests as a result of belief that these are forests for which no measures are required. Main weaknesses in determination process of protection functions are: terminological and conceptual definition; often subjective determination; no distinction against which natural hazards forests protect; management priorities are not defined. Only general guidelines are defined in determination process, although the need to take action within the areas may be significantly different depending on the condition of forests and the degree of risk. The main purpose of the study was to examine the possibility of identifying areas with protection function on the basis of digital elevation model and expert maps to increase objectivity and repeatability of determination process.

For the study area we selected forest management units Jezersko and Tržič that cover part of the Kamniško-Savinjske Alps, central part of the Karavanke Mts, and the edge of Ljubljana basin. Avalanches that are often triggered in the mountain part of research area, have claimed some lives in the past. Besides avalanches there are also landslides, rockfalls, torrents and other types of water erosion occurring in these areas.

All data processing was performed in GIS software MapInfo 10.5 and ArcGIS 10.0. In the first part of the research we determined forest areas with direct protection function on the basis of natural hazards present. In our research we included only rockfall and avalanches, as no information on the other natural hazards was available or accessible. Given that no rockfall risk map was available, we presented simple modelling process for creating rockfall hazard map, which was used later on for detailed analysis of areas with direct

protection function. We determined degree of risk for infrastructure, type and level of natural hazard.

Based on modelling, we determined larger areas of forests with protection function than the national forest service. We were surprised that increase of area was not larger, as we had not taken into account the relatively sparse population in the areas of threat. We found that modelling results were due to smaller accuracy of used data, useful only for preparation of preliminary areas of protection function, which has to be checked in the field.

The presented procedure enables us to objectively determine preliminary layers of forest with direct protection function, which are fully repeatable according to the described procedure. We have highlighted weaknesses in criteria for determination of indirect protection function and presented the main directions for further work and development in this field of research. The main emphasis is based on the presented approach. Firstly we determine preliminary area of forests with protection function at the level of forest management unit, which we later checked in the field. If we have layers of threat from various natural hazards we can further structure forest areas with protection function according to the type of natural hazard and the degree of risk. On this basis, we present the priorities for action, and then at the level of individual slopes perform a detailed analysis to determine the right measures.

7 VIRI

7 REFERENCES

- Anko B. 1998. Protective functions of mountain forests: Some general observations. V: Mountain forestry in Europe. Institute for forest sector policy and economics: 5-8.
- Anko B., Golob A. 1998. Protective forests in Slovenija. V: Evaluation of Silvicultural and Policy Means. (Publication Series of the Institute for Forest Sector Policy and Economics, 35). Vienna: 5-8.
- Anko B., Golob A., Smolej I. 1985. Varovalni gozdovi v Sloveniji: stanje po popisu 1980. Ljubljana, VTOZD za gozdarstvo Biotehniške fakultete: 118 str.
- Bahun Volk M. 2016. Ocena in prikaz nevarnosti zaradi snežnih plazov. Ujma, 30: 209-218.
- Bauerhansl C., Berger F., Dorren L.K.A., Duc P., Ginzler C., Kleemayr K., Koch V., Koukal T., Mattiuzzi M., Perzl F., Prskawetz M., Schadauer K., Schneider W., Seebach L. 2010. Development of harmonized indicators and estimation procedures for forests with protective functions against natural hazards in the alpine space. Publications Office of the European Union, Luxembourg, EUR 24127 EN: 181 str.
- Bebi P., Kulakowski D., Rixen C. 2009. Snow avalanche disturbances in forest ecosystems—State of research and implications for management. Forest ecology and management, 257, 9: 1883-1892.
- Berger F., Dorren L.K.A. 2012. Forest and rockfalls: From applied research to protection forest management and zoning. V: Varovalni gozdovi: Presoja Naravnih Nevarnosti, načrtovanje in gospodarjenje: posvetovanje z mednarodno udeležbo, Ljubljana, Soteska, 12. in 13. april 2012: zbornik razširjenih povzetkov. Diaci J. (ur.). Ljubljana: 11-16.
- Berger F., Dorren L.K.A., Kleemayr K., Maier B., Planinsek Š., Bigot C., Bourrier F., Jancke O., Toe D., Cerbu G. 2013. Eco-engineering and protection forests against rockfalls and snow avalanches. V: Management strategies to adapt Alpine Space forests to climate change risks – An introduction to the Manfred project, Management strategies to adapt alpine space forests to climate change risks, Cerbu G., Hanewinkel M., Gerosa G., Jandl R. (ur.). InTech: 191-209.
- Brang P. 2001. Resistance and elasticity: promising concepts for the management of protection forests in the European Alps. Forest Ecology and Management, 145, 1-2: 107-119.
- Brang P., Schönenberger W., Frehner M., Schwitter R., Wasser B. 2006. Management of protection forests in the European Alps: an overview 44: 23-44.
- Diaci J., Rugani T., Firm D. 2012a. Posvetovanje za dejavnejše gospodarjenje z varovalnimi in zaščitnimi gozdovi. Gozdarski vestnik, 70, 4: 229-232.
- Diaci J., Beguš J., Bončina A., Breznikar A., Firm D., Grecs Z. 2012b. Gozdarstvo v času in prostoru, Zaključki in usmeritve posvetovanja Varovalni gozdovi : presoja naravnih nevarnosti, načrtovanje in gospodarjenje. Gozdarski vestnik, 70, 7-8: 341-343.
- Dorren L.K.A. 2003. A review of rockfall mechanics and modeling approaches. Progress in Physical Geography, 27, 1: 69-87.
- Dorren L.K.A., Berger F., Imeson A., Maier B., Rey F. 2004. Integrity, stability and management of protection forests in the European Alps. Forest ecology and management, 195, 1-2: 165-176.
- Dorren L.K.A., Berger F. 2006. Balancing tradition and technology to sustain rockfall protection forests in the Alps. Forest snow landscape research, 98: 87-98.
- Dorren L.K.A., Berger F., Le Hir C., Mermin E., Tardif P. 2005. Mechanisms, effects and management implications of rockfall in forests. Forest ecology and management, 215, 1-3: 183-195.
- Dorren L.K.A., Berger F., Jonsson M., Krautblatter M., Stoffel M., Wehrli A. 2007. State of the art in rockfall – forest interactions. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 158, 6: 128-141.
- Dorren L.K.A., Berger F. 2006. Balancing tradition and technology to sustain rockfall protection forests in the Alps. Forest Snow and Landscape Research, 98: 87-98.
- Dorren L.K.A., Loup B., Raetzo H. 2012. Einsatz von Modellen in der Schweizer Sturzgefahrenbeurteilung. Journal für Wildbach-, Lawinen, Erosions- und Steinschlagschutz, 169: 256-267.
- Ferrari F., Giacomini A., Theoeni, K. 2016. Qualitative Rockfall Hazard Assessment: A Comprehensive Review of Current Practices. Rock Mechanics and Rock Engineering, 49, 7: 2865-2922.
- Fidej G. 2011. Presoja varovalnega učinka gozda pred drobirskimi tokovi ob Savi Bohinjki v Soteski: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 93 str.
- Fink T. 2001. Opredelitev in značilnosti varovalnih gozdov v Sloveniji: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 72 str.
- Firm D., Rugani T. 2013. Varovalni gozdovi in naravne nevarnosti v Sloveniji. Proteus, 75, 9-10: 404-416.
- Frehner M., Wasser B., Schwitter R. 2005. Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald - Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: 30 str.

- Frehner M., Wasser B., Schwitter R. 2007a. Sustainability and Success Monitoring in Protection Forests - Appendix 1: Natural Hazards. Bern, The federal office for the environment FOEN: 26 str.
- Frehner M., Wasser B., Schwitter R. 2007b. Sustainability and success monitoring in protection forests - Guidelines for silvicultural interventions in forests with protective functions. Bern, Federal office for the environment FOEN: 29 str.
- Gauquelin X., Courbaud B. 2006. Guide des sylvicultures de montagne. ONF / CRPF / Cemagref: 289 str.
- Golob A. 2005. Usmeritve za načrtovanje gospodarjenja v varovalnih gozdovih - Ekspertiza. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 12 str.
- Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Jezersko 2012–2021. 2012. Kranj, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Kranj: 456 str.
- Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Tržič 2005–2014. 2005. Kranj, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Kranj: 347 str.
- Grilc Ž. 2016. Ocena ogroženosti zaradi snežnih plazov v Julijskih Alpah s pomočjo geografskih informacijskih sistemov. Magistrsko delo. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 82 str.
- Gsteiger P. 1993. Steinschlagschutzwald, ein Beitrag zur Abgrenzung, Beurteilung und Bewirtschaftung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 144: 115-132.
- Guček M., Bončina A., Diaci J., Firm D., Poljanec A., Rugani T. 2012. Gozdovi s poudarjeno zaščitno in varovalno funkcijo: značilnosti, valorizacija in gospodarjenje. Gozdarski vestnik, 70, 2: 59-71.
- Guček M. 2016. Opredelitev gozdnih območij s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 130 str.
- Heim A. 1932. Bergsturz und Menschenleben. Beiblatt zur Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zurich, 20, 77: 218 str.
- Highland L.M., Bobrowsky P. 2008. The Landslide Handbook — A Guide to Understanding Landslides. Reston, Virginia. U.S. Geological Survey Circular 1325: 129 str.
- Horvat A. 1997. Snežni Plazovi v Sloveniji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 54: 45-70.
- Horvat A., Jeršič T., Papež J. 2008. Varstvo pred hudourniki in erozijo ob vse intenzivnejših vremenskih ekstremih - Impact of climatic change on flood and erosion control. Ujma, 22: 200-208.
- Jaboyedoff M. 2003. Conefall 1,0 user's guide: 18 str.
- Kajdiž P., Diaci J., Rebernik J. 2015. Modelling facilitates silvicultural decision-making for improving the mitigating effect of beech (*Fagus sylvatica* L.) dominated alpine forest against rockfall. Forests, 6: 2178-2198.
- Karta dejanske rabe tal. 2014. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. <http://rkg.gov.si/GERK/> (9. 6. 2014)
- Kobal, M., Gantar N. 2016. Porušitvena erozija v občini Ajdovščina – možnosti in omejitve uporabe lidarskih podatkov za modeliranje padajočega kamenja. Gozdarski vestnik, 74, 9: 358–371.
- Komac B., Natek K., Zorn M. 2008. Geografski vidiki poplav v Sloveniji. Geografija Slovenije, 20: 180 str.
- Komac B., Zorn M. 2007. Pobočni procesi in človek. Geografija Slovenije, 15: 217 str.
- Komac, B. 2015. Modeliranje obpotresnih pobočnih procesov v Sloveniji. Geografski vestnik, 87, 1: 117–133.
- Kräuchi N., Brang P., Schonenberger W. 2000. Forests of mountainous regions: gaps in knowledge and research needs. Forest ecology and management, 132: 73-82.
- Kunc K. 2008. Vpliv gospodarjenja na stabilnost varovalnih gozdov nad glavno cesto Godovič – Idrija: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 60 str.
- Lateltin O. 1997. Berücksichtigung Der Massenbewegungsgefahren Bei Raumwirksamen Tätigkeiten: Naturgefahren, Empfehlungen. Bern, Bundesamt für Raumplanung (BRP), Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): 42 str.
- Leitfaden zur Kartierung der Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes (Waldfunktionenkartierung). 1974. Henne, A. (ur.). Frankfurt am Main, Sauerlander's Verlag.: 80 str.
- Lovrenčak F. 2007. Zgornja gozdna meja Slovenskih Alp, visokogorskih kraških planot in Prokletij. Ljubljana, Znanstveno raziskovalni inštitut Filozofske fakultete: 217 str.
- MCPFE, 2003. Ministerial conference on the protection of forests in Europe. General declarations and resolutions adopted at the ministerial conferences on the protection of forests in Europe, Strasbourg 1990 – Helsinki 1993 – Lisbon 1998. Vienna, Austria, MCPFE Liaison Unit: 88 pp.
- Melik A. 1954. Slovenski Alpski Svet. Ljubljana, Slovenska matica: 606 str.
- Meyer-Grass M. 2006. Wald - Waldlawinen: Gefährdete Bestände, Massnahmen, Pflege des Gebirgswaldes. V: Pflege des Gebirgswaldes: Leitfaden für die Begründung und Forstliche Nutzung von Gebirgswaldern. Bischoff N. (ur.). (LWF Wiessen, 55). Freising: 379 str.
- Mikoš M., Batistič P., Humar N., Janža M., Komac M., Kranjc P., Pavlič M.U., Petje U., Vilfan M. 2004. Metodologija za določanje ogroženih območij in način razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti zaradi zemeljskih plazov končno poročilo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko: 165 str.
- Motta R., Haudemand J.C. 2000. Protective forests and silvicultural stability an example of planning in the Aosta Valley. Mountain Research and Development, 20 2: 180-187.
- Novak, L. 2014. Sestojna zgradba in nevarnost padajočega kamenja v Soteski pri Bohinju. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 107 str.
- Novosel J. 1974. Gozdne združbe in rastiščnogojitveni tipi v gozdnogospodarski enoti Tržič. Biro za gozdnogospodarsko načrtovanje: 108 str.
- Ogrin D. 1998. Podnebje. V: Geografski atlas Slovenije. Fridl J., Kladnik D., Adamič Orožen M., Perko D. (ur.). Ljubljana, Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti: 110-111.
- Papež J., Jeršič T., Černivec J. 2010. Strategija varstva pred erozijo in hudourniki v Sloveniji. V: Naravne nesreče 1: od razumevanja do upravljanja. Zorn M., Komac M., Pavšek M., Pagon P (ur.). Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU: 113-124.
- Pavšek M. 2002a. Simulacija ogroženosti površja zaradi snežnih plazov v Slovenskih Alpah. V: Geografija in njene aplikativne možnosti: II. Melikovi dnevi, Portorož, 27. in 28. september 2002. (Dela 18). Ljubljana, Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta: 115-132.
- Pavšek M. 2002b. Snežni plazovi v Sloveniji. Ljubljana, Založba ZRC, Geografija Slovenije, 6: 212 str.
- Perko F., Kozorog E., Bončina A. 2014. Začetki načrtnega gospodarjenja z gozdovi na Slovenskem, Flameckovi in Lesseckovi načrti za Trnovski gozd ter bovške in tolminske gozdove, 1769-1771. Zveza gozdarskih društev - Gozdarska založba: 416 str.
- Pintar S. 2012. Presoja varovalnega učinka gozda pred snežnimi plazovi na delu ceste na Vršič: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 74 str.
- Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo. 2010. Ur. l. RS, št. 91/2010.
- Priročnik za izdelavo gozdnogospodarskih načrtov. 2008. Ljubljana, ZGS.

- Prostorski informacijski sistem Geodetske uprave Republike Slovenije: zbirke digitalnih prostorskih podatkov. 2011. Ljubljana, Geodetska uprava Republike Slovenije.
- Prostorski informacijski sistem občin. 2015. <http://www.geoprotor.net/PisoPortal/> (29.6.2015)
- Rebernik J. 2013. Proučevanje vpliva padajočega kamenja v varovalnem gozdu na Ljubelju: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 71 str.
- Schneuwly D.M. 2009. Tree rings and rockfall. Anatomic tree reactions and spatio-temporal rockfall analysis. PhD thesis No. 1643, University Fribourg: 153 str.
- Schuler A. 1981. Sustained-yield forestry and forest functions, as seen by Swiss foresters in the nineteenth century. In: History of sustained-yield forestry. Steen H. K. (ed.). Santa Cruz, Forest History Society: 192-201.
- Simončič, T., Spies, T.A., Deal, R.L., Bončina, A., 2015: A conceptual framework for characterizing forest areas with high societal values: Experiences from the Pacific Northwest of USA and Central Europe. *Environmental Management* 56(1): 127-143.
- Skudnik M., Kušar G. 2011. Use of 3d process-based model to determine forests protecting against rockfall – Case study Kamniška Bistrica. *Acta Geographica Slovenica*, 51, 2: 253-276.
- Smole I. 1971. Gozdne združbe in rastiščnogojitveni tipi v gozdnogospodarski enoti Jezersko. Ljubljana, Biro za gozdnogospodarko načrtovanje: 104 str.
- Statistični urad Republike Slovenije. 2015. <http://www.stat.si/statweb> (18. 7. 2015)
- Stoffel M., Wehrli A., Kuchne R., Dorren L.K.A., Perret S., Kienholz H. 2006. Assessing the protective effect of mountain forests against rockfall using a 3D simulation model. *Forest Ecology and Management*, 225, 1-3: 113-122.
- Uredba o varovalnih gozdovih in gozdovih s posebnim namenom. Ur. l. RS, št. 88/2005, 56/2007, 29/2009, 91/2010, 1/2013, 39/2015.
- Vacchiano G., Motta R., Long J. N., Shaw J. D. 2008. A density management diagram for Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.): A tool for assessing the forest's protective effect. *Forest Ecology and Management*, 255, 7: 2542-2554.
- Wehrli A., Brang P., Maier B., Duc P., Binder F., Lingua E., Ziegner K., Kleemayr K., Dorren L.A.K. 2007. Schutzwaldmanagement in den Alpen – Eine Übersicht, Management of Protection Forests in the Alps – an Overview. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 158, 6: 142-156.
- Zakon o gozdovih. Ur. l. RS, št. 30/1993, 56/1999, 67/2002, 110/2002, 115/2006, 110/2007, 106/2010, 63/2013, 101/2013, 17/2014, 24/2015, 77/2016.
- Zampa F., Ciolli M., Cantiani M.G. 2004. A GIS procedure to map forests with a particular protective function. *Geomatic Workbooks*, 3: 1-23.
- Zbirka grafičnih podatkov o snežnih plazovih za Občini Tržič in Jezersko - snpl_Tržič_Jezersko.shp. 2014. Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika.
- Žabota B. 2017. Vpliv prostorske ločljivosti digitalnega modela višin na napoved odlaganja skalnih podorov. Magistrsko delo. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 109 str.
- Žabota B., Kobal M. 2018. Pregled uporabljenih metod modeliranja skalnih podorov v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 76, 2: 55-71.

