

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN  
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Gal FIDEJ

**PRESOJA VAROVALNEGA UČINKA GOZDA PRED  
DROBIRSKIMI TOKOVI OB SAVI BOHINJKI V  
SOTESKI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Gal FIDEJ

**PRESOJA VAROVALNEGA UČINKA GOZDA PRED DROBIRSKIMI  
TOKOVI OB SAVI BOHINJKI V SOTESKI**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**ASSESSMENT OF PROTECTIVE EFFECT OF FOREST AGAINST  
DEBRIS FLOWS ALONG SAVA BOHINJKA IN SOTESKA GORGE**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2011

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 15.6.2011 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Matjaža Mikoša, za somentorja prof. dr. Jurija Diacija, za recenzenta pa doc. dr. Janeza Pirnata.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Gal Fidej

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 265:38+907.32(497.4)(043.2)=163.6 varovalni gozdovi/funkcije gozdovi/varovalna funkcija/zaščitna
KG	funkcija/drobirski tok/naravne nevarnosti/gospodarjenje/modeliranje/ TopRunDF/Sava Bohinjka/Soteska
KK	
AV	FIDEJ, Gal
SA	MIKOŠ, Matjaž (mentor)/DIACI, Jurij (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2011
IN	PRESOJA VAROVALNEGA UČINKA GOZDA PRED DROBIRSKIMI TOKOVI V SOTESKI SAVE BOHINJKE
TD	Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
OP	XI, 92 str., 8 pregl., 32 sl., 6 pril., 50 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Varovalni gozdovi imajo pomembno vlogo pri zmanjševanju učinka različnih naravnih nevarnosti. V Sloveniji imamo 10 % varovalnih gozdov, 30 % teh gozdov ima zaščitno funkcijo. Preučili smo učinkovitost varovalnih gozdov na severozahodu Slovenije, v Soteski med Bledom in Bohinjem, kjer sta ogroženi državna cesta in železnica. Na podlagi geološke karte in karte podvrženosti drobirskim tokovom smo ugotovili vplivno območje drobirskih tokov. Pri modeliranju njihovega širjenja smo uporabili program TopRunDF. Podatke o gozdu smo zbrali na 47 vzorčnih ploskvah, kjer smo izmerili vsa živa drevesa s prsnim premerom $\geq 10$ cm. Podrobno smo opisali sestoje in jih ovrednotili po metodi NaiS. Ugotovili smo, da ima gozd ključno vlogo pri zaščiti infrastrukturnih objektov. Za trajno zaščitno vlogo v enomernih sestojih je potrebno gojenje mozaično raznomernega gozda. V sestojih, kjer gozdnogojitveni ukrepi ne zadostujejo, je potrebno uporabiti tehnične ukrepe. Ker s sestoji niso gospodarili več desetletij so motnje (najpogosteje v obliki vetrolomov) pogoste. Izsledki kažejo, da je potrebno ovrednotenje varovalne in zaščitne funkcije teh gozdov. Priporočamo tudi aktivno nego, kar je v nasprotju z dosedanjo prakso negospodarjenja teh gozdov.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dn
DC	FDC 265:38+907.32(497.4)(043.2)=163.6 protection forest/protective forest/protective effect/protection function/debris
CX	flow/management/modelling/TopRunDF/natural hazards/Sava Bohinjka/Soteska
CC	
AU	FIDEJ, Gal
AA	MIKOŠ, Matjaž (supervisor)/DIACI, Jurij (co-supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB	University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and renewable forest resources
PY	2011
TI	ASSESSMENT OF PROTECTIVE EFFECT OF FOREST AGAINST DEBRIS FLOWS ALONG SAVA BOHINJKA IN SOTESKA GORGE
DT	Graduation Thesis (University studies)
NO	XI, 92 p., 8 tab., 32 fig., 6 ann., 50 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	Protection forests have an important role of mitigating the influence of various natural hazards. Only 10% of all forests in Slovenia have an indirect protection function, while 30% of them perform a direct protection role. Study of protection efficiency of beech dominated forests in the Soteska gorge in NW Slovenia, where a main state road and railway are endangered was done. We assessed the starting impacts of the debris-flow natural hazard based on a small-scale geological survey of the terrain characteristics and local debris flow susceptibility map. For determination of the run-out zones we used the TopRunDF model. Forest structure data was obtained from 47 sample plots where all trees with DBH $\geq 10$ cm were measured. A detailed description and delineation of forest stands was performed. Results showed that the forests stands play a crucial role in protection of infrastructural objects. For long-term protection efficiency, spatially-explicit regeneration patches are needed in uniform forest stands. In areas where silvicultural measures could not provide sufficient protection, technical measures are needed. Since these forests have not been managed for several decades, natural disturbances are frequent. Research findings suggest that assessment and management of these beech dominated protection forests is necessary, contrary to the current practice of non-management in protection forests in Slovenia.

## KAZALO

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION .....	IV
KAZALO.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
KAZALO PRILOG .....	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI .....	XI
1 UVOD.....	1
2 PREGLED LITERATURE .....	3
2.1 VAROVALNI GOZDOVI .....	3
2.1.1 NaiS - Sustainability and success monitoring in protection forests – Trajnost in preverjanje uspeha varovalnih gozdov .....	6
2.1.2 SilvaProtect-CH.....	12
2.2 DROBIRSKI TOK .....	16
2.2.1 Definicija .....	16
2.2.2 Faze drobirskega toka.....	17
2.2.3 Razlika med drobirskimi tokovi in zemeljskimi plazovi in splazitvami .....	20
2.2.4 Razlike med drobirskim tokom in normalnim ali prekoncentriranim vodnim tokom.....	21
2.2.5 Izrazoslovje in zakonodaja .....	21
2.2.6 Dosedanje delo na področju ocenjevanja ogroženosti in nevarnosti zaradi delovanja drobirskih tokov pri nas .....	26
3 NAMEN IN HIPOTEZE .....	29
4 PREDSTAVITEV OBMOČJA IN RAZISKAVE .....	30
4.1 PROSTORSKA UMEŠČENOST OBMOČJA .....	30
4.2 LASTNOSTI OBJEKTA.....	31
4.3 ANALIZA PRETEKLEGA GOSPODARJENJA.....	32
4.4 FUNKCIJE GOZDOV V SOTESKI.....	35
4.5 KLIMATSKE ZNAČILNOSTI.....	38
4.6 DOGODKI NA CESTI V SOTESKI .....	41
5. METODE DELA .....	43
5.1 TERENSKA IZVEDBA.....	43
5.1.1 Popis ploskev .....	43
5.1.2 Opis sestojev in značilnosti terena .....	45
5.1.3 Opis NaiS sestojev.....	45
5.2 ANALIZA PODATKOV .....	46
5.2.1 Izračun sestojnih parametrov.....	46
5.2.2 Modeliranje drobirskih tokov .....	46
5.2.2.1 Priprava opozorilne karte drobirskih tokov .....	50
6 REZULTATI .....	51
6.1 SPLOŠNA PODOBA GOZDA .....	51
6.2 MODELIRANJE DROBIRSKIH TOKOV.....	55
6.2.1 Karte izdelane s strani GeoZS .....	55
6.2.2 Občutljivostna analiza modela TopRunDF .....	58
6.2.2.1 Magnituda (M).....	58
6.2.2.2 Mobilnostni koeficient (MK).....	58

6.2.2.3	Elevation step (ES) - povišana višinska razlika med sosednjimi celicami.....	60
6.2.2.4	Število Monte Carlo iteracij (MCI) .....	61
6.2.3	Rezultati modeliranja.....	62
6.2.3.1	Karta odloženih drobirskih tokov.....	62
6.2.3.2	Opozorilna karta drobirskih tokov.....	63
6.3	SESTOJI, NAIS sestoji in ukrepanje.....	65
6.3.1	Sestojna karta.....	65
6.3.2	NaiS sestoji.....	66
6.3.2.1	Ukrepi v NaiS sestojih.....	68
7	RAZPRAVA.....	73
7.1	SPLOŠNA PODOBA GOZDA.....	73
7.2	MODELIRANJE DROBIRSKIH TOKOV.....	76
7.3	SESTOJI, NAIS SESTOJI IN UKREPANJE.....	78
8	SKLEPI.....	82
9	POVZETEK.....	84
10	VIRI.....	88
	ZAHVALA.....	92
	PRILOGE.....	93

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Posek po odsekih 8v, 9v, 10v ter 67a v letih 1979 – 1991 .....	34
Preglednica 2: Posek po odsekih 8v, 9v, 10v ter 67a v letih 1992 – 2009 .....	35
Preglednica 3: Strukturne značilnosti gozdov desnega brega v Soteski.....	53
Preglednica 4: Stabilnost dreves po drevesnih vrstah na desnem bregu v Soteski .....	53
Preglednica 5: Število mladja po drevesnih vrstah in velikostnih razredih (N/ha) .....	54
Preglednica 6: Razredi verjetnosti pojavljanja drobirskih tokov (vir: GeoZS).....	55
Preglednica 7: Mobilnostni koeficienti pri različnih naklonih vršaja (Sf) in struge (Sc)....	58
Preglednica 8: Površina odloženega materiala in povprečna globina pri posameznem MK .....	59



## KAZALO SLIK

Slika 1: Hudourniški material na cesti v Soteski po neurju septembra 2007 (foto: Aleš Zdešar).....	2
Slika 2: Spreminjanje varovalne funkcije po fazah razvoja gorskih gozdov (prirejeno po: Dorren in Berger, 2006: 206).....	10
Slika 3: Hipotetični režim odpornosti za enodobne sestoje. Režim A predstavlja motnjo v gozdu, kjer varovalno funkcijo predstavljajo srednje velika drevesa, režim B pa velika drevesa (prirejeno po: O'Hara, 2006: 50).....	11
Slika 4: Hipotetična elastičnost enodobnega in raznodobnega sestoja v času obhodnje enodobnega sestoja oz. treh cikličnih ukrepanjih raznomernega sestoja. V diagramu je predpostavljeno, da elastičnost predstavlja pomladek, ki ga običajno v enodobnem gozdu v starosti ni, v raznodobnem pa je vedno prisoten v različnih količinah (prirejeno po: O'Hara, 2006: 50).....	12
Slika 5: Prikaz poteka določanja gozdnih površin, ki ščitijo pred posamezno nevarnostjo (primer: padajoče kamenje) (prirejeno po: Giambonni in Wehrli, 2008: 475, 476)..	14
Slika 6: Prerez drobirskega toka (Zorn in Komac, 2002, po Komac in Zorn, 2002: 123) ..	19
Slika 7: Shema postopka določitve poplavnih in erozijskih območij (* - podlaga za določanje pogojev in omejitev v skladu z Uredbo o določitvi pogojev in omejitev izvajanja dejavnosti ali gradenj na poplavnih in erozijskih območjih) (Pravilnik o ... , 2007: Priloga 1).....	24
Slika 8: Kriteriji za določitev razredov ogroženosti (Pravilnik o ... , 2007: Priloga 5).....	25
Slika 9: Ocena verjetnosti pojavljanja drobirskih tokov po občinah (po Ocena ogroženosti ... , 2008: 197).....	26
Slika 10: Lokacija Soteske (rdeča) (vir: Geopedia).....	30
Slika 11: Varovalni gozdovi (modra) po načrtu za Gozdnogospodarsko območje Bled 2001 – 2010 in odseki desnega brega Soteske, ki so predmet obravnave.....	36
Slika 12: Klimatogram za merilno postajo Stara fužina za obdobje 1971 – 2000.....	39
Slika 13: Prostorska porazdelitev števila dni s padavinami nad 50 mm v obdobju 1971-2000. Z rdečo barvo je označeno območje Soteske (Poročilo, 2006).....	39
Slika 14: Čiščenje hudourniškega materiala na cesti v Soteski septembra 2007 (foto: Aleš Zdešar).....	41
Slika 15: Program TopRunDF z vnesenimi parametri.....	47
Slika 16: Porazdelitev števila dreves po drevesnih vrstah na desnem bregu v Soteski.....	51
Slika 17: Porazdelitev lesne zaloge po drevesnih vrstah na desnem bregu v Soteski.....	52
Slika 18: Porazdelitev dreves po debelinskih razredih na desnem bregu v Soteski.....	52
Slika 19: Podvrženost pojavljanju drobirskih tokov na desnem bregu v Soteski (celice 5x5m) (vir: GeoZS).....	56
Slika 20: Geološka karta desnega brega Soteske (GeoZS).....	57
Slika 21: Razlivanje drobirskega toka na vršaju ob mobilnostnih koeficientih (MK) = 10, 25, 50, 75, 100 in 150 (število Monte Carlo iteracij=50, M=5000m <sup>3</sup> ). .....	59
Slika 22: Razlivanje drobirskega toka na vršaju ob ES: 1, 2 in 4 m (M=5000 m <sup>3</sup> , MCI=50, MK=50).....	60
Slika 23: Razlivanje drobirskega toka na vršaju ob različnih MCI = 5, 20, 50, 100, 500 in 5000 (MK = 50, M. =5000 m <sup>3</sup> ).....	61
Slika 24: Karta odloženih drobirskih tokov na vršajih desnega brega Soteske. V1,2,3,...je	

zaporedna številka vršaja, ki si sledijo od zgoraj navzdol, MK = uporabljen mobilnostni koeficient. Barvna lestvica označuje globino odloženega drobirskega toka v metrih (m). M: 1:12.000.....	63
Slika 25: Predlog opozorilne karte drobirskih tokov. Barvna lestvica prikazuje verjetnost za preplavitev drobirskega toka: rdeča – velika verjetnost, zelena – majhna verjetnost. Z rdečo je prikazan predlog priprave opozorilne karte. M: 1:14.000.....	64
Slika 26: Karta sestojev desnega brega v Soteski. Z rumeno so označene lokacije vzorčnih ploskev, z rdečo barvo so označene ceste. Številke označujejo mešanost: 1- iglavci, 2 – iglavci: 60 – 89 %, 3- igl: 30 – 59 %, 4 – igl: 10 – 29 %, 5 – listavci. M: 1:18.000 .....	65
Slika 27: Izločanje vplivnih območij. Barvna podlaga je karta dovzetnosti pojavljanju drobirskih tokov (slika 19), črne črte predstavljajo vplivna območja.....	66
Slika 28: Sestoji izločeni po metodologiji NaiS (obrazci prilog C, D, E in F). Z rumeno so označeni NaiS vegetacijski sestoji, z rdečo vplivna območja, ki smo jih določili na podlagi karte dovzetnost (slika 19) in modeliranja, z modro so izločene struge hudournikov in dejanski hudourniški vršaji. M: 1:14.000 .....	67
Slika 29: Hudourniški jarek z mrtvo drevnino (foto: Gal Fidej).....	72
Slika 30: Večja nepomlajena vrzel v odseku 8v (foto: Gal Fidej) .....	75
Slika 31: Levo: tipičen izgled vršaja v Soteski, desno: prečni profil odloženega materiala na cesti septembra 2007 (foto: Aleš Zdešar).....	77
Slika 32: Zelo plitva tla in plitev koreninski sistem (foto: Gal Fidej).....	78

## KAZALO PRILOG

Priloga A: Obrazec za popis ploskev.....	93
Priloga B: Obrazec za popis sestojev: .....	94
Priloga C: Preglednica: primer ciljnega profila za rastišče <i>Mercuriali-/Cardamino-Fagetum typicum</i> (prirejeno po: NaiS 2004, Ökologie, Waldbau und Anforderungen pro Standortstyp: 121) .....	95
Priloga D: Preglednica za ciljna stanja za gozdove, ki nudijo zaščito proti zemeljskimi plazovi, erozijo, drobirskimi tokovi (prirejeno po NaiS 2004, Appendix: Natural hazards: 13) .....	96
Priloga E: Primer obrazca za ocenjevanje NaiS sestojev (za ocenjevanje rastišča <i>Anemone Fagetum</i> v kombinaciji z drobirskimi tokovi) .....	97
Priloga F: Primer obrazca za ocenjevanje NaiS sestojev (za ocenjevanje rastišč <i>Ostryo-Fagetum</i> oz. <i>Ostryo-Ornetum</i> v kombinaciji z drobirskimi tokovi) .....	98

## **OKRAJŠAVE IN SIMBOLI**

GeoZS: Geološki zavod Slovenije

GGE: Gozdnogospodarska enota

ZGS: Zavod za gozdove Slovenije

Q<sub>100</sub>: Pretok vodotoka ob povratni dobi 100 let

## 1 UVOD

Alpski prostor zaznamuje velika reliefna razgibanost površja. Značilne so velike višinske razlike in strmi nakloni. Padavine v tem prostoru so obilne in se spreminjajo na zelo majhnem merilu. V teh zaostrenih razmerah uspevajo gozdovi, ki imajo varovalno funkcijo. Na lokacijah, kjer se nižje pod gozdom nahaja infrastruktura, pa imajo ti gozdovi tudi poudarjeno zaščitno funkcijo (zaščitni gozdovi). V Sloveniji znaša delež varovalnih gozdov 10 %, od teh jih ima 30 % še zaščitno funkcijo (Guček, 2010).

Veliko alpskih gozdov učinkovito ščiti ljudi in njihovo premoženje pred naravnimi nevarnostmi (v nadaljevanju nevarnosti) kot so padajoče kamenje, zemeljski in snežni plazovi, hudourniki, poplave in drobirski tokovi. Pri tem lahko gozd le deloma ali popolnoma regulira omenjene pojave. Vloga zaščite, ki jo predstavlja gozd, ima različno strukturo glede na obravnavano nevarnost. Zgradba je odvisna tudi od lokacije gozda glede na nevarnost in prostorskega merila te nevarnosti (Rey, 2003, cit po Berger in Ray, 2004). Trajnost obvladovanja nevarnosti pa je odvisna od stabilnosti gozda. Do sedaj je znano, da gojenje gozdov, ki temelji na naravnih procesih gozdov, zagotavlja stabilnost gorskih varovalnih gozdov (Bishoff, 1987; Renaud in sod., 1994; OFEFP, 1996, cit. po Berger in Ray, 2004).

Alpske države vlagajo velike količine sredstev v preventivo pred naravnimi nevarnostmi. V Švici na ta način porabijo 120 – 150 milijonov švicarskih frankov letno, od česar se 60 % teh sredstev porabi za vzdrževanje ali izboljšanje varovalne in zaščitne funkcije gozda (Schärer, 2004, cit. po Wehrli in sod., 2007). Čeprav gozd v večini primerov zagotavlja najbolj učinkovito, najcenejšo in ob tem tudi najbolj estetsko zaščito pred naravnimi nevarnostmi, pri nas vlaganj v varovalne gozdove praktično ne poznamo. Posledica je staranje varovalnih gozdov in zmanjševanje njihovega učinka, kar je značilno tudi za gozdove v Soteski ob Savi Bohinjki.

Drobirski tokovi so le eden od pojavov v hidrogeomorfološko zelo živi Soteski. Kot oblika masnega gibanja sedimentov po pobočjih ali hudourniških strugah (slika 1) so v preteklosti preoblikovali slovensko površje in so v zadnjem času vse pogostejši. Zaradi razpršene

poselitve in goste mreže prometnic, je nujna podrobnejša preučitev ogroženosti prostora zaradi njihovega delovanja (Sodnik in Mikoš, 2006). V tej nalogi smo se tega lotili z analizo mest nastanka in računalniškim modeliranjem njihovega gibanja za analizo mest delovanja.



Slika 1: Hudourniški material na cesti v Soteski po neurju septembra 2007 (foto: Aleš Zdešar)

Naloga je bila izdelana v okviru aplikativnega projekta "Varovalni gozdovi: Razvojne zakonitosti, ocena tveganja, usklajevanje gojenja gozdov in tehnologij izkoriščanja" (APL: L4-2244), ki poteka na Katedri za gojenje gozdov. Dejstvo je, da je področje varovalnih gozdov v Sloveniji slabo raziskano in je zato potreben korak naprej po zgledu ostalih alpskih držav (Švica, Francija, Italija, Avstrija). Na preučevanem območju bo izdelana tudi diplomska naloga, ki bo obravnavala padajoče kamenje. Obe nalogi predstavljata korak naprej k poznavanju varovalnih gozdov.

## 2 PREGLED LITERATURE

### 2.1 VAROVALNI GOZDOVI

Zakon o gozdovih (2007) v 43. členu opredeljuje varovalne gozdove kot gozdove, ki v zaostrenih ekoloških razmerah varujejo sebe, svoje zemljišče in nižje ležeča zemljišča in gozdove, v katerih je izjemno poudarjena katerakoli druga ekološka funkcija. Razglašeni so z Uredbo o varovalnih gozdovih in gozdovih s posebnim namenom (2009).

Uredba o varovalnih gozdovih in gozdovih s posebnim namenom varovalne gozdove definira kot gozdove, ki varujejo zemljišča usadov, izpiranja in krušenja, gozdove na strmih obronkih ali bregovih voda, gozdove, ki so izpostavljeni močnemu vetru, gozdove, ki v hudourniških območjih zadržujejo preneglo odtekanje vode in zato varujejo zemljišča pred erozijo in plazovi, gozdne pasove, ki varujejo gozdove in zemljišča pred vetrom, vodo, zameti in plazovi, ter gozdove na zgornji meji gozdne vegetacije.

Po Uredbi mora pri gospodarjenju z varovalnimi gozdovi Zavod za gozdove zagotavljati:

- pravočasno obnovo oziroma posek prestarega drevja,
- malo površinsko izvajanje sečenj,
- puščanje primerno visokih panjev pri poseku drevja na plazovitih območjih in območjih, kjer je nevarnost snežnih plazov,
- načine spravila in uporabo pravih sredstev, kot je določeno z gozdnogospodarskim načrtom gozdnogospodarske enote,
- sanacijo poškodovanih tal zaradi preprečevanja erozije,
- odstranjevanje drevja iz hudourniških strug,
- pravočasno izvedbo vseh gozdno gojitvenih del, ki zagotavljajo ohranitev in stabilizacijo varovalne vloge gozda,
- in rabo biološko razgradljivih olj pri delu s stroji in napravami.

O zaščitni funkciji govorimo, ko se srečata dejavnik ogrožanja in človekova lastnina. Zaščitna funkcija pomeni, da gozd zagotavlja zaščito prometnic, naselij in drugih objektov pred naravnimi pojavi, kot so padanje kamenja in peska, snežni zameti, bočni vetrovi in

zdrsi zemljišča, ter zagotavljanje varnosti bivanja in prometa. Poudarjeno zaščitno funkcijo opravljajo zlasti gozdovi na strmih pobočjih nad cesto ali železnico ter pod njo (Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo (2010)).

Motta in Haudemand (2000) sta predstavila načrtovanje gojenja varovalnih gozdov v dolini Aosta v Italiji. Ugotovita, da se prvi omembi varovalnih gozdov v Alpah v pisnih virih nanašata na leti 1333 in 1480 in zajemata gozdove nad bivališči (Gerbore, 1997 cit. po Motta in Haudemand, 2000). Skozi celotno zgodovino je bil edini ukrep v teh gozdovih prepoved sečnje. Landolt je že leta 1862 prepoznal potrebo po specifičnih gozdnogojitvenih ukrepih v teh gozdovih: "Če nemudoma in trajno ne zagotovimo varnosti, bomo dolgoročno soočeni s povečevanjem prestarih gozdov". Izpostavila sta, da se navkljub velikem zanimanju za varovalne gozdove v zadnjih desetletjih, gozdnogojitvene intervencije niso bile dovolj učinkovite in se kot glavni problemi pojavljajo (Mayer, 1982, cit. po Motta in Haudemand, 2000):

- izrazito pomanjkanje pomlajevanja,
- pomanjkanje srednje starih dreves,
- nezadostna stabilnost,
- povečanje ranljivosti gozda zaradi naravnih motenj.

Avtorja sta se dotaknila definicije varovalnih gozdov, kjer ločita splošno varovalno vlogo, ki bi jo pri nas označili kot varovalno funkcijo ter direktno varovalno funkcijo, ki jo pri nas označimo kot zaščitno. Omenjala sta tudi dinamiko gozda, katere posledica je spreminjanje stopnje varovalnosti. Kasneje sta omenjena dejstva predstavila tudi Dorren in Berger (2006) s t. i. "panarhično" teorijo (Panarchy theory).

Za ovrednotenje primernosti preučevanega varovalnega gozda sta uporabila 16 kriterijev in vsakega ocenila s skalo od 1 (ustrezno) do 4 (neustrezno). Nato sta dobljene ocene primerjala s ciljnimi strukturami, ki so definirane s tipom gozda, nadmorsko višino, lokacijo sestoja, tipom, frekvenco in intenzivnostjo naravnih motenj, proti kateri gozd deluje, in tipom nevarnosti, kateri je gozd izpostavljen. Delo za vzdrževanje in izboljšavo stabilnosti je drago in fizično zahtevno, zato raje kot k idealnem, težimo k sprejemljivemu stanju, ki še zagotavlja ustrezno opravljanje funkcije naslednjih 20 do 50 let (Wasser in sod., 1996, cit. po Motta in Haudemand, 2000).



Brang (2001) je smatral, da še ni poglobljenih pristopov, s katerimi bi dosegli trajno varovalnost proti različnim, tako naravnimi kot antropogenimi motnjami, ki vplivajo na dinamiko gozda in zaščitno funkcijo. Problema se je lotil z ekološkim konceptom odpornosti in elastičnosti ("resistance and elasticity"). Odpornost je definiral kot relativno nespremenljivost, kljub prisotnosti motečih dejavnikov, elastičnost pa kot hitrost do ponovne vzpostavitve stanja ali dinamike pred motnjo. Zamisel je prikazal v petih korakih: 1.) identifikacija motenj (tudi počasno delujočih), 2.) identifikacija značilnosti različnih motenj, ki se navezujejo na odpornost in elastičnost gozda, 3) iskanje spremenljivk za spremljanje teh značilnosti, 4) oblikovanje ciljnih vrednosti za vsako spremenljivko in 5) strniti odpornost in elastičnost ter ju vključiti v gospodarjenje. Poudaril je pomen strukture ekosistema, saj vzdrževanje le strukture sestoja ni zadosten ukrep za zagotavljanje varovalnosti gozda, saj na strukturo sestoja vplivajo strukturne lastnosti ekosistema izražene tako v večjem kot manjšem merilu. Tako se v večjem merilu soočimo s spreminjanjem rabe tal, geološke podlage, klime, itd, v majhnem pa vidimo mozaik mikrorastišč primernih ali neprimernih za vznik klic dreves, ostalih rastlin. Odpornost in stabilnost švicarskih gozdov je ocenil kot neprimerno, saj je po podatkih kar 68 % gozdov enomernih.

Berger (2004) je poudaril, da se gozdarji evropskih alpskih držav strinjajo, da so potrebne smernice, priporočila za terensko opazovanja in intervencijski načrti. Tako bi morale države vpeljati skupen vodič kot orodje za odločanje glede gospodarjenja gorskih varovalnih gozdov, ki bi temeljil na načelu uporabe naravnega razvoja pri zagotavljanju stabilnosti in uporabe intervencije le takrat, ko so te res potrebne. Predlagal je uporabo klasificiranja gorskih gozdov z zaščitno vlogo proti naravnim nevarnostim v cone. Kartiranje nevarnosti in prepoved gradnje infrastruktur v tveganih območjih je smatral kot najučinkovitejši preventivni pristop. Podlaga za razmejevanje so arhivi, obstoječe karte, terenska opazovanja, modeliranje, itd. Rezultat je tematska karta z ikonami, od katerih vsaka vsebuje podatke (vrsta nevarnosti, njena stopnja učinka in šifra do opisnega dela) o coni, ki jo označuje ter obarvana območja, kjer je gradnja prepovedana ali dovoljena z omejitvami; posebej so obarvani gozdovi z zaščitno funkcijo ter dodane prepovedi, obveznosti in priporočila za gospodarjenje (tudi za privatne gozdove). Karto nato

predstavijo javnosti. Ta metoda je bila izvedena v Franciji in uporabljena v načrtu za preprečitev nevarnosti (t. i. RPP – Risk Prevention Plan).

Brang (2006) in sodelavci so napisali poročilo o ekologiji in gospodarjenju gozdov, ki služijo kot zaščita pred naravnimi nevarnostmi. Avtorji so opisali na kakšne načine gozd ščiti pred nevarnostmi. Omenjajo pomembno vlogo gozda v območjih proženja, kjer ima gozd največji vpliv, saj omejuje sproščanje materiala. Gozd je učinkovit pri manjših pojavih oz. količinah, večjim gibajočim količinam kot so snežni plaz, večji skalnati bloki in drobirski tok, pa ni kos. Ločujejo neposredno (angl. direct) in posredno (angl. indirect protection) zaščito, prvo bi pri nas označili z besedo zaščita, slednjo pa kot varovalnost. Pojasnijo tudi problem pomanjkanja skupne metodologije pri oceni in razmejevanju varovalnih gozdov. Pri slednjem kot največje težave smatrajo: prešibko poznavanje premikov masnih procesov, različne ocene povratnih dob naravnih nevarnosti, nezainteresiranost za malopovršinski mozaični gozd z različnimi funkcijami, ker ta omejuje racionalno gospodarjenje ter težave pri postavitvi smernic za izločanje varovalnih gozdov, kadar so za te razpoložljive subvencije.

Kot primer dobre prakse glede gospodarjenja z varovalnimi gozdovi so izpostavili delo oz. projekt: NaiS (Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald, Frehner in sod., 2005).

### **2.1.1 NaiS - Sustainability and success monitoring in protection forests – Trajnost in preverjanje uspeha v varovalnih gozdovih**

Avtorji projekta so: Frehner M., Wasser B., Scheitter R. (2004). Gre za smernice za gospodarjenje gozdov z varovalno funkcijo. Smernice iz tega dela se danes uporabljajo v Švici in se počasi uveljavljajo tudi v ostalih alpskih deželah. Glavna odlika tega postopka (NaiS) je standardizirano odločanje, ki temelji na razpoložljivih informacijah. Smernice so bile razvite s sodelovanjem raziskovalcev in gozdarjev praktikov.

#### Načela:

Pristop temelji na sedmih načelih, ki zagotavljajo stroškovno učinkovito gospodarjenje z varovalnimi gozdovi:

- 1) ukrep mora ohraniti zadostni zaščitni/varovalni učinek,
- 2) ukrep mora biti izveden na primernem mestu – kjer je verjetno, da bo imel pozitivne posledice,
- 3) ukrep mora biti izveden ob pravem času – ko je razmerje med učinkom in stroškom za učinek najvišje,
- 4) ukrep mora biti v skladu z naravno dinamiko gozda in primeren glede na gozdno rastišče (v nadaljevanju rastišče),
- 5) proces odločanja naj bo standardiziran in transparenten, saj tak omogoča ovrednotenje gojitvene obravnave,
- 6) ukrep naj bo učinkovit – le takšen ima možnost uspeha,
- 7) koristi morajo krepko presegati stroške.

### Ciljni profili

Ciljni profil je določeno ciljno stanje gozda določenega rastišča ali ciljno stanje gozda, ki najboljše ščiti pred določeno nevarnostjo. Postopek temelji na primerjavi trenutnega stanja danega sestoja in ciljnega stanja (profila). Ciljni profil, ki je pravzaprav opis strukturnih značilnosti sestoja, je specifičen tako za naravno nevarnost, kot rastišče in je podan v literaturi. Znotraj vsakega ciljnega profila (za nevarnosti in rastišča) postopek ločuje dva profila, prvi opisuje idealni, drugi pa minimalni ciljni profil. Idealni profil opisuje stanje sestoja, za katerega pričakujemo, da bo dolgoročno imel največji zaščitni učinek in je pravzaprav dolgoročni gozdnogojitveni cilj, profil minimalnih zahtev pa je pripomoček za sprotno odločanje glede gozdnogojitvenih ukrepov.

NaiS za področje naravnih nevarnosti opisuje ciljna stanja za sledeče nevarnosti:

- snežni plazovi,
- zemeljski plazovi, erozija in drobirski tokovi,
- padajoče kamenje,
- hudourniki in poplave (Brang in sod., 2006).

Ciljna stanja za naštetе naravne nevarnosti so nato znotraj posamezne nevarnosti še podrobneje opredeljena. Tako se pri snežnih plazovih ciljno stanje razlikuje glede na tip rastišča v coni nastanka plazov. Pri zemeljskih plazovih, eroziji in drobirskih tokovih se ločuje ciljno stanje glede na območje izvora in infiltracije, itd (Brang in sod. 2006). Primer

ciljnega stanja za slednjo je v prilogi D.

NaiS opisuje ciljne profile za kar 121 različnih rastišč. Primer ciljnega stanja za rastišče *Mercuriali-/Cardamino-Fagetum typicum* je v prilogi C.

### Proces odločanja

Odločanje glede ukrepov izvedemo na ravni sestojev. Območje najprej razdelimo na površine z enako nevarnostjo in enakim rastiščem – ciljni tip. Za določitev primernih ciljnih profilov so potrebne informacije o naravnih nevarnostih in karta rastišč. Sestoje, ki so si podobni po dejanski strukturi sestojev in ciljnem profilu, nato združimo v skupino z enako gojitveno obravnavo – negovalni tip. To pomeni, da imamo lahko znotraj ciljnega tipa več negovalnih tipov, od katerih vsak zahteva drugačne ukrepe. Odločanje in ocenjevanje negovalnih tipov izvajamo na indikatorskih površinah (ploskvah) velikosti približno 1 ha. Ta površina mora biti reprezentativna za določen negovalni tip s prej določeno gojitveno obravnavo. Ocenjevanje je primerjava trenutnega stanja negovalnega tipa ter predvidenega stanja čez 10 in 50 let, s ciljnim profilom. V primeru, da se predvideni razvoj v 50 letih ne ujema s ciljnim profilom in so na voljo učinkoviti gozdnogojitveni ukrepi s katerimi bi usmerili razvoj sestoja v pravo smer, je potrebno ukrepanje. Primer tabele za odločanje je prikazan pod prilogo E in F.

### Orodje gojenja gozdov

Posek dreves je najpogosteje najbolj primeren način usmerjanja sestoja proti ciljnemu stanju ravno zato, ker spreminja strukturo sestoja. Poleg tega pa dohodki iz posekanih dreves pokrijejo stroške ukrepa. Vendar pa odstranitev dreves začasno zmanjša stabilnost preostalih dreves proti neurjem ali snegu, kar povzroča poškodbe dreves.

### Ovrednotenje

Standardiziran odločevalski proces je pomemben za monitoring uspešnosti gospodarjenja, ker preko povratne zanke adaptivnega upravljanja prispeva k izboljšanju gospodarjenja.

Vrednotenje obsega štiri korake:

- 1) ovrednotenje strokovnosti izvedenih ukrepov
- 2) ocena: v kolikšni meri izvedeni ukrepi dosegajo pričakovane učinke glede razvoja

sestoja Omenjena koraka izvedemo na sami ploskvi v gozdu in jih primerno zabeležimo. Dokumentacija naj vključuje informacije o odločanju, izvedenih ukrepih in njihovih izidih. Ploskve je potrebno skrbno opisati in jih trajno označiti. Primerna dokumentacija je pomembna za ovrednotenje uspešnosti ukrepov, saj lahko kratkoročni uspeh dolgoročno postane neuspeh. Zlasti zaradi pogostih ekstremnih klimatskih in biotskih dogodkov v gozdni dinamiki. Takšen primer so nasadi homogenih monokultur, ki so bile uspešne a so se kasneje izkazale kot nestabilne in s tem neprimerne. Zadnja dva koraka sta vrednotenji v velikem merilu:

- 3) regionalno ovrednotenje omogoča pregled učinkovitosti zaščitne vloge oz. varovalnosti,
- 4) preko analize ciljev pa ugotovimo primernost uporabljenih ciljnih profilov in morebitne spremembe na podlagi novih ugotovitev (Brang in sod., 2006).

Dorren in Berger (2006) sta obrazložila pomembnost varovalnih gozdov iz finančnega stališča. Naravne nevarnosti v evropskih Alpah so, če jih izražamo s človeškimi življenji, precej majhne ob upoštevanju dobro poznanih nevarnosti v svetu. Vseeno pa se te pojavljajo lokalno in so lahko precej velike, zlasti finančno, ko gre za blokiranje prometa pomembnih prometnih povezav ali uničenje infrastrukture. Tako lahko individualna drevesa, skupine in sestoji rešujejo življenja in zmanjšujejo škodo. Gorski gozdovi evropskih Alp in njihova zaščitna vloga imajo dolgo zgodovino. Brez njih bi stroški gradnje in vzdrževanja tehničnih zaščitnih konstrukcij narasli preko mej izvedljivosti. Tako je tudi navedeno v Protokolu gorskih gozdov Alpske konvencije: "Gorski gozdovi zagotavljajo najbolj učinkovito, najcenejšo in najbolj estetsko zaščito proti naravnim nevarnostim". Samo v Švici in Avstriji letno porabijo približno 50 milijonov Evrov za vzdrževanje ali izboljšanje zaščitne funkcije gorskih gozdov (Evropski observatorij za gorske gozdove, 2000, Švicarski državni statistični urad, 2002, cit. po Dorren in Berger, 2006). Kljub velikim zneskom pa je kvantifikacija zaščitne vloge zahtevna. Avtorja sta predstavila "panarhično" teorijo (angl. Panarchy theory) in jo razširila na naravne sisteme kot je gozd. Gozdovi se konstantno razvijajo od inicialne do optimalne faze in spet nazaj. V prehajanju preko faz se gozdna struktura razvija ali ruši. Posledica je zmanjšanje varovalne funkcije gozda v času teh prehodov (slika 2).



Slika 2: Spreminjanje varovalne funkcije po fazah razvoja gorskih gozdov (prirejeno po: Dorren in Berger, 2006: 206)

O'Hara (2006) je kot primerno strukturo varovalnega gozda predstavil raznodobne gozdove, s katerimi zmanjšamo negativne vplive motenj, ki izvirajo iz hidrogeomorfoloških procesov kot so plazovi, poplave, drobirski tokovi ali snežni plazovi. Poudaril je pomen odpornosti proti motnjam in elastičnosti proti učinkom teh motenj. O'Hara je v delu predstavil:

- razmerje med strukturo sestoja in motnjami,
- kako se odpornost in elastičnost raznomernih sestojev odraža ob motnjah,
- ukrepe gospodarjenja z raznodobnimi gozdovi.

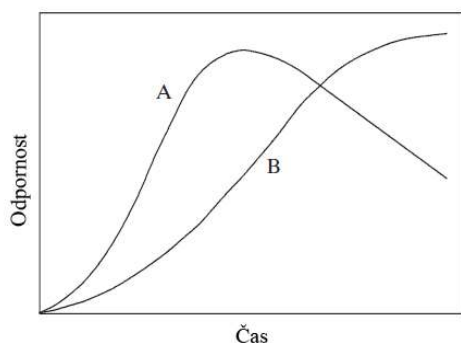
Vsekakor obstaja naravna povezava med gozdnogojitvenimi ukrepi in naravnimi motnjami. Prav zaradi razvoja drevesnih vrst pod vplivom številnih stresnih dejavnikov prihaja med njimi do razlik med tolerantnostjo, kar s pridom izkorišča gojenje gozdov. Enačenje naravnih motenj in gojenja vključuje niz gojitvenih ukrepov, kjer ne dajemo ali dajemo, prednost določenim lastnostim drevesnih vrst. Npr. raznodobno gojenje v splošnem pospešuje sencozdržne vrste, ipd. Časovno merilo pri simulaciji gojitvenih ukrepov kot naravnih motenj je usmerjeno bolj k enakomernim vračanjem (ukrepanjem), kar pa ni značilno za naravne motnje. Tudi prostorsko merilo je, za razliko od naravnih motenj, manjše pri našem ukrepanju. Navkljub veliki variabilnosti med sestojnimi strukturami zaradi različnih frekvenc in jakosti motenj, imajo sestoji naslednje skupne značilnosti:

- 1) Ni nujno, da se razlike v velikosti (debelini) dreves, skladajo tudi s starostjo dreves. V gospodarjenih gozdovih se raznolikost premerov pogosto porazdeljuje z negativno eksponentno funkcijo. Vseeno pa je potrebno upoštevati druge možne

porazdelitve.

- 2) V majhnem merilu se lahko pojavlja mešanica različno starih dreves – malopovršinska raznodobnost, spet v večjem merilu lahko imamo zaplate enodobnih dreves. Struktura je približek prebiranja ali skupinskega prebiranja, kot gojitvenega sistema.
- 3) Trajna prisotnost nekaterih strukturnih elementov kot so: zastrtost, drevesna debla in struktura živih korenin.

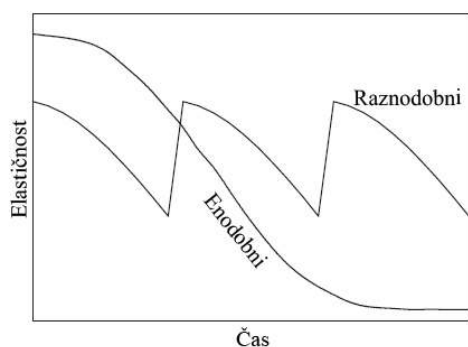
Sestoji nudijo odpornost proti naravnim nevarnostim s prisotnostjo in porazdelitvijo dreves in elastičnost s sposobnostjo nadomestitve teh dreves. Odpornost proti hidrogeomorfološkim procesom je odvisna od prisotnosti velikih dreves. Npr. drobirski tok in padajoče kamenje se lahko upočasnita in zmanjšata obseg poškodb. Prisotnost majhnih dreves in velikega lesenega plavja pa omejuje obseg drugih motenj. Za marsikateri hidrogeomorfološki proces že sama prisotnost dreves, mrtvega lesa ali lesenega plavja nudi določeno stopnjo odpornosti proti toku vode in drobirja. Elastičnost dosežemo s pomladkom, ki preživi motnjo in predstavlja nadomestilo podrtim drevesom ali z obstojem dreves, ki preživijo motnjo kot npr. nanos sedimenta.



Slika 3: Hipotetični režim odpornosti za enodobne sestoje. Režim A predstavlja motnjo v gozdu, kjer varovalno funkcijo predstavljajo srednje velika drevesa, režim B pa velika drevesa (prirejeno po: O'Hara, 2006: 50)

Raznodobni sestoji kontinuirano zagotavljajo odpornost, vendar je ta na nižjem nivoju kot maksimalna enodobnih sestojev. Pri raznomernih sestojih pa nivo odpornosti niha znotraj ozkega intervala od začetka do konca obhodnice, in je s tem določena stopnja varovalne funkcije vedno prisotna (slika 4). Za primer vzemimo enodobni sestoj, ki varovalno vlogo zagotavlja v zadnjih 20 % njegove sečne zrelosti, ki znaša 100 let. Če pride do motnje v

starosti 80 let, bo sestoj potreboval naslednjih 80 let, da se zopet vzpostavi funkcija, kar pa skupaj pomeni kar 160 let.



Slika 4: Hipotetična elastičnost enodobnega in raznodobnega sestoja v času obhodnje enodobnega sestoja oz. treh cikličnih ukrepanjih raznodobnega sestoja. V diagramu je predpostavljeno, da elastičnost predstavlja pomladek, ki ga običajno v enodobnem gozdu v starosti ni, v raznodobnem pa je vedno prisoten v različnih količinah (prirejeno po: O'Hara, 2006: 50).

### 2.1.2 SilvaProtect-CH

Giamboni in Wehrli (2008) sta podrobno predstavila švicarski projekt SilvaProtect-CH. Gospodarjenje oziroma ukrepanje v švicarskih varovalnih gozdovih spodbujajo z javnimi sredstvi (subvencijami). Da bi se sredstva podeljevala učinkovito in pravično, je bilo potrebno tudi poenotenje (standardizacija) izločanja varovalnih gozdov na državni ravni, kar dotlej ni bila praksa. To je tudi glavni razlog, da je Državna agencija za okolje (BAFU oz. FOEN – Federal Office of the Environment) leta 2004 začela s projektom. Projekt je sestavljen iz dveh faz:

#### 2.1.2.1 Faza I

Cilj je formulacija indeksa varovalnosti, ki je potreben za razdeljevanje sredstev kantonom. Rezultati faze I se uporabijo v fazi II za oblikovanje enotnih kriterijev za izločanje varovalnih gozdov. Faza I je sestavljena iz več modulov:

Silva – je gozdna površina



Dogodek – obsega modeliranje različnih obsegov naravnih nevarnosti. Ločeno so bili izdelani modeli za vsako posamezno nevarnost: snežne plazove, padajoče kamenje, poplave, leseno plavje, pobočni drobirski tok (oz. plitev zemeljski plaz) in drobirski tok. Model za pobočni drobirski tok oziroma plitev plaz: modeliranje tega procesa je razdeljeno v dva dela. Najprej se modelira območja nastanka (sproščanja) z modelom SliDisp, nato pa cono tranzicije in odlaganja izračuna z modelom SlideSim.

Ločeno je bil izdelan tudi model za drobirski tok (Gamma, 2000, cit. po Giamboni in Wehrli, 2008), ki je sestavljen iz 4 komponent:

- analiza reliefa,
- ocena razpoložljivega materiala in analiza sproščanja sedimentov,
- identifikacija območij odlaganja drobirskih tokov,
- identifikacija kategorije drobirskega toka in kategorije odlaganja drobirskih tokov na vršaju.

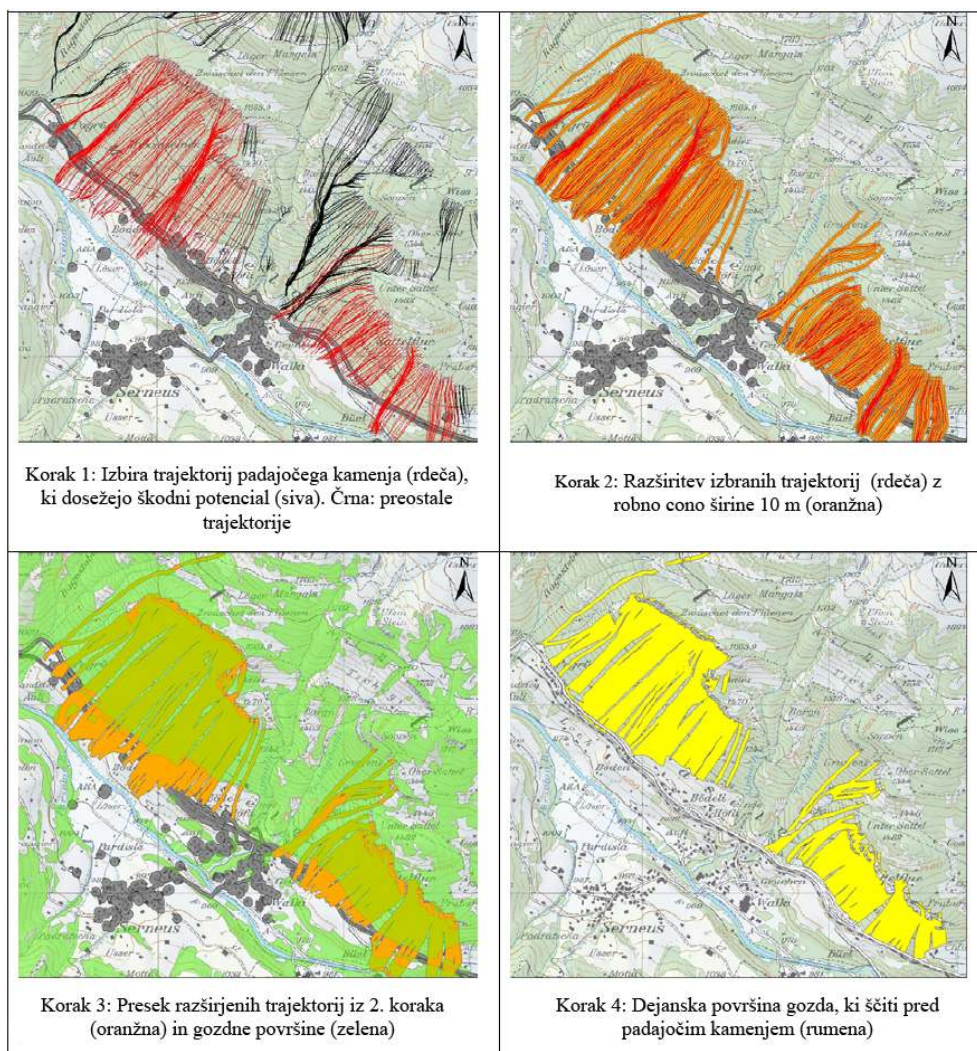
Škoda – obsega razvoj in definiranje ustreznega škodnega potenciala. Pri določanju se upošteva naslednje kategorije:

- cestno omrežje in njegova dostopnost,
- omrežje železnic in vozni red,
- bivanjska poslopja,
- industrijske in trgovinske zgradbe in industrijske cone,
- javne zgradbe,
- napeljava,
- turistična namestitvev.

Presek (križanje) – zajema prikaz rezultatov ostalih modulov (gozdne površine, nevarnosti in škode) v podatkovnem modelu in manipulacijo v GIS sistemu. Obseg nevarnosti povežemo s škodnim potencialom. Preverimo relevantnost trajektorij in območji, ki smo jih dobili z modeliranjem. Najprej prikažemo območja posameznih nevarnosti in naredimo presek z dejanskim obsegom gozda.

Sinteza – Rezultate iz prejšnjega modula pokrijemo s slojem gozdne površine za vsako

posamezno nevarnost in tako dobimo gozdne površine, ki dejansko ščitijo pred vsako posamezno nevarnostjo. Celoten potek določanja teh površin je prikazan pod sliko 5.



Slika 5: Prikaz poteka določanja gozdnih površin, ki ščitijo pred posamezno nevarnostjo (primer: padajoče kamenje) (prirejeno po: Giambonni in Wehrli, 2008: 475, 476)

### Indeks varovalnosti gozda SWI

Je definiran kot razmerje med površino škodo povzročajočih procesov v kantonu in površino škodo povzročajočih procesov na ravni celotne Švice. Posamezni procesi imajo naslednje uteži (ponderje):

proces	utež
snežni plaz	1
padajoče kamenje	1
drobirski tok	0,8
pobočni drobirski tok	0,5
plavje	0,5
poplave	0,2

#### 2.1.2.2 Faza II

V tej fazi so na podlagi izsledkov faze I razvili kriterije za izločanje varovalnih gozdov po kantonih. Cilj te faze je določiti obseg varovalnih gozdov znotraj vsakega kantona in vključiti te površine v gozdarsko načrtovanje. Cilj je dosežen preko več stopenj, začevši s predstavitvami izsledkov po kantonih in primerjave trenutnih površin varovalnih gozdov s površino varovalnih gozdov izločenih po novih kriterijih. Odzivi kantonov so bili dobri in pozitivni, glede nekaterih površin pa je vseeno prišlo do nesoglasij. Ta so pokazala na katerih področjih mora biti večji poudarek:

- 1) definicija varovalnih gozdov,
- 2) razmejitev varovalnih gozdov v skladu z državnimi kriteriji,
- 3) vpeljava standardiziranih kriterijev v kantonih.

Druga stopnja faze II predstavlja predlog usklajenih kriterijev za izločanje varovalnih gozdov, ki je predstavljen kantonom in naj bi bil končno tudi sprejet s strani FOEN do konca leta 2007.

## 2.2 DROBIRSKI TOK

V geologiji se uporablja izraz gruščnati tok (groba zrnavostna sestava) in drobirski tok, v geografiji pa blatni tok (drobnejša zrnavostna sestava), blatno-gruščnati tok in drobirski tok (Komac in Zorn, 2007).

### 2.2.1 Definicija

Drobirski tok je gravitacijski (hiperkoncentrirani) tok mešanice zemljin, hribin (skal), vode in/ali zraka, ki je sprožen z nastankom plazju pri velikem vtoku vode (Ribičič, 2000/2001). Opisali bi ga lahko kot hitro masno gibanje zemeljskih gmot ali erozijskega drobirja zaradi delovanja težnosti ob izraziti prisotnosti vode. To je nekakšen prehod od zemeljskega plazenja ali plazenja tal z manjšo vsebnostjo vode h gibanju sedimenta v hudourniških ali rečnih strugah s prevladujočo prisotnostjo vode v času nastopa hudourniških ali rečnih poplav (Mikoš, 2000/2001, cit. po Ocena ogroženosti ..., 2008).

V glavi drobirskega toka je drobir enakomerno porazdeljen po globini toka. Prostorninski delež drobirja v toku je med 35 in 70 % ter je zelo neenovite zrnavostne sestave. Grobe komponente drobirja se koncentrirajo predvsem v glavi toka. Gostota take mešanice drobirja in vode z visoko viskoznostjo leži v intervalu med  $1,6 \text{ t/m}^3$  in  $2,2 \text{ t/m}^3$  (Mikoš, 2009).

Posledica velike vsebnosti vode je velika hitrost in rušilno delovanje ter velika transportna sposobnost. Območje odlaganja je 10 do 100 krat večje od območja proženja. Drobirski tok lahko erodira dno doline in njene boke. Odlaganje oz. razlitje toka se največkrat zgodi v obliki pahljačastega razlitja, ko se strma grapa po kateri drvi, odpre v bolj ravninski svet – hudourniški vršaj (Ribičič, 2002, cit. po Sodnik, 2009).

Glede na sestavo je lahko to drobno ali grobozrnati tok, pogosto pa je mešanica drobnih in grobih zrn, ki vsebuje tudi drevje in skale premera več kot meter (Ocena ogroženosti ..., 2008).

## 2.2.2 Faze drobirskega toka

Drobirski tok poteka v treh fazah: proženje, gibanje in odlaganje.

### 2.2.2.1 Proženje

Temeljni pogoji za proženje drobirskega toka so:

- voda (padavine, taljenje snega, dotekanje s površinskimi pritoki) (Komac in Zorn, 2007). Ker se drobirski tokovi pogosto prožijo ob nevihtah oz. ekstremnih padavinah - kar je še zlasti značilno za Slovenijo (Sodnik, 2009), je merjenje le-teh pomemben faktor pri analizi proženja (Ocena ogroženosti ..., 2008)
- kamninska podlaga, ki omogoča nastajanje nevezanih prepustnih in higroskopičnih sedimentov z vsebnostjo glinenih materialov, in vzpostavlja labilnost pobočij,
- na pobočjih morajo obstajati preperinski ali sipki, nevezani sedimenti, ki so občutljivi na pobočne procese,
- naklon pobočij mora biti dovolj velik,
- obstajati mora mehanizem, ki omogoča mešanje sedimentov in vode, npr. zemeljski plaz,
- obstajati mora struga, po kateri lahko teče drobirski tok (Komac in Zorn, 2007). Mikoš (2009) navaja minimalni naklon struge 15° (27 %).
- pomanjkanje rastlinskega pokrova, ki povzroča večjo erodibilnost pobočij (gozd na plazenje vpliva le posredno z zadrževanjem vode v prsti, masa lesa pa na stabilnost pobočij ne vpliva, saj je njen delež v skupni masi gradiva zanemarljiv (Komac in Zorn, 2007).

Najpogosteje se pojavljajo na polsušnih in sušnih območjih ter v visokih gorah. Nastajajo na območjih z redkim rastlinstvom, v vlažnih predelih tudi na gozdnatih območjih.

Drobirski tok nastane, ko se dovolj velika količina vode vpije v pore med delci zemljine in se pomeša z zemeljsko maso, ki se začne gibati. V tem pojavu razlikujemo dve skupini procesov:

- Gosto zbit in povezan zemeljski blok se začne gibati zaradi določenega vzroka in je

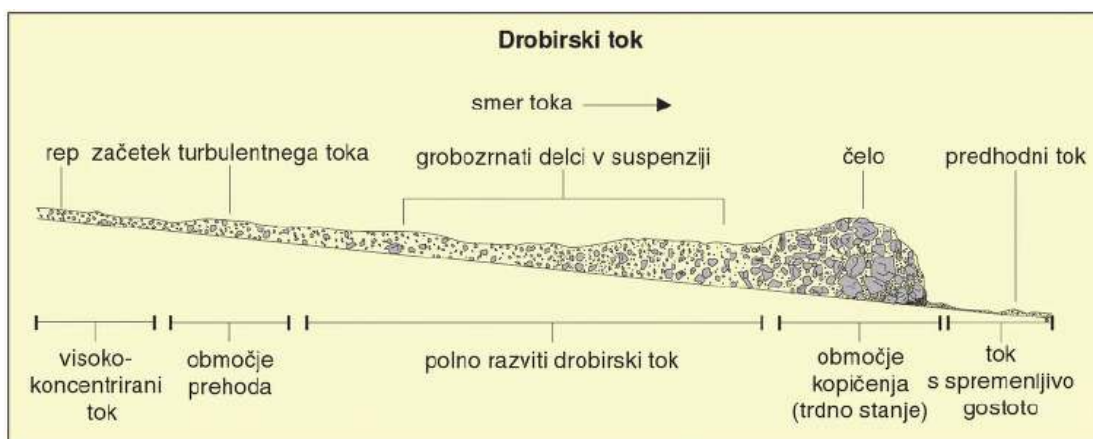
tako nepovezan, da izgubi notranjo stabilnost in začne teči. V tem primeru je potrebno po sprožitvi dodajanje novih količin vode, ker ta ne zadostuje za zasičenje novonastalih por zaradi gibanja. V to skupino spadajo naslednji vzroki nastanka:

- splazeli zemeljski blok se med gibanjem spremeni v drobirski tok,
  - porušitev naravne pregrade iz odloženih mas,
  - dno erozijskega jarka ali hudourniške struge postane nestabilno in povzroči nastanek drobirskega toka, ko se pojavi površinski vodni tok.
- Zelo porozen in nepovezan zemeljski blok se premakne, začne gibati in se preoblikuje v drobirski tok. Voda v tem primeru zadošča za zasičenje por tega bloka v gibanju. V to skupino spada blatni ali gruščnati tok, ki bi nastal iz občutljivih glin v plazini (Ocena ogroženosti ..., 2008).

#### 2.2.2.2 Gibanje

Drobirski tok lahko erodira dno in brežine ter premešča ogromne količine sedimentov. Pri drobirskih tokovih velikih dimenzij se dogaja, da erodirajo dno in naraščajo vzdolž poti. V strugi se lepo vidi erozijski rob med strugo in nedotaknjeno okolico. Na zunanjih krivinah se rob, ki nastane ob prehodu čela vala, poviša zaradi centrifugalne sile. Ta rob omogoča ocenitev in izmero pomembnih parametrov: geometrijske značilnosti in preoblikovanje struge, po kateri je tekel tok, in ocenitev hidroloških in hidravličnih značilnosti toka (hitrost, maksimalna gladina, maksimalni pretok in tlak udarnega vala ob prehodu čela).

Čelo toka vsebuje malo vode in bi ga lahko imenovali kamniti tok. Za čelom teče mnogo bolj blaten tok materiala, katerega pretok počasi upada (slika 6). Tu prihaja do značilnega valovanja ali pulziranja v pretoku s spremenljivo hitrostjo gibanja, gostoto toka in koncentracijo trdnih snovi v toku (Mikoš, 2000/2001, cit. po Ocena ogroženosti ..., 2008).



Slika 6: Prerez drobirskega toka (Zorn in Komac, 2002, po Komac in Zorn, 2002: 123)

### 2.2.2.3 Odlaganje

Večina materiala se odloži v dolinskem delu, kjer se ustvari vršaj. Lahko pa se del mase odloži tudi v krivini ali manj strmih oziroma širših delih struge. Ko se tok iz strmejše struge prelije v položnejšo dolinsko dno, se upočasni in odloži.

Glede na način gibanja jih delimo na tokove v makroviskozem režimu, prehodnem režimu ali inertnem režimu. Način gibanja določata prostorninska vsebnosti vode v mešanici sedimenta in vode in zrnastostna sestava sedimenta. Če je vode dovolj in je sediment drobnozrnat, nastane viskozna gmota vode in sedimenta, v kateri viskozne sile prevladujejo nad vztrajnostnimi silami. Posamezna bolj groba zrna so obdana z viskozno tekočino, v kateri so v vodi pomešana drobna zrna drobirja. Kadar vode ni veliko in je sediment grobzrnat, se zrna gibljejo pod vplivom težnosti tako, da se medsebojno drgnejo, trkajo in brusijo, zato pri gibanju prevladujejo vztrajnostne sile nad viskozni. (Mikoš 2000/2001, cit. po Ocena ogroženosti ..., 2008).

Eno najbolj pogostih vprašanj v zvezi z drobirskimi tokovi je vprašanje, kje lahko nastanejo. Ob tem je za načrtovanje ukrepov nujno poznati obseg (magnitudo) pojava, ki jo lahko pričakujemo (Mikoš, 1997). Magnituda drobirskega toka je celotna prostornina drobirja, sproženega v enem dogodku, ne glede na število zdrsov (Sodnik, 2005). S pomočjo ocenjenih magnitud lahko z modeliranjem gibanja drobirskih tokov ocenimo njihov doseg in pretočne hitrosti ter globine, ki jih običajno uporabimo pri ocenah

nevarnosti (Mikoš, 1997). Metode za ocenjevanje magnitude drobirskih tokov, ki so osnova za ocenjevanje ogroženosti pred tem pojavom:

- empirične metode – namenjene oceni magnitude drobirskega toka,
- morfološke metode – ocene za magnitudo toka in ocene za določitev nevarnosti delovanja drobirskega toka na hudourniškem vršaju,
- kombinirane metode – kombinacija različnih drugih metod, ki na podlagi statistične obdelave določijo odločilne parametre hudourniškega območja v obliki empirične enačbe za izračun magnitude drobirskega toka,
- računalniške metode – računalniški programi, ki upoštevajo zalogo erozijskega drobirja v obravnavanem prispevnem območju in premostitveno zmogljivost hudournika z upoštevanjem odlaganja materiala v strugi hudournika.

Za nekatere od omenjenih metod so potrebni tudi hidrološki izračuni, s katerimi dobimo celotno prostornino odtoka za nastanek drobirskih tokov relevantnih padavin (Sodnik in Mikoš, 2006; Ocena ogroženosti ..., 2008).

### **2.2.3 Razlika med drobirskimi tokovi in zemeljskimi plazovi in splazitvami**

Hitrost – za drobirske tokove so značilne relativno visoke hitrosti, ki dosegaajo od 0,5 m/s do 20 m/s. Razlika v hitrosti drobirskega toka in drobirskega plazu pa je relativno majhna. Pri drobirskem plazu vodo nadomešča zrak. Zemeljski plazovi so bistveno počasnejši in so njihove hitrosti nekaj m/leto ali celo manj.

Način gibanja – zemeljski plazovi se premikajo po drsni ploskvah in se mešanica le malo deformira. Pri drobirskem toku pa se vezi med delci med gibanjem trgajo in formirajo se nove, ki se zopet trgajo. Zmes se zaradi velikih razdalj, ki jih prepotuje, zelo deformira.

Razlike pri odlaganju – Pri odlaganju drobirskih tokov se pojavijo značilne morfološke oblike, kot so strma čela, stranski narivi in stranski tokovi, vmesne začasne ustavitve ter erozijske poglobitve strug. Praviloma so stranska območja, kjer se je odložil drobirski tok, plitvejša od tistih na sredini. Pri plazovih pa imajo narivi bistveno večjo višino (Fazarinc, 2002, cit. po Sodnik, 2009).



#### **2.2.4 Razlike med drobirskim tokom in normalnim ali prekoncentriranim vodnim tokom**

Prehodni značaj – za drobirske tokove je značilna izrazita oblika občasnega, pulzirajočega toka. Take pulzacije so sicer možne tudi pri vodnem toku, vendar ob zelo specifičnih pogojih.

Število faz toka iz hidromehanskega vidika - pri drobirskem toku je razlika med hitrostjo vode in trdnih delcev majhna, tako da se celotna masa zvezno deformira. Med tokom se mehanske lastnosti ne spreminjajo. Gre za enofazni tok viskozne mešanice. Pri prekoncentriranem toku pa je hitrost delcev, ki se kotalijo in drsijo, bistveno manjša od hitrosti vode, pri tem se trdni delci premikajo krajše razdalje. Značilnost drobirskega toka je tudi premeščanje velikih skal težkih več sto ton (Takahashi, 1980, cit. po Sodnik, 2009).

Struktura pri odlaganju – odložena zmes toka vsebuje vse značilne deleže, od vode, blata, glin in velikih skal do skalnih blokov. Vzrok je velika gostota, viskoznost in mešanje med potovanjem drobirskega toka. Pri prekoncentriranih tokovih pa je gibanje delcev odvisno od kinetične energije vodnega toka. Pri upadanju hitrosti toka se zmanjšuje premostitvena zmogljivost in se začnejo odlagati bolj grobi delci, z nadaljnjim zmanjševanjem hitrosti toka pa se odložijo še drobnejši delci (Fazarinc, 2002, cit. po Sodnik, 2009).

#### **2.2.5 Izrazoslovje in zakonodaja**

Pri upravljanju nevarnosti se v zvezi z naravnimi in drugimi nesrečami uporablja precejšnje število strokovnih izrazov:

Tako govorimo o upravljanju tveganj oz. rizičnem menedžmentu, čeprav s tveganjem dejansko težje upravljamo, lažje pa ga obvladujemo. Naravna nevarnost je potencialnega značaja in vedno nastopa v odnosu z določenim škodnim potencialom. Naravna nevarnost (potres, zemeljski plaz, drobirski tok, snežni plaz) večjega obsega se udejanji v naravni nesreči, ki ogrozi elemente prostora (ljudi, imetje) in jo spremlja večja ali manjša dejanska škoda. Zaznavanje in odnos posameznika ali skupine posameznikov ter njihov vrednostni sistem so ključ do pravilnega razumevanja tveganja, ki nastane na konfliktnih območjih.

Konfliktna območja med človekom in naravo imenujemo tudi nevarna območja, ker na njih občasno delujejo za človeka in njegovo imetje nevarni naravni procesi (Mikoš, 2007).

Preventiva temelji na principu zmanjšanja škodnega potenciala. Ker vseh človekovih dejavnosti ni mogoče preseliti na varna območja, je treba prevzeti princip obvladovanja tveganj. Posebej pomemben je pojem preostalega tveganja, ki je pri upravljanju tveganj posebej pomembno. Ne gre torej le za obvladovanje sprejemljivega tveganja, temveč tudi za preostalo tveganje ob nastopu dogodkov. Tveganja so pričakovane izgube (smrtne žrtve, poškodovanci, škoda na premoženju in ekonomski dejavnosti) zaradi določene nevarnosti za neko območje in v izbranem časovnem obdobju. Tveganje je odvisno od treh osnovnih dejavnikov: nevarnosti (N), ranljivosti (R) in vrednosti ogroženca (V) ter ga je možno matematično oceniti kot njihov zmnožek:  $T = N \cdot R \cdot V$ :

- Nevarnost je dogodek ali fizikalno stanje, ki je potencialni vzrok smrtnih žrtev, poškodovancev, škode na premoženju in/ali infrastrukturi, izgub poljščin, okoljskih škod, prekinitev poslovanja ali drugih vrst poškodb ali izgub. Magnituda pojava, verjetnost njegovega nastopa in razsežnost ter jakost njegovega učinka se lahko spreminjajo, čeprav jih je v številnih primerih mogoče predvideti ali oceniti.
- Ranljivost je značilnost človeškega obnašanja, socialnih in fizikalnih okolij, ki opisuje stopnjo dovzetnosti (ali odpornosti) za učinke naravnih nevarnosti. Ranljivost je določena s kombiniranjem zavedanja o nevarnosti, stanja človeških naselbin in infrastrukture, javne politike in administracije in organizacijske moči pri obvladovanju nesreč.
- Vrednost ogroženca je vrednost naravnih in družboslovnih elementov ter je stvar subjektivne presoje ali objektivnega ekonomskega ovrednotenja.

Zmnožek nevarnosti N in ranljivosti R iz enačbe  $T = N \cdot R \cdot V$  imenujemo tudi specifično tveganje ali ogroženost, zmnožek ranljivosti R in vrednosti ogroženca V pa škodni potencial. Iz definicije enačbe tveganja je razvidno, da je za zmanjšanje tveganja treba zmanjšati bodisi nevarnost ali škodni potencial ali oboje hkrati (Mikoš, 2007).

V Sloveniji še nimamo pravnih podlag na področju varstva pred delovanjem drobirskih tokov. Obstojta pa zakonodaja za področje poplav in erozijske problematike. V določenih

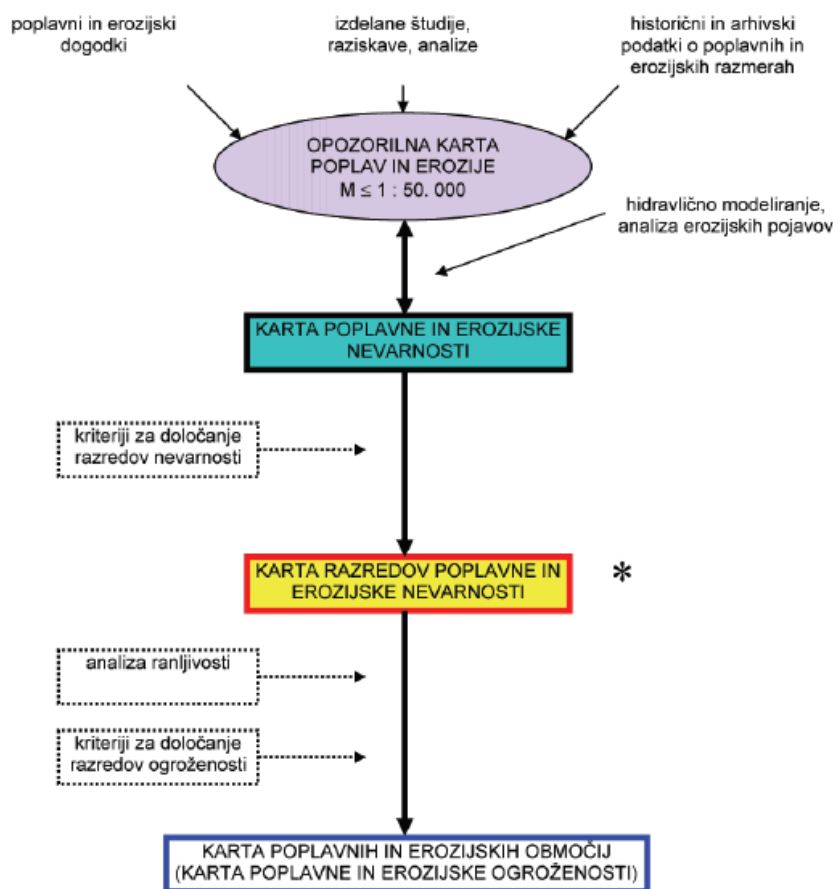
pogledih bi lahko problematiko drobirskih tokov navezali tudi na problematiko poplav in erozije, ki je že obdelana. Povod za pripravo zakonodaje s tega področja je bila poleg Zakona o vodah iz leta 2002, Direktiva 2007/60/ES Evropskega parlamenta in sveta z dne 23.10.2007. Na podlagi te direktive sta bila v Sloveniji sprejeta Pravilnik o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti (2007; v nadaljevanju Pravilnik) ter Uredba o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja (2008; v nadaljevanju Uredba) (Sodnik, 2009).

Po Zakonu o vodah (2002) je potrebno zaradi zagotavljanja varstva pred škodljivim delovanjem voda določiti območje, ki je ogroženo zaradi poplav, erozijskih celinskih voda in morja, zemeljskih in hribinskih plazov ter snežnih plazov. To so po definiciji ogrožena območja, kjer je potrebno izvajati ukrepe s katerimi zmanjšujemo ali preprečujemo ogroženost pred škodljivim delovanjem voda in odpravljamo posledice škodljivega delovanja. Na erozijskem območju je med drugim prepovedano krčenje tistih gozdnih sestojev, ki preprečujejo plazenje zemljišč in snežne odeje, uravnavajo odtočne razmere ali kako drugače varujejo nižje ležeča območja pred škodljivimi vplivi erozije. Na plazljivih območjih je prepovedano krčenje in obnova gozdnih sestojev in grmovne vegetacije, ki pospešuje plazenje zemljišč. V zakonu ni predpisanih konkretnih ukrepov za varstvo oz. preventivo.

Spremenjeni in dopolnjeni Zakon o vodah (2008) predvideva pripravo podrobnejšega načrta zmanjševanja ogroženosti pred poplavami za celotno območje RS ali za posamezna povodja in porečja na podlagi predhodne ocene stanja poplavne ogroženosti in določitve območij poplavne ogroženosti.

Po Pravilniku se poplavna in erozijska območja določijo na podlagi:

- ocene poplavne in erozijske nevarnosti (opozorilna karta)
- določitve območij poplavne in erozijske nevarnosti (karta nevarnosti),
- določitve razredov poplavne in erozijske nevarnosti (karta razredov nevarnosti) in
- ocene ranljivosti na območjih poplavne in erozijske nevarnosti (slika 7).



Slika 7: Shema postopka določitve poplavnih in erozijskih območij (\* - podlaga za določanje pogojev in omejitev v skladu z Uredbo o določitvi pogojev in omejitev izvajanja dejavnosti ali gradenj na poplavnih in erozijskih območjih) (Pravilnik o ... , 2007: Priloga 1)

Za vsako od omenjenih kategorij je zapisano, kaj mora vsebovati in na kakšen način jo določimo ter podlage za izdelavo. Gre za postopek pri katerem se najprej pripravi opozorilna karta z označenimi območji, kjer je na podlagi ocen možnost nastanka poplav in/ali erozije. Nato se določi območja pomembnega vpliva poplav in erozije, kjer je nato izdelana karta poplavne/erozijske nevarnosti. Pri mejah območij poplavne in erozijske nevarnosti se uporabijo nevarnosti pri pretoku  $Q_{10}$ ,  $Q_{100}$  in  $Q_{500}$ . Na podlagi karte nevarnosti se določi razrede nevarnosti pri čemer se v merilih za določitev razredov poplavne nevarnosti upošteva globina in hitrost vode ob pretoku  $Q_{100}$ , za določitev razredov erozijske nevarnosti pa se upošteva debelina odplavljenega oz. odloženega sloja pri pretoku  $Q_{100}$ . Tako ločimo štiri razrede nevarnosti: velika, srednja, preostala in zelo majhna nevarnost. Na območjih posameznih razredov poplavne in erozijske nevarnosti se za potrebe ocene ogroženosti posameznih elementov ali skupin izvede analiza ranljivosti. Ta obsega število izpostavljenih prebivalcev, vrsto in število izpostavljenih gospodarskih

in negospodarskih dejavnosti, določitev lokacij in opis občutljivih objektov itd. Elementi ogroženosti se razvrščajo v naslednje razrede ranljivosti: velike, srednje, majhne, zelo majhne ranljivosti. Merila za razvrščanje v razrede so v Prilogi 4 Pravilnika. S kombinacijo razredov nevarnosti in razredov ranljivosti so določeni razredi ogroženosti (slika 8). Ločimo razred velike, srednje in majhne ogroženosti.

		RAZRED NEVARNOSTI			
		velika	srednja	majhna	preostala
RAZRED OGROŽENOSTI					
RAZRED RANLJIVOSTI	velika	Ov	Ov	Os	Om
	srednja	Ov	Ov	Os	Om
	majhna	Ov	Os	Om	Om
	zelo majhna	Os	Om	Om	Om

Legenda oznak	
	majhna ogroženost
	srednja ogroženost
	velika ogroženost

Slika 8: Kriteriji za določitev razredov ogroženosti (Pravilnik o ..., 2007: Priloga 5)

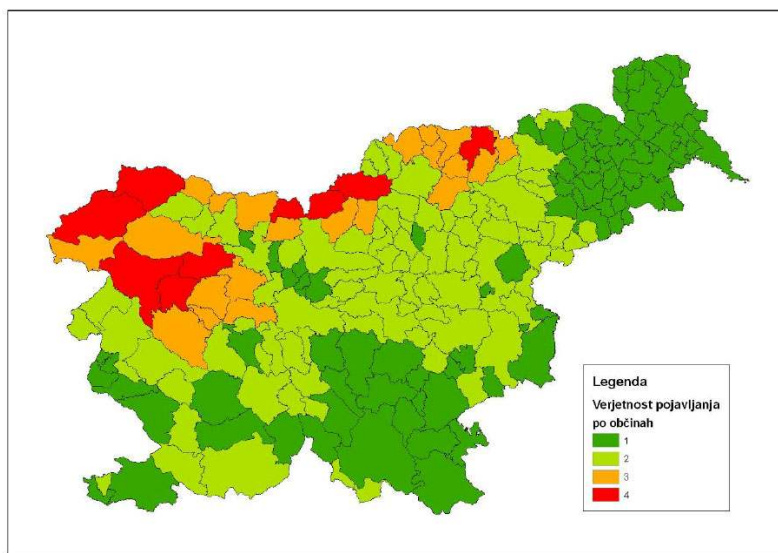
Za tako določene razrede ogroženosti so v Uredbi določeni pogoji za dejavnosti in posege v prostor. Uredba podrobno določa pogoje in omejitve za posege v prostor in izvajanje dejavnosti na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja. Poleg tega določa pogoje za posege v okolje, ki v primeru poplav in z njimi povezane erozije, lahko ogrožajo vodno okolje, ter za načrtovanje rabe prostora in preventivnih ukrepov za zmanjševanje poplavne ogroženosti.

Vsi omenjeni pravni akti ustrezno obravnavajo problematiko poplav in erozije, medtem ko problematika drobirskih tokov ni zakonsko urejena. Zaradi vse pogostejših pojavov

drobirskih tokov bi bil zato nujen samostojen zakonski akt oziroma ustrezna vključitev problematike drobirskih tokov v že obstoječe zakonske podlage.

### 2.2.6 Dosedanje delo na področju ocenjevanja ogroženosti in nevarnosti zaradi delovanja drobirskih tokov pri nas

Prva raziskava je bila izvedena v letih 2006 – 2008. Gre za ciljni raziskovalni projekt z naslovom: Ocena ogroženosti zaradi delovanja drobirskih tokov. V raziskavi je bila izvedena ocena ogroženosti zaradi delovanja drobirskih tokov na nekaterih hudourniških pritokih Save Dolinke. Na vsakem od obravnavanem hudournikov so izdelali matematični model Flo-2D. V okviru naloge se je izdelal tudi model model izpostavljenosti nastanku drobirskih tokov v Sloveniji. Rezultat tega dela raziskave je bila karta verjetnosti pojavljanja drobirskih tokov po slovenskih občinah v merilu 1: 250.000 (slika 9). Faktorji, na katerih temelji model, so predstavljeni v poglavju Metode dela, Modeliranje drobirskih tokov. Obravnavano delo je bilo tako prvo glede drobirskih tokov na državni ravni.



Slika 9: Ocena verjetnosti pojavljanja drobirskih tokov po občinah (po Ocena ogroženosti ..., 2008: 197)

Mikoš in sodelavci (2007) so določili z drobirskimi tokovi ogroženo območje Loga pod Mangartom. To delo je bila podlaga za sprejetje Uredbe o pogojih in omejitvah gradnje na območju Loga pod Mangartom, ogroženem zaradi pojava drobirskih tokov (2004). Za

določitev območja so uporabili matematično modeliranje gibanja drobirskih tokov. Pri simulacijah gibanja so kot scenarij upoštevali kombinacijo različnih prostornin aktiviranega drobirskega toka, različnih reoloških lastnosti drobirskega materiala ter obstoječo in načrtovano geometrijo ureditve vodotokov. Linije dosega čela drobirskega toka za vsako od 3 izbranih magnitud so določili kot zunanjo ovojnico najmanj ugodnih rezultatov simulacij. Tako so dobili štiri (IV) območja dosega drobirskega toka, ki so jih nato razvrstili po območjih ogroženosti:

- območje velike ogroženosti (območje I),
- območje srednje ogroženosti (območje II) in,
- območje preostale ogroženosti (območje III in IV).

Določili so tudi smernice za prepoved gradnje in za pogoje gradnje objektov v vplivnem območju delovanja drobirskih tokov za vsako območje ogroženosti (cono).

Sodnik (2009) je predlagal nekaj konceptov glede izdelave različnih tipov kart območij delovanja drobirskih tokov. Ker v problematiko opredeljeno v Pravilniku (torej poplave in erozija) delno spadajo tudi drobirski tokovi, je primerno, da se opravi pregled podobnosti in se poišče možne podobnosti pri pripravi kart nevarnosti in območij delovanja drobirskih tokov. Obdelal je predloge za izdelavo opozorilne karte za različne tipe drobirskih tokov (pobočni in hudourniški) in podrobnejše karte nevarnosti za hudourniške drobirske tokove. Karte ogroženosti ni obdelal, saj je zanjo potrebna analiza ranljivosti, ki je pri drobirskih tokovih drugačna (udarne sile in pritisk na objekte) kot pri poplavah. Kot namen opozorilne karte hudourniških drobirskih tokov smatra določanje hudournikov in njihovih vršajev, ki so ogroženi zaradi delovanja drobirskih tokov in kje je nujna nadaljnja analiza oz. izdelava kart nevarnosti. Pravilnik (2007) predvideva merilo 1:50.000 ali manjše. Poleg tega bi morala opozorilna karta za hudourniške drobirske tokove vsebovati analizo prispevnega območja in analizo hudourniških vršajev, ki morajo biti razvrščeni v potencialno ogrožene in neogrožene. Kot pomemben del analize hudourniških vršajev smatra lastnosti, ki kažejo, ali so se na tem mestu v preteklosti že odlagali drobirski tokovi. Na hudourniku Bela na Koroški Beli je s pomočjo modeliranja izdelal tudi podrobnejšo karto nevarnosti. Avtor poudari, da za izdelavo podrobnejše karte nevarnosti zaradi delovanja drobirskih tokov ne moremo vzeti enakih mejnih vrednosti globin in produkta globine in hitrosti toka kot za karte poplavne nevarnosti. Drobirski tok ima večjo gostoto

kot voda in s tem tudi večjo rušilno moč pri enaki hitrosti. Avtor predlaga naslednje mejne vrednosti:

- razred velike nevarnosti:            globina  $\geq 1,0$  m oz. globina\*hitrost  $\geq 1,0$  m<sup>2</sup>/s (rdeča),
- razred srednje nevarnosti:        globina  $\geq 0,5$  m oz. globina\*hitrost  $\geq 0,5$  m<sup>2</sup>/s  
(oranžna),
- razred majhne nevarnosti:        globina  $\geq 0,2$  m oz. globina\*hitrost  $\geq 0,2$  m<sup>2</sup>/s  
(rumena).

Od leta 2000 je bilo v Sloveniji narejenih veliko raziskav na temo drobirskih tokov. S pregledom dosedanjih drobirskih tokov in izrazoslovljem sta se ukvarjala Fazarinc in Mikoš (Fazarinc, 2002, Mikoš 2000, Mikoš in sod., 2006, Ocena ogroženosti ..., 2008) od leta 2005 dalje pa tudi Sodnik (Papež, 2011).



### 3 NAMEN IN HIPOTEZE

Namen naloge je preučiti proces drobirskega toka na obravnavanem območju. To obsega opredelitev vplivnega območja drobirskih tokov s pomočjo modeliranja in izločitev gozdov, ki poraščajo vplivna območja in opravljajo zaščitno funkcijo. Namen je analizirati strukturne značilnosti gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo in jih ovrednotiti glede na ciljne strukture (profile), ki zagotavljajo minimalno zaščito pred delovanjem drobirskega toka. Namen naloge je tudi določitev ukrepov v posameznih sestojih za približevanje dejanskega stanja strukturnih značilnosti sestojev k ciljnim strukturnim značilnostim (profilom) sestojev. Z nalogo smo želeli predstaviti modeliranje kot način za izločavanje zaščitnih gozdov in poudariti pomembnost gospodarjenja v varovalnih gozdovih s poudarjeno zaščitno funkcijo.

Cilji naloge:

- z modeliranjem prostorsko določiti mesta, kjer bi se drobirski tok lahko pojavil,
- ocenitev varovalnega učinka različnih sestojev pred drobirskimi tokovi,
- preverjanje odstopanja dejanskega stanja strukturnih značilnosti gozda od optimalnega,
- preverjanje izvedljivosti in ustreznosti gozdnogojitvenih ukrepov.

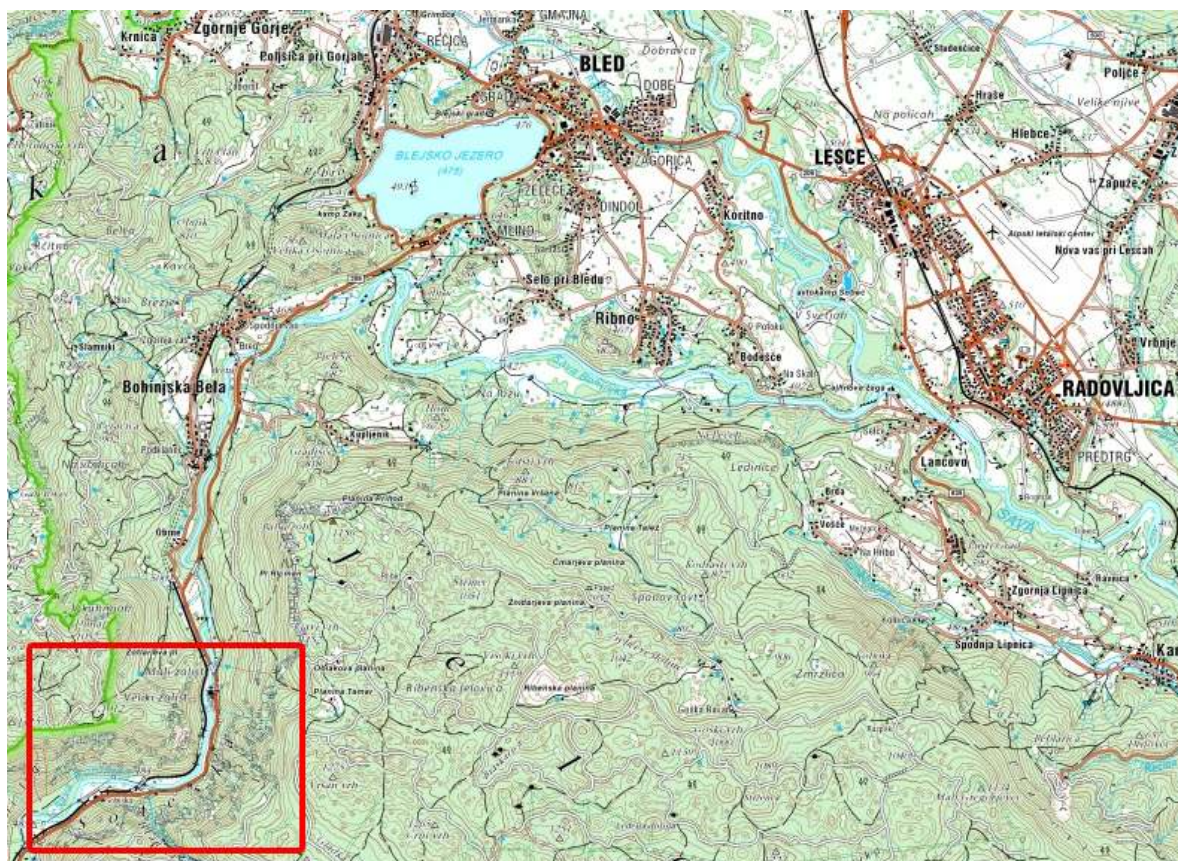
Opredelili smo naslednje delovne hipoteze:

- gojitveni ukrepi pozitivno vplivajo na varovalno in zaščitno funkcijo gozdov,
- gozdovi v preučevanem območju se zaradi negospodarjenja oddaljujejo od ciljnega stanja,
- obstoječa valorizacija varovalne in zaščitne funkcije na raziskovalnem objektu ni zadostna in jo je potrebno nadgraditi,
- neukrepanje v gozdovih, ki imajo poleg varovalne opredeljeno tudi zaščitno funkcijo, ne zagotavlja zadostne zaščite nižjeležečih infrastrukturnih objektov.

## 4 PREDSTAVITEV OBMOČJA IN RAZISKAVE

### 4.1 PROSTORSKA UMEŠČENOST OBMOČJA

Raziskovali smo varovalne gozdove Soteske med Bledom in Bohinjsko Bistrico. Preučevano območje raziskave leži med vasema Obrne in Nomenj (v katastrskih občinah: Selo pri Bledu, Bohinjska Bela in Nomenj). Razprostira se od cestnega mostu čez Savo Bohinjko pri hidroelektrani (ledinsko ime »Lip«) do kote 489 m.n.v. na ovinku pred vasjo Nomenj, ledinsko ime »Za mlako« (vir: Državna topografska karta Slovenije, 1:25 000). Objekt raziskave je omejen na pobočja levega in desnega brega Save Bohinjke, stanje na platojih desnega brega (Jelovica) in levega brega (Pokljuka) reke ni predmet obravnave. Meja Triglavskega narodnega parka poteka po robu pobočja levega brega Save (slika 10).



Slika 10: Lokacija Soteske (rdeča) (vir: Geopedia)

Pri raziskavi smo se kasneje omejili le na pobočja desnega brega Save Bohinjke. Razlog za to so bili stroški izdelave podrobnejše geološke karte, ki jo je izdelal Geološki zavod Slovenije. Izdelana karta je bila vhod za simulacijo drobirskih tokov v programu TopRunDF.

#### 4.2 LASTNOSTI OBJEKTA

Pobočja soteske se dvigajo od približno 470 m (Sava Bohinjka) do preko 1100 m, lokalno tudi 1200 m nadmorske višine. Nakloni so zelo strmi, ponekod prepadni, na vzorčnih ploskvah so se nakloni gibali od 15° do 50°. Na pobočjih desnega brega reke prevladujejo severne, severozahodne zahodne lege. Skoraj na vseh ploskvah se pojavlja tudi kamnitost in skalovitost, kar kaže na relativno plitva tla. Pobočni grušči (stara melišča) so v večini poraščeni z gozdom, le mestoma se zajedajo gruščnati jeziki, na katerih je le malo tal. Nizke temperature in velike količine padavin s svojim izpiranjem verjetno pripomorejo k počasnem nastajanju tal na takšnih površinah. V gozdnogospodarskem načrtu za GGE Jelovica (2002) je zapisano, da je matična kamenina pretežno iz apnenca in dolomita različne starosti ter pobočnega grušča. Tla so se razvila največ do stopnje organogenerendzine in moderrendzine. Na zelo strmih pobočjih v Soteski sta prisotni večinoma proto in tanglrendzina. Prevladujejo srednje globoke do plitve, močno skeletne, prhlinaste rendzine, ki so močno prekoreninjene, zelo odcedne, visoko humozne, slabo kisle, srednje do dobro oskrbljene s hranili. Na položnejših terenih se pojavljajo plitva do srednje globoka pokarbonatna rjava tla, na gruščih in morenah evtrična rjava tla, ki so ilovnata, sveža, s prhlinasto sprstenino, biološko dobro aktivna, nevtralna do kislá, dobro preskrbljena z bazami, zato so tla zadovoljive do dobre rodovitnosti (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003). Geološka karta desnega brega Soteske je predstavljena v poglavju Rezultati, Modeliranje drobirskih tokov.

V teh razmerah prevladuje združba *Anemone trifoliae-Fagetum* (bukve in trilistne vetrnice), ki porašča nadmorske višine 600 – 1200 m na pretežno strmih nagibih, na vseh legah. Je conalna združba predalpsko-alpskega fitogeografskega območja ilirne florne province. Tla pod alpskimi bukovimi gozdovi so ponavadi slabo razvita. Prevladujejo plitve do srednje globoke rendzine. Spomladi se v teh gozdovih pojavljajo trilistna

vetrnica, črni teloh in pomladansko vresje, poleti beli šaš, trpežni golšec, ciklama. Alpski bukov gozd ima stabilno biocenotsko zgradbo (Marinček in Čarni, 2002). *Anemone-Fagetum* porašča pobočja Soteske od dna do roba planote, mestoma pred robom planote prehaja v *Homogyne sylvestris Fagetum* (staro ime: *Abieti Fagetum prealpino-dynaricum*). Na velikih strminah in konveksnih legah prehaja v *Ostryo-Fagetum* (združba bukve in črnega gabra), mestoma *Ostryo-Ornetum* (združba malega jesena in črnega gabra).

Združba *Ostryo-Ornetum* je aconalna združba in jo najdemo v alpskem območju. Pojavlja se na in pod skalnimi stenami in na izpostavljenih osončenih mestih, kjer so višje temperature, prisotna je tudi na strmih bregovih Blatnega grabna. V tej združbi se črni gaber pojavlja v večjem številu kot mali jesen, ki je zastopan v manjšem deležu. Črni gaber se na teh rastiščih množično pojavlja v panjevski obliki. Ti gozdovi so vezani na ekstremne ekološke razmere. Na izrazito prisojnih pobočjih je združba trajni stadij, v ugodnejših razmerah je možna sukcesija v smeri termofilnega bukovega gozda. Bolj kot so ekološke razmere ekstremne toliko pomembnejša je njihova varovalna vloga (Marinček in Čarni, 2002).

Aconalni gozdovi bukve in črnega gabra pokrivajo v predalpskem in preddinarskem območju velike površine. Poraščajo kopaste grebene in strma, predvsem prisojna gladka pobočja, v katera so vrezani globoki jarki. Uspevajo od nižin do približno 1000 m nad morjem. Toploljubni bukov gozdovi uspevajo, v navadno humidnih razmerah Slovenije, le na izrazito prisojnih legah, kjer so posebne ekološke razmere. Biocenotska zgradba toploljubnih bukovih gozdov je precej labilna. Po večjih presvetlitvah prevladajo izrazito toploljubne vrste: črni gaber, mali jesen in druge (Marinček in Čarni, 2002). Združba *Ostryo-Fagetum* se v Soteski pojavlja kot prehodna cona iz *Anemone-Fagetum* v *Ostryo-Ornetum* ali porašča strma in ne preveč reliefno razgibana pobočja.

#### 4.3 ANALIZA PRETEKLEGA GOSPODARJENJA

Bohinjski krajini je vtisnilo neizbrisen pečat fužinarstvo. Pisni viri prvič omenjajo jelovške gozdove v letu 1004 kot del briksenške škofijske posesti. Fužinarstvo je dajalo delo rudarjem na Jelovici, Pokljuki, oglarjem in drvarjem, prevoznikom lesa in železnih

izdelkov ter samim fužinarjem. Vpliv železarstva je najbolj daljnosežen ravno v gozdovih. V času največjega pritiska na gozdove je bilo na Martinčku 500, na ostali Jelovici pa 1500 kopišč. Izsekavali so predvsem bukev, ki je dajala najkvalitetnejše oglje. V močno vrzelastih sestojih se je nato razširila paša živine, mestoma je prišlo do krčenja za pašnike in rovtne. Za gozdove je dolgo veljalo, da so neizčrpen, a težko dostopen vir lesa in oglja. Vse od leta 1381, ko je bil uveden rudarski red, oz. 1406, ko je bil uveden gozdni red, so si sledili razni ukrepi, ki so bili bolj ali manj uspešni pri regulaciji izkoriščanja gozdov. Zemljiška odveza leta 1848 ni pripomogla k zmanjševanju rabe gozdov. Po ureditvi servitutnih pravic se je družba odločila načrtno urediti gozdove. Povečane cene lesa in povpraševanje po iglavcih so zahtevali širše območje za izkoriščanje gozdov kot do takrat. Ravnatelj Kranjske industrijske družbe, ing. Lambert Pantz je razvil in patentiral žičnico za spravilo lesa – nihalko z dvema vozičkoma na eno nosilko. To je bil takrat edini možen način spravila v strminah in brezpotju. Leta 1876 je bila postavljena žičnica v Podkorita, leta 1882 pa žičnica v Blatnem grabnu. Z žičnicami so tako zajeli lesno maso na območju, odkoder so dotlej vozili le oglje (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003). V 82 letih delovanja je z Jelovice spravila okoli pol milijona m<sup>3</sup> lesa, oglja, drv in lubja. Transport lesa se je začel jeseni z nakladanjem posekanega lesa. S prvim snegom so ga vozili furmani s konji na zgornjo postajo žičnice. Kapaciteta žičnice je znašala 30 m<sup>3</sup> dnevno, po potrebi je delovala tudi ponoči. Na spodnji postaji so hlode valili po drči v Savo in jih plovili do grabelj ("gar") pri žagi v Soteski. Grablje so hlode preusmerile v kanal do industrijskega tira, kjer so jih ročno izvlekli. Po razrezu hlodov so rezan les prepeljali do železniške postaje Lesce (Veber in Budkovič, 1989). Leta 1900 je Bohinjski gozdni upravi ob reviziji trase bohinjske železnice uspelo uvrstiti železniško postajo v Sotesko (Gozdna kronika 1900), leta 1906 pa je stekel redni promet (Gozdna kronika 1906). Konkurenca v železarstvu je bila prehuda, zato je bila KID prisiljena ustaviti fužine in posestvo prodati l. 1890, po šestih letih je posestvo kupilo avstrijsko ministrstvo za kmetijstvo za Kranjski verski zaklad, ki je bil v državni lasti. Gozdovi so bili v njegovi lasti do leta 1937. Od leta 1937 do 1945 je bila lastnik Ljubljanska nadškofija (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003). Med leti 1946 in 1948 so zgradili naslednje žičnice: od oddelka 11 do Soteske, v Blatnem grabnu in od Jezerc do Soteske (Gozdna Kronika 1948). Leta 1952 je bila opuščena žaga Soteska. Obratovala je več kot 80 let, vmes je dvakrat pogorela (Gozdna kronika 1952). V drugi polovici 19. stoletja je začel prevladovati nemški vpliv s teorijo največjih donosov z

monokulturo smreke. Kolikor bukve niso uničili fužinarji, so jo načrtno preganjali novi gospodarji. Najhujša izsekavanja bukve so bila 20. in 30. leta prejšnjega stoletja. Bukev so sekali na golo, drva so izdelovali iz oblovine, iz vejevja pa še vedno oglje. Tak odnos se je nadaljeval do sredine 20. stoletja. Bukev je tako v 80-letnem obdobju izgubila 80 % svojega deleža. Po 2. svetovni vojni so postali gozdovi splošno ljudsko premoženje. Velike potrebe porušene domovine so terjale visok davek, letu 1948 so v enote Boh. Bistrica v posekali 66.000 m<sup>3</sup>, v primerjavi s prejšnjimi 20.000 m<sup>3</sup>. Z denacionalizacijo se je spet spremenilo lastništvo v enoti – z letom 1999/2000 so del gozdov že vrnil Ljubljanski nadškofiji, za ostali del vračanje še poteka. GGE Jelovica in GGE Notranji Bohinj sta bili do leta 1973 združeni v GGE Bohinjska Bistrica. Ob prvih ureditvenih načrtih, 1871 za Martinček in 1885 za ostalo Jelovico, sta bili enoti tudi teritorialno razdeljeni na oddelke in odseke po starostnih razredih, to pomeni po zastornem sistemu gospodarjenja. Sistem je pospeševal smreko, v začetku na golo, kasneje z vzgojo mladja pod zastorom starega sestoja. Nenaraven sistem gospodarjenja in nenaravna mešanost sta pogojevala pogoste katastrofe, o čemer pričajo evidence sečenj od leta 1899 naprej (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).

Podatki iz gozdnih kronik poročajo o rednih vetrolomih na tem območju. Nekateri od v gozdnih kronikah zabeleženih podatkov o Soteski so razvidni tudi v naslednjih preglednicah:

Preglednica 1: Posek po odsekih 8v, 9v, 10v ter 67a v letih 1979 – 1991

posek v odseku (m <sup>3</sup> /leto)	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1986	1987	1988	1989	1991
8V	0	0	0	0	0	664	0	0	0	0	29
9V	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
10V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1030	97
67a	52	35	29	34	85	0	51	94	109	0	17
skupaj m <sup>3</sup>	52	35	29	34	85	669	51	94	109	1030	143

Preglednica 2: Posek po odsekih 8v, 9v, 10v ter 67a v letih 1992 – 2009

posek v odseku (m <sup>3</sup> /leto)	1992	1994	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2005	2009	skupaj m <sup>3</sup> (1979-2009)
8V	0	0	15	9	0	0	13	0	0	15	31	776
9V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	30	70
10V	0	246	0	0	341	0	0	0	0	0	0	1714
67a	21	0	13	0	50	41	66	32	70	41	12	852
skupaj m <sup>3</sup>	21	246	28	9	391	41	79	32	70	91	73	3412

Podatke o realiziranem poseku po odsekih ima Zavod za gozdove (OE Bled) tudi v digitalni obliki in sicer od leta 1979 dalje. Pri pregledu podatkov o realiziranem poseku po odsekih je v nekaterih letih prišlo do odstopanj med digitalnimi podatki in podatki iz opisov sestojev (E4 obrazci) starih načrtov. Tako je npr. v opisu odsekov starega načrta za Jelovico v odseku 8v v letu 1984 zabeležen posek 615 m<sup>3</sup> lesa, medtem ko v digitalni obliki v tem letu in odseku ni zabeležene sečnje. Poleg tega je problem pri primerjavi podatkov iz odsekov, saj so bili obravnavani oddelki v preteklosti razdeljeni na več odsekov kot danes, npr. oddelek 9 je bil razdeljen na odseke a, b, c, d, e, f in v.

Površine odsekov in preračunan posek na leto:

- 8v: 39,3 ha – 0,64 m<sup>3</sup>/ha/leto,
- 9v: 42,2 ha – 0,05 m<sup>3</sup>/ha/leto,
- 10v: 49,3 ha – 1,12 m<sup>3</sup>/ha/leto,
- 67a: 34,7 ha – 0,79 m<sup>3</sup>/ha/leto,

Podatki kažejo zelo nizke intenzitete sečenj. V nobenem izmed odsekov posek ni dosegel povprečnega letnega prirastka. Pri večini zabeleženih posekov (Preglednica 1,2) gre po podatkih iz opisov odsekov za sanitarno sečnjo po vetrolomih.

#### 4.4 FUNKCIJE GOZDOV V SOTESKI

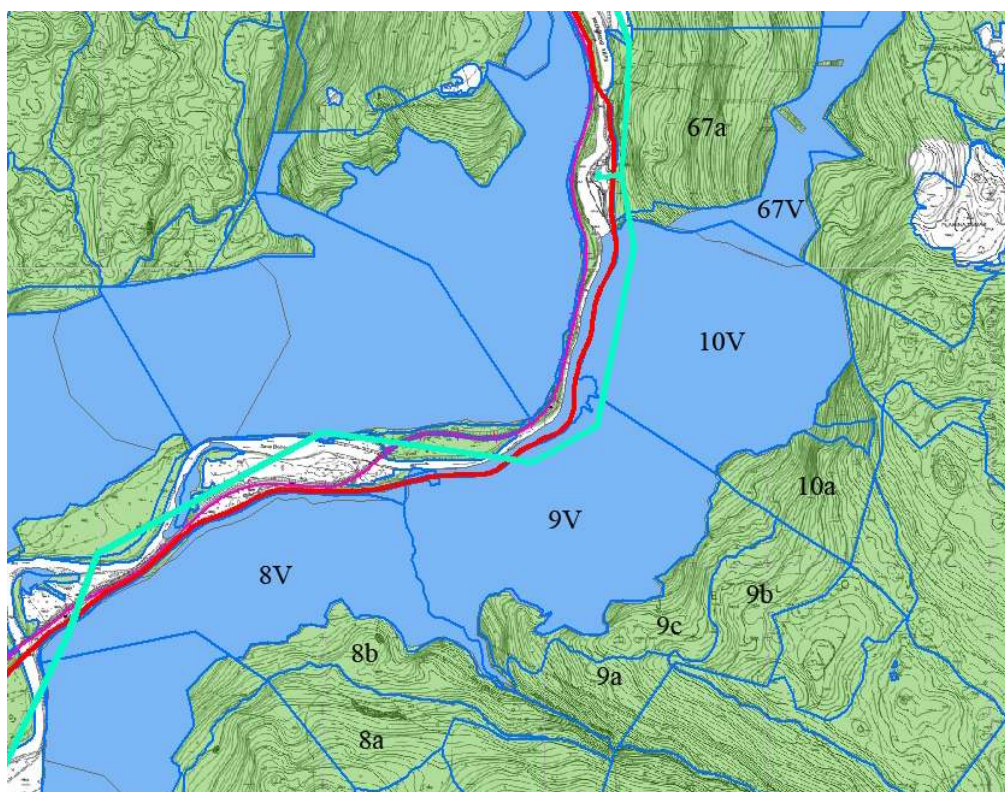
Na konkretnem objektu raziskave se nahajajo oddelki 8, 9, in 10, gozdnogospodarske enote Jelovica ter oddelek 67 gozdnogospodarske enote Radovljica - desni breg Save. Vsi oddelki so razdeljeni še na odseke (slika 10):

- Oddelek 8: odseki a, b in v,



- Oddelek 9: odseki a, b, c in v,
- Oddelek 10: odseka a in v,
- Oddelek 67: odseka a in v.

Odseki a, b in c so gospodarski gozdovi, ki so večinoma omejeni na planoto Jelovice oz. v primeru manjših naklonov segajo tudi preko roba planote. Odseki z oznako "v" so varovalni gozdovi na pobočjih Soteske. Izjema je odsek a oddelka 67, ki je na pobočju, nad njim pa pod skalno steno leži odsek v. Odseki z oznako "v" imajo prvo stopnjo poudarjenosti varovalne funkcije in s tem določajo način gospodarjenja, zato je redna sečnja v teh gozdovih prepovedana. Nad njimi, torej v odsekih a, b in c ima gozd varovalno funkcijo druge stopnje in s tem vpliva na način gospodarjenja. Na meji med oddelkoma 8 in 9 je stalni potok Blatni graben, ki priteče iz visokogorskega barja Za Blatom in se izliva v Savo Bohinjko.



Slika 11: Varovalni gozdovi (modra) po načrtu za Gozdnogospodarsko območje Bled 2001 – 2010 in odseki desnega brega Soteske, ki so predmet obravnave.



Gozdovi v neposredni bližini Blatnega grabna imajo prvo stopnjo poudarjenosti, varovalni gozdovi Soteske pa drugo stopnjo poudarjenosti hidrološke funkcije. V Soteski se pojavlja še funkcija ohranjanja biotske raznovrstnosti in varstva naravnih vrednot na nahajališču linejevke (*Linea borealis*) v odseku 8v ter v naravnem rezervatu Za Blatom (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003). Funkcijo varovanja kulturne dediščine predstavlja Pantzova žičnica kot kulturni spomenik državnega pomena, saj je, kot taka edina ohranjena v Sloveniji in tudi v svetu (Vilman, 2003).

Zadnji načrt (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003) za varovalne gozdove Soteske označuje samo varovalno funkcijo, kljub temu, da ima gozd tudi zaščitno vlogo. Kot zaščitni gozd je opredeljen manjši del gozda v bližini vasi Nomenj, ki pa na sliki 11 ni viden. Skupna dolžina cestnih odsekov v Soteski, ki so ogroženi zaradi padajočega kamenja in drobirskih tokov je 4,5 km cest ter 1,9 km železniške proge. Načrtovalci OE Bled zatrjujejo, da bodo v načrtu za novo desetletje na karti funkcij posebej izločeni tudi gozdovi s poudarjeno zaščitno funkcijo.

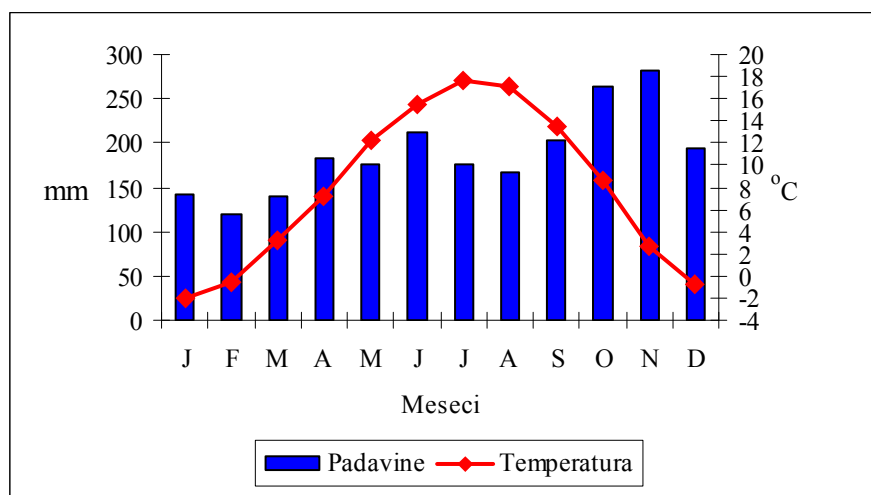
Gozdnogojitveni cilj za gospodarski razred Varovalni gozdovi opredeljuje stabilen raznomen naraven gozd, ki ga gradijo stabilna, zdrava, odporna drevesa in gozdni sestoji. Torej gozd, ki je sposoben trajnega malopovršinskega pomlajevanja, in zagotavlja poleg varovalne tudi druge funkcije.

#### 4.5 KLIMATSKE ZNAČILNOSTI

Osnovna značilnost vremena v Sloveniji je njegova velika prostorska in časovna spremenljivost in nepredvidljivost (Ogrin, 2002). To še posebej velja za njen severozahodni gorati del. Vzroka za tako spremenljivost vremena sta reliefna razčlenjenost površja in geografska lega. V zmernih geografskih širinah se pogosto menjavajo vplivi atmosferskih front ter območij visokega in nizkega zračnega pritiska. Posledica močne razčlenjenosti reliefa pa so lokalne vremenske razlike (Koren, 2005).

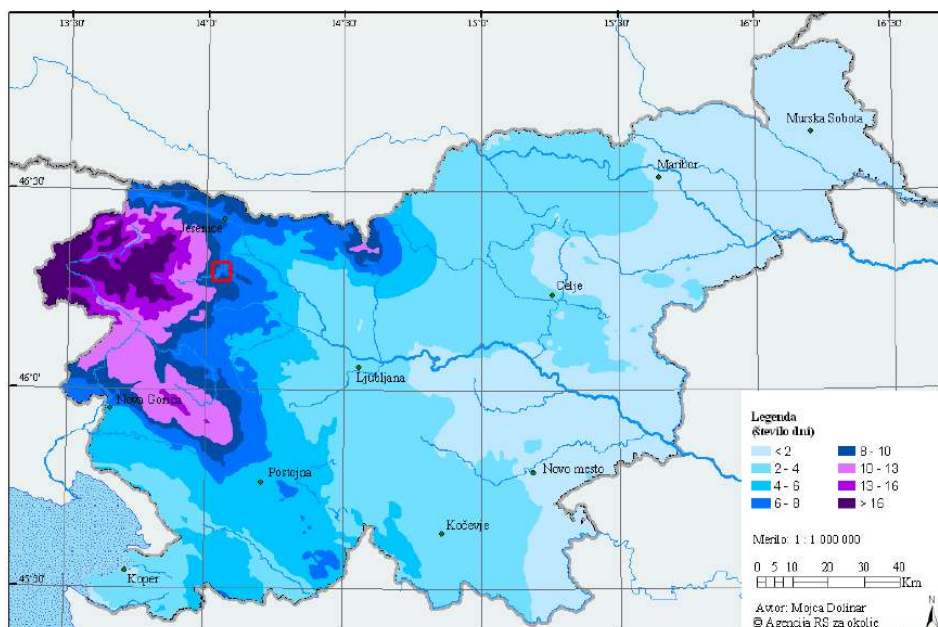
Klima širšega območja ima karakteristike alpskega in predalpskega sveta. Soteska in Bohinjska dolina kot gorski dolini po Ogrinovi (2002) razdelitvi spadata v gorsko podnebje nižjega gorskega sveta. Za gorski svet zahodne Slovenije je značilna velika namočenost (1600 do preko 3500 mm padavin letno) in submediteranski režim z viškom v jeseni. V Soteski prevladuje hladen in vlažen zrak z veliko količino padavin. Število dni, s padavinami vsaj 1 mm dnevno, je v tem delu države preko 140 (Poročilo, 2006). Letno povprečje padavin za klimatološko postajo Stara fužina znaša 2261 mm (povprečje 1971 – 2000). Opazna sta dva padavinska maksimuma in sicer pozno spomladi oz. v začetku poletja (junij) ter v jeseni (oktober, november). Najmanj padavin je v januarju, februarju in marcu. Povprečna temperatura najhladnejšega meseca (januar) je  $-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , najtoplejšega (julij) pa  $17,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Povprečna letna temperatura je  $7,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Klimatološka postaja Stara fužina se nahaja na nadmorski višini 547 mm. Podatki so razvidni iz klimatograma, slika 12.

Predpostavka za nastanek drobirskih tokov je zadostna količina hudourniške vode, ki nastane z zaježitvijo površinsko tekoče vode ali pogosteje, močnih lokalnih padavin (Mikoš, 2009). Ravno slednje, torej močnejši padavinski dogodki, ki se pojavljajo pogosteje kot v ostalem delu Slovenije, je značilno za Alpski svet zahodne Slovenije. Gre za visoke maksimalne dnevne količine padavin. V Bohinju je bila tako izmerjena najvišja dnevna količina padavin v Sloveniji, v 24. urah je padlo kar 400 mm dežja. Prisotni so padavinski dnevi s tudi preko 200 mm, prav tako niso redki dnevi s 100 mm padavin dnevno (Kajfež-Bogataj, 1996).



Slika 12: Klimatogram za merilno postajo Stara fužina za obdobje 1971 – 2000.

Zadnji izjemen padavinski dogodek se je zgodil 18. septembra 2007. Iz podatkov najbližje meteorološke postaje, ki beleži urne vrednosti padavin, v Bohinjski Češnjici, je razvidno, da je celotna dnevna količina padavin 287 mm, padla v le 15 urah, od 4. ure zjutraj do 21. ure zvečer. Največja 30-minutna, urna in dvourna višina padavin znašajo 58, 95 in 132 mm. V Gorjušah, Soteski najbližji meteorološki postaji, je v tem dnevu padlo 247 mm padavin (Meteorološko poročilo ..., 2007).



Slika 13: Prostorska porazdelitev števila dni s padavinami nad 50 mm v obdobju 1971-2000. Z rdečo barvo je označeno območje Soteske (Poročilo, 2006).

Intenzivne padavine nastajajo ob hitrem ali dolgotrajnem dviganju vlažnega in toplega zraka (slika 13). Razmere, ki povzročajo dviganje zraka, se izoblikujejo ob različnih vremenskih situacijah:

- Termične nevihte: spomladi in poleti, ob sončnem vremenu, se zrak pri tleh segreva in v nestabilnem ozračju hitro dviga. Tako lahko nastanejo izredno močne a kratkotrajne nevihte. Nevihtne celice so krajevnega izvora, manjšega obsega in padavine zajamejo le majhna območja.
- Frontalne nevihte: ob prehodu hladnih front se formirajo skupine nevihtnih celic nekoliko večjega obsega. Nalivi trajajo dalj časa in zajamejo večje območje. Čas trajanja padavin je odvisen od hitrosti prehoda hladne fronte.
- Ciklonske padavine nastanejo zaradi dviganja zraka v območju nizkega zračnega pritiska. Ponavadi so dolgotrajnejše a ne tako intenzivne kot pri nevihtnih oblakih.
- Orografske padavine se pojavijo pred prihodom hladne fronte. Topel in vlažen zrak se prisilno dviga ob gorskih ovirah. Padavine so ponavadi intenzivne in dolgotrajne. Najizdatnejše so pozno jeseni (Mohorič, 2001, cit. po Koren, 2005)

Sončno obsevanje je pomemben klimatološki in vegetacijski faktor. Vpliva na temperaturne razmere nekega območja, konvekcijo ter temperaturne lastnosti rastišč. Pri lokalnih razmerah je od reliefnih dejavnikov z vidika sončnega obsevanja zelo pomembna ekspozicija pobočij in njihov naklon (Ogrin, 2002). V Soteski so tako dobro razvidne temperaturne razlike zaradi različne obsevanosti kot posledica razlik med ekspozicijami desnega in levega brega doline. Na levem bregu, kjer prevladuje južna lega, so termofilne združbe zastopane z večjimi površinami kakor na desnem bregu, kjer se te združbe pojavljajo le na bolj izpostavljenih mestih. Po Ogrinu (2002) ima glede sončnega obsevanja najslabše razmere gorski svet, zlasti severozahodni del Slovenije, kjer sonce sije od 1500 do 1800 ur letno; Stara fužina – 1515 ur letno (Poročilo, 2006). Zaradi razvoja konvektivne oblačnosti so slabo osončena poletja, nasprotno pa imajo gorski vrhovi zelo sončne zime. Znotraj gorskega sveta imajo najneugodnejše razmere kotline (npr. Bohinjska), ki ji pozimi skrajšuje sončno obsevanje radiacijska megla, poleti pa konvektivska oblačnost (Ogrin, 2002).

#### 4.6 DOGODKI NA CESTI V SOTESKI

Drobirski tokovi predstavljajo neposredno nevarnost prometu na relaciji Bled – Bohinjska Bistrica. Obremenjenost ceste kažejo podatki štetja prometa za zadnjih enajst let (2000-2010). Merilna postaja pri Bohinjski Beli je v teh letih zabeležila povprečni prehod 3766. vozil dnevno (Štetje, 2000-2010).

Zaradi posledic izjemnih padavinskih razmer dne 18. 9. 2007 sta bila v Soteski med hudourniški nanosi ujeta avtobusa, trije tovornjaki in 15 do 20 osebnih vozil. Na enemu od avtobusov je bilo 21 petošolcev. S stroji GP Bohinj in občinskega režijskega obrata se je začelo ob 19. uri reševanje ujetih ljudi (47) v Soteski. Zaradi plazov na cesti se je ves promet preusmeril čez Pokljuko, uničena je bila tudi železniška proga. Sanacija ceste se je začela naslednje jutro (Bohinjske Novice, 2007) (slika 14).



Slika 14: Čiščenje hudourniškega materiala na cesti v Soteski septembra 2007 (foto: Aleš Zdešar)

V pismu Ministrstva za promet, Direktorata za ceste občini Bohinj z dne 13.12.2007 je v opisu sanacij z vrednostmi del navedena tudi Soteska. Omemba se nanaša na večji plaz, kjer so odstranili 15.000 m<sup>3</sup> splazelega materiala ter nekaj manjših nanosov na celotnem odseku ceste. Vrednost del je znašala 131.628 €. Zapisano je tudi, da bo potrebna sanacija dveh uničenih podpornih zidov in zavarovanje dveh brežin, za katere bo izdana prometna dokumentacija v letu 2008. Skupna vrednost predvidenih sanacij je bila ocenjena na 500.000 € (Vidic, 2007).

V odgovoru Direkcije RS za ceste na vprašanja o morebitnih kronoloških zabeležbah dogodkov na cesti v Soteski, so zapisali, da so bili v zadnjih dvajsetih letih, poleg dogodka 18. 9. 2007, dvakrat zaznani nanosi hudourniškega materiala in potrebno čiščenje nanosov v prepustih, vendar natančnejši kronološki podatki o tem ne obstajajo (Škulj, 2011).

## 5. METODE DELA

Postopek dela je potekal v sledečem vrstnem redu:

1. Zakoličba in popis ploskev na terenu ter sočasen podroben opis sestojev.
2. Analiza podatkov pridobljenih na terenu.
3. Modeliranje drobirskih tokov in analiza. Z modeliranjem so bila pridobljena vplivna območja drobirski tokov. Labilna mesta višje na pobočju, kjer bi z veliko verjetnostjo lahko prišlo do proženja drobirskih tokov smo označili kot mesta nastanka drobirskih tokov.
4. Opis sestojev po metodi NaiS.
5. Analiza podatkov in interpretacija rezultatov.

### 5.1 TERENSKA IZVEDBA

Raziskovalne ploskve smo postavili na levi in desni breg Save Bohinjke. Gozdnih sestojev na platojih desnega brega (Jelovica) in levega brega (Pokljuka) reke nismo obravnavali. Točke smo poimenovali tako, da prva črka »S« pomeni Soteska, druga črka pa je »L« za levi breg oziroma »D« za desni breg, sledi zaporedna številka ploskve. Ploskve smo trajno zakoličili s kovinsko palico na katero smo navezali plastični trak z oznako ploskve. Središču ploskve najbližjemu drevesu smo okoli debla privezali plastičen trak z oznako ploskve. Koordinate ploskev smo tudi posneli z GPS napravo. V diplomski nalogi smo se pri kasnejši analizi drobirskih tokov zaradi stroškov omejili le na večji del desnega brega, medtem ko levi breg ni bil predmet obravnave.

#### 5.1.1 Popis ploskev

Meritve in opise smo opravili na skupno 47 raziskovalnih ploskvah, 21 na levem in 26 na desnem bregu. Raziskovalne ploskve so krožne oblike, površine 5 arov (premera 12,62 m). Ploskve so bile postavljene na mreži 200 x 200 metrov. Za izhodiščno točko smo uporabili točko mreže stalnih vzorčnih ploskev ZGS OE Bled. V primeru, da je bila originalna lokacija točke na območju daljnovoda ali v nedostopnem skalovju oz. jarku, smo točko prestavili za 50 ali 100 m in s tem zagotovili zadostno število ploskev za potrebe raziskave.

Na vsaki ploskvi smo ocenili splošne značilnosti terena:

- naklon ( $^{\circ}$ ), ekspozicijo (N, NNE, NE, ..), kamninsko podlago, mezorelief (konkavno, konveksno, ravno), makrorelief (pobočje, ravnina,...),
- kamnitost (% pokrovnosti tal), skalovitost (% pokrovnosti tal),
- pokrovnost zeliščnega sloja (% pokrovnosti tal), pokrovnost spodnjega, srednjega in zgornjega sloja (% pokrovnosti tal),
- nadmorsko višino (m) ter GPS koordinate (x,y).

Obrazec za popis ploskev – priloga A

Pri popisovanju dreves, kjer smo zajeli vso živo drevje s prsnim premerom  $\geq 10$  cm, smo se omejili na naslednje znake:

- drevesna vrsta, azimut ( $^{\circ}$ ), razdalja drevesa od središča ploskve (m), prsni premer v višini 1,3 m (cm),
- ocena stabilnosti (1 – dobra, 2 – zadovoljiva, 3 – slaba),
- število manjših poškodb ( $< 10$  cm<sup>2</sup>), število večjih poškodb ( $> 10$  cm<sup>2</sup>),
- maksimalna globina poškodbe (mm), število skal, ki jih je drevo zadržalo in maksimalno dimenzijo (a x b x c v cm) zadržanih skal.

Obrazec za popis ploskev – priloga A

Pri delu smo uporabljali kompas znamke SUUNTO, DBH meter, elektronsko napravo Vertex (model: Laser VL402), proizvajalca Haglöf in GPS napravo Garmin 60CSx. Z napravo Vertex smo merili razdalje od središča do posameznega drevesa, višino dreves ter višino začetka krošnje in naklon terena.

Na vsaki ploskvi smo tudi ocenili število mladja po drevesnih vrstah in sicer v dveh velikostnih razredih: 1. razred,  $10 \text{ cm} \leq H < 1,3 \text{ m}$  in 2. razred,  $1,3 \text{ m} \leq H$  in prsni premer  $< 10$  cm. Trem središču ploskve najbližjim drevesom smo izmerili tudi višino in dolžino žive krošnje. Na vsaki ploskvi smo kvalitativno ocenili mrtvo drevesno maso in druge posebnosti (npr. vrzeli, vzroki odmrtnosti ipd.).



### 5.1.2 Opis sestojev in značilnosti terena

Pri prehodih med ploskvami smo opravili podrobne opise gozdnih sestojev (poudarek je bil na ocenjevanju stabilnosti sestojev), beležili spremembe v geomorfologiji terena, kartirali izvore padajočega kamenja in izrisovali morebitne hudourniške struge, v preteklosti prisotne drobirske tokove in prisotnost hudourniško vodonosnega materiala (t.j. nasutja kamnitega materiala). Izvore padajočega kamenja, hudourniške struge in druge pojave smo kartirali ob vseh prehodih iz točke do točke. Pri opisu sestojev smo ocenjevali stabilnost sestojev (1 – dobra, 2 - zadovoljiva, 3 – slaba), drevesno sestavo (delež posameznih drevesnih vrst v lesni zalogi), debelinsko strukturo po številu dreves po razširjenih debelinskih stopnjah (A – 10 do 30 cm, B – 30 do 50 cm, C – nad 50 cm), simetričnost krošenj, zakoreninjenost, nagnjenost in druge posebnosti.

Obrazec za popis sestojev – priloga B

### 5.1.3 Opis NaiS sestojev

Sestoje smo opisali tudi po metodi NaiS (Frehner in sod., 2004), ki je podrobneje opisana v poglavju Pregled literature in poglavju Rezultati, razdelek Sestoji, NaiS setoji in ukrepanje. Pri izbiri ustreznih rastišč predstavlja problem delna nekompatibilnost (poenotnih) švicarskih in slovenskih rastišč, zato je za ugotavljanje ciljnega stanja določenega rastišča potrebna previdna izbira rastišč iz NaiS. Poleg tega je conacija gozdnih tipov v Švici pomaknjena v višje nadmorske višine. NaiS povzema klasifikacijo rastiščnih tipov po viru Ellenberg in Klötzli (1972). Kot najbolj primerno (podobno) rastišče za *Anemone-Fagetum*, ki se pojavlja v Soteski smo izbrali rastišče 12a - *Mercuriali-/Cardamino-Fagetum typicum*, za rastišče *Ostryo-Fagetum oz. Ostryo-Ornetum* pa smo po Ellenbergu in Klötzli (1972) izbrali 37 - *Fraxino orni-Ostryetum*.

Obrazci za popise NaiS sestojev v kombinaciji z drobirskimi tokovi so pod prilogo E in F.

## 5.2 ANALIZA PODATKOV

### 5.2.1 Izračun sestojnih parametrov

Obdelavo na terenu zbranih podatkov smo izvedli s programom Microsoft EXCEL 2003.

V diplomski nalogi smo se omejili le na desni breg, saj zaradi stroškov pri kasnejši analizi drobirskih tokov, te ni bilo mogoče izvesti na obeh bregovih.

Splošno podobo gozda smo dobili z analiziranjem podatkov pridobljenih iz vzorčnih ploskev.

Izračunali smo porazdelitev števila dreves po debelinskih stopnjah. Drevesno sestavo smo prikazali z debelinsko strukturo po številu dreves ter lesni zalogi, pri čemer smo lesno zalogo izračunali s pomočjo Čoklovih vmesnih tarif. Tarife smo določili s pomočjo višin, ki smo jih izmerili trem najbližjim drevesom na vsaki ploskvi. Izračunana debelinska stopnja v kateri smo izračunali povprečno višino je bila 7. Za listavce smo uporabili 7. tarifni razred (V7), pri iglavcih pa smo uporabili 8. tarifni razred (V8). Izračunali smo povprečno število dreves, povprečno temeljnico in lesno zalogo na hektar površine in njihove standardne odklone. Izračunali smo tudi povprečno število mladja na ha. Vse podatke smo preračunali na hektar. Opravili smo tudi analizo stabilnosti dreves po drevesnih vrstah. Dimenzijsko razmerje (R) smo izračunali kot razmerje med višino in premerom drevesa:

$$R = \frac{h(cm)}{DBH} \quad \dots(1)$$

### 5.2.2 Modeliranje drobirskih tokov

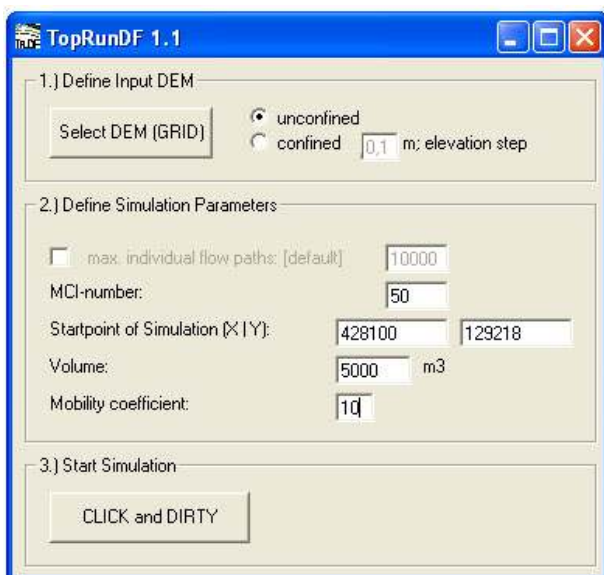
Modeliranje drobirskih tokov smo izvedli z modelom Top Run Debris Flow (TopRunDF), verzija 1.1, katerega avtor je Christian Scheidl (2009). Model je prosto dostopen na spletu in je t.i. Open Source Software, kar pomeni, da je brezplačen in ga lahko vsak uporabnik spreminja po lastnih željah. Model je orodje za dvodimenzijsko simulacijo faze odlaganja

drobirskih tokov na hudourniških vršajih. Cilj je določanje ogroženih območij zaradi odlaganja drobirskega toka na območju hudourniškega vršaja (Scheidl, 2009).

Razlog za izbiro tega modela je relativno enostavna uporaba v primerjavi z bolj zahtevnimi modeli, pri katerih je potrebno poglobljeno znanje hidravlike, hidrologije in poznavanje reoloških karakteristik drobirskih tokov.

Potrebni vhodni podatki za izvedbo simulacije (slika 15) so:

- digitalni model reliefa (t.i DMR) in
- simulacijski parametri:
  - število Monte Carlo iteracij ("MCI number"),
  - začetna točka simulacije odlaganja drobirskega toka (x,y) ("Startpoint of simulation"),
  - magnituda (prostornina) drobirskega toka v m<sup>3</sup> ("Volume"),
  - mobilnostni koeficient ("Mobility coefficient")



Slika 15: Program TopRunDF z vnesenimi parametri

Podrobnosti glede izbire in vpliva posameznih parametrov so podane v Rezultatih v razdelku Občutljivostna analiza modela TopRunDF.

Kratka razlaga vhodnih parametrov :

Uporabljena podlaga za simulacijo je digitalni model reliefa (t. i. DMR oz. DMV) ločljivosti 12,5 m, ki smo pridobili od Geodetske uprave RS.

MCI določa lateralno razlivanje drobirskega toka. Povečevanje MCI se odraža z izrazitim širjenjem površine razlivanja drobirskega toka (Scheidl, 2009). Na podlagi testiranja smo izbrali  $MCI = 50$ .

Mobilnostni koeficient sta Scheidl in Rickemann (2009) določila empirično in sicer preko ugotovljene korelacije med dejanskim mobilnostnim koeficientom  $k_{Bobs}$ , povprečnim naklonom vršaja  $S_f$  in povprečnim naklonom hudourniške struge  $S_c$ . Mobilnostni koeficient lahko tako ocenimo kot:

$$k_{Bobs} = 5,07 S_f^{-0,10} S_c^{-1,68} \quad \dots(2)$$

Naklon v enačbi mora biti podan absolutno (npr. 30 % = 0,30). S programom ArcMap smo z orodjem "Spatial analyst tools" (surface - > slope) izdelali karto naklonov in ocenili povprečni naklon struge in povprečni naklon vršaja. Pri izračunanem koeficientu avtor predlaga varnostni faktor (povečanje za faktor 2).

Magnitudo drobirskega toka je ocenil Geološki zavod Slovenije (dalje GeoZS). Na podlagi terenskega pregleda in kartiranja so ocenili količino razpoložljivega labilnega materiala. Magnitudo je težko oceniti, zato je ocena intervalna in znaša npr. 1000 – 5000 m<sup>3</sup>, v izrednih primerih bi magnitude lahko tudi presegle 10 000 m<sup>3</sup>. Pri modeliranju smo uporabili magnitudo 5000 m<sup>3</sup>. Dejstvo je, da gre ob proženju z območij nastanka verjetno za manjše količine, vendar pa je na pobočju veliko grušč, ki bi se zlahka mobiliziral in s tem povečal magnitudo, ki se odloži na vršaju. Verjetnost, da bi se naenkrat mobilizirala celotna »melišča« je zelo majhna, pač pa se gruščnati material običajno premešča vzdolž grap po katerih občasno (močnejša deževja) teče hudourniška voda.

Kot začetne točke simulacije smo uporabili:

- Vrh hudourniškega vršaja, kjer se začne faza odlaganja drobirskega toka. Ta način smo uporabili za prikaz dejanskega odlaganja drobirskega toka,
- labilna mesta višje na pobočju, kjer bi z veliko verjetnostjo lahko prišlo do proženja drobirskih tokov. Ta način smo uporabili pri pripravi opozorilne karte drobirskih tokov.

Vsak od načinov je podrobneje opisan v nadaljevanju. Princip delovanja modela je takšen, da onemogoča vnos večjega števila začetnih točk (koordinat) drobirskega toka. To pomeni, da je potrebno za vsak hudournik oz. vršaj izvesti simulacijo posebej.

Rezultat simulacije so tri datoteke:

- Excel datoteka ("CADresults.xls") v kateri so podatki o: izračunani in simulirani površini odlaganja nanosov, izračunana višina nanosov ter vhodni parametri,
- raster datoteka "depo", ki prikazuje površine odlaganja (izteka) in debelino odloženega materiala v vsaki celici in
- raster datoteka "msc", ki prikazuje preplavljene površine in verjetnost za preplavitev v sosednje celice (Scheidl, 2009)

S programskim orodjem ArcMap smo po simulaciji odprli podlago, torej digitalni model reliefa ter datoteko "depo" in/ali "msc". Ti datoteki sta v ASCII formatu, zato smo ju morali pretvoriti v rasterski format. To smo storili z ArcMap orodjem "Conversion tools" za pretvorbo formatov datotek. Rezultat je tako dvodimenzionalni prikaz odloženega drobirskega toka ter morebitne preplavitvene površine hudourniških vršajev.

Kot že omenjeno zgoraj, smo simulacije odlaganja – površin in globine odloženega materiala, pridobili iz datoteke "depo", pri čemer smo kot začetek simulacije uporabili vrh posameznega vršaja. Uporabljen model se uporablja le za simuliranje faze odlaganja drobirskega toka, ne pa celotne poti, ki jo drobirski tok opravi od mesta proženja do končnega mesta odlaganja. Hudourniški drobirski tok se torej razlije na mestu prehoda iz hudourniške struge v vršaj. Točne lokacije mest odlaganja smo izpeljali iz geološke karte, ki jo je po naročilu izdelal GeoZS. Na geološki karti so natančno kartirana območja

pobočnih nanosov (koluvijev).

### 5.2.2 1 Priprava opozorilne karte drobirskih tokov

Pri pripravi opozorilne karte smo kot začetne točke simulacij uporabili mesta nastanka, torej mesta, kjer bi z veliko verjetnostjo lahko prišlo do začetka pojava, kljub temu, da model ni namenjen takšnim simulacijam. Za pripravo opozorilne karte pa je takšen način ustrezen, saj datoteka "msc" prikaže vse možne preplavitvene površine. Točke smo odčitali s karte podvrženosti drobirskim tokovom, ki jo je po naročilu izdelal GeoZS. Uporabljena metodologija za izdelavo konkretne karte za desni breg Soteske je bila enaka tisti, ki je nastala v okviru projekta: Ocena ogroženosti zaradi delovanja drobirskih tokov (2008, glej Pregled literature, Izrazoslovje in zakonodaja). Kot osnovo za izdelavo te karte je GeoZS uporabil naslednje parametre:

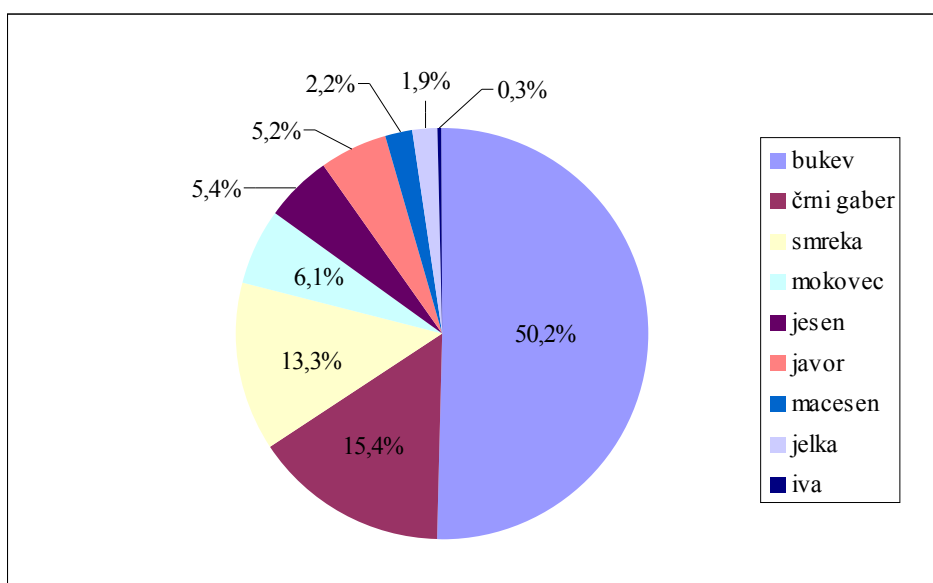
- 48-urne padavine - drobirski tokovi se pogosteje pojavljajo na območjih Slovenije z intenzivnejšimi padavinami. Za obdelavo in analizo je bila uporabljena karta 48-urnih maksimalnih padavin na območju Slovenije,
- naklon pobočja – naklon pobočja na katerem se začne zemeljska masa gibati, je zelo pomemben faktor. Zemeljski plazovi se na naklonih manjših od 9° ne prožijo. Zgornjo mejo predstavlja kot 45°, saj se nad tem naklonom ne more nakopičiti dovolj preperlega materiala, da bi predstavljal grožnjo za proženje,
- litološka zgradba območja - za oceno vpliva litološke zgradbe terena oziroma za oceno občutljivosti kamnin na nastanek drobirskih tokov je bila kot osnovna karta privzeta posebej izdelana geološka karta v merilu 1:5000, ki jo je izdelal GeoZS,
- naklonski potencial po višinskih pasovih,
- energetski potencial vodotokov – vodotoki so pomemben transportni dejavnik pri pojavu drobirskih tokov,
- oddaljenost od površinskih vod – potencialna možna žarišča morajo gravitirati v vodotok, da se lahko zgodi transport materiala po njem v dolino,
- konkavnost površja – morfološka oblikovanost terene je zelo pomemben faktor za možnost potovanja drobirskega toka v nižje lege (Ocena ogroženosti ..., 2008).

Opozorilna karta je predstavljena v poglavju Rezultati, razdelek Rezultati modeliranja.

## 6 REZULTATI

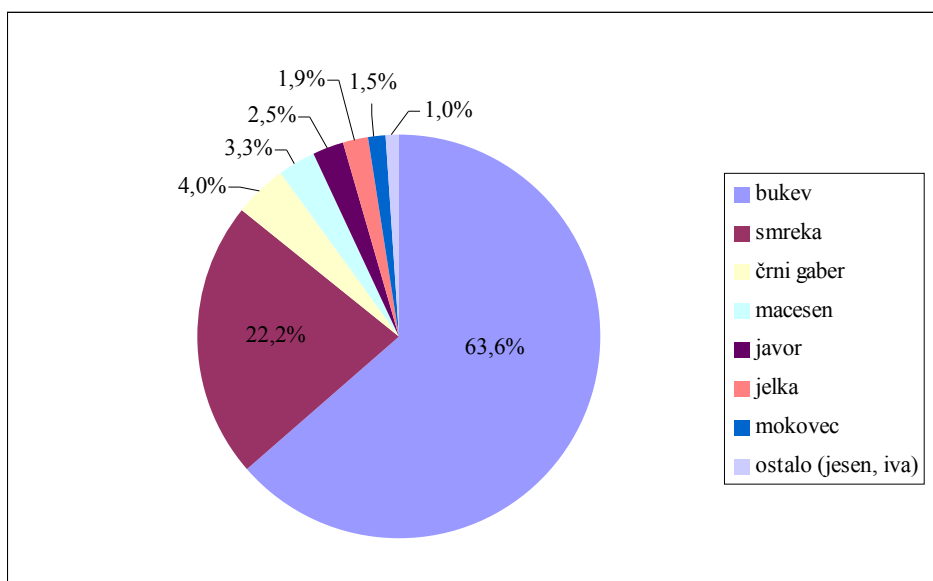
### 6.1 SPLOŠNA PODOBA GOZDA

Skupno je bilo na desnem bregu popisanih 663 dreves. Po številu dreves prevladuje bukev, sledita črni gaber in smreka (slika 16). Na strmih in izpostavljenih legah sta poleg črnega gabra prisotna tudi mokovec in mali jesen. Javor se pojavlja posamično.



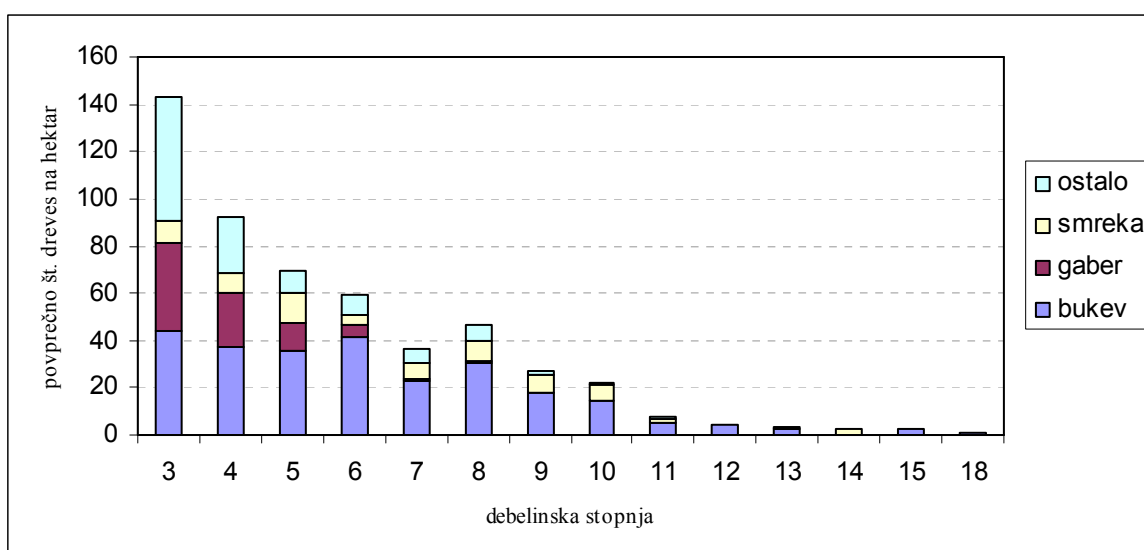
Slika 16: Porazdelitev števila dreves po drevesnih vrstah na desnem bregu v Soteski

V lesni zalogi močno prevladuje bukev, sledi ji smreka in črni gaber. Z manjšim deležem so zastopani macesen, javor in jelka, ki se pojavljajo kot primes (slika 17).



Slika 17: Porazdelitev lesne zaloge po drevesnih vrstah na desnem bregu v Soteski

Debelinska struktura prikazuje padajočo frekvenčno porazdelitev števila dreves po debelinskih razredih (slika 18). Manjši odklon se pojavi v 8. debelinski stopnji. Jasno je vidno pomanjkanje bukovih dreves v nižjih debelinskih stopnjah. Kategorijo ostalo predstavljajo: mali jesen, mokovec, jelka, gorski javor, macesen in iva. 80 % dreves kategorije ostalo, v tretji debelinski stopnji, predstavljata mali jesen in mokovec.



Slika 18: Porazdelitev dreves po debelinskih razredih na desnem bregu v Soteski



Preglednica 3: Strukturne značilnosti gozdov desnega brega v Soteski

Št. ploskev	26
Skupna površina ploskev (ha)	1,3
Št. dreves / ha	516
Standardni odklon (KV %)	294 (57 %)
Temeljnica (m <sup>2</sup> /ha)	30,9
Standardni odklon (KV %)	12,4 (40 %)
Lesna zaloga (m <sup>3</sup> /ha)	388
Standardni odklon (KV %)	175 (45 %)

Ocenjena lesna zaloga znaša 388 m<sup>3</sup>/ha in je v primerjavi z ocenami iz opisov odsekov bistveno višja. Da so med vzorčnimi ploskvami precejšnje razlike lahko vidimo v preglednici 3, kjer prihaja do precejšnjih odklonov števila dreves, temeljnice in lesne zaloge. V primeru vzorčne ploskve v nizkem gozdu črnega gabra in malega jesena je bilo število dreves bistveno večje, lesna zaloga pa bistveno manjša v primerjavi s ploskvijo v bukovem gozdu. Pregled osnovnih strukturnih parametrov nam pove, da so ti sestoji v povprečju stari (debeljaki), z visokimi lesnimi zalogami in relativno nizko gostoto dreves. Velike razlike med ploskvami (koeficient variacije doseže tudi 57 %) pa nakazuje veliko površinsko raznomernost teh sestojev in tudi visoko zgornjo mejo sestojnih parametrov na nekaterih delih območja, kar povečuje nujnost ukrepanja v teh sestojih.

Preglednica 4: Stabilnost dreves po drevesnih vrstah na desnem bregu v Soteski

drevesna vrsta	stabilnost (%)		
	dobra	zadovoljiva	slaba
bukev	37	39	24
gaber	26	49	25
smreka	38	31	31
mokovec	21	52	27
jesen	28	50	22
javor	26	31	43
jelka	62	8	30
macesen	91	0	9
iva	0	100	0
skupaj	<b>35</b>	<b>39</b>	<b>26</b>

Ocenili smo tudi stabilnost vsakega popisanega drevesa (preglednica 4). Večina bukovih dreves je načeloma dobro do zadovoljivo stabilnih, nestabilna so predvsem drevesa velikih dimenzij, ki so na plitvih tleh dovzetna za prevrnitev.

Na podlagi razmerja med višino in prsnim premerom dreves smo ugotovili, da je 59 % izmerjenih dreves dobro stabilnih. Mejna vrednost razmerja za uvrstitev drevesa v razred dobro stabilnih dreves je bila  $R \leq 80$ .

Na vsaki ploskvi smo ocenili tudi število mladovja po drevesnih vrstah in sicer v dveh velikostnih razredih: 1. razred,  $10 \text{ cm} \leq H < 1,3 \text{ m}$  in 2. razred,  $1,3 \text{ m} \leq H$  in prsni premer  $< 10 \text{ cm}$  (preglednica 5).

Preglednica 5: Število mladja po drevesnih vrstah in velikostnih razredih (N/ha)

DV	Velikostni razred		Skupaj
	$10 \text{ cm} \leq H < 1,3 \text{ m}$	$1,3 \text{ m} \leq H$ in $DBH < 10 \text{ cm}$	
bukev	273	193	465
črni gaber	300	148	448
javor	133	265	398
mali jesen	227	220	447
smreka	489	129	618
mokovec	0	152	152
drugo (breza, jerebika, nagnoj)	60	312	372
<b>Skupaj</b>	<b>1482</b>	<b>1418</b>	<b>2899</b>

V prvem velikostnem razredu prevladujejo smreka, črni gaber in bukev. Glede na to, da gre za bukova rastišča je bukovega pomladka zelo malo, kar kaže na neprimerne mikrorastiščne razmere za klimaksne vrste. Pomladka svetloljubnih vrst (smreka, črni gaber, mali jesen) je več, kar kaže na ustrežnejše mikrorastiščne pogoje za te vrste.

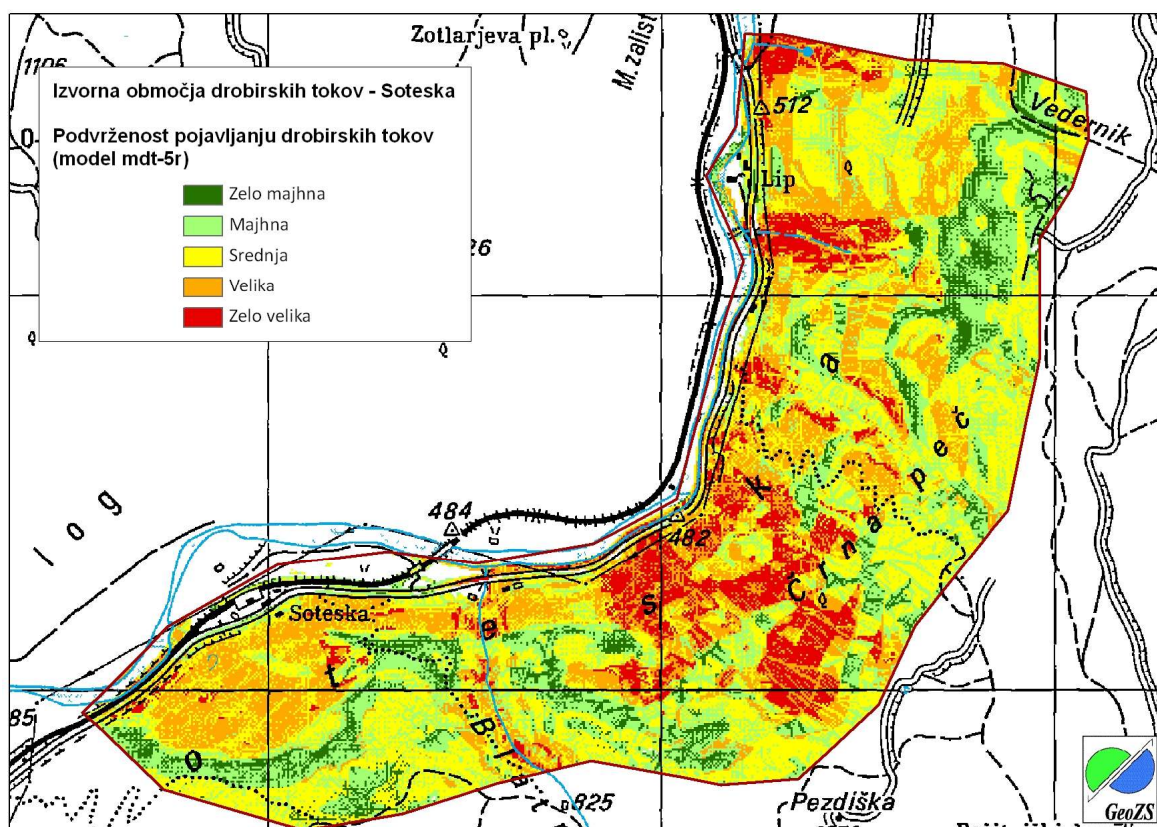
## 6.2 MODELIRANJE DROBIRSKIH TOKOV

### 6.2.1 Karte izdelane s strani GeoZS

Karta izvornih območij drobirskih tokov prikazuje podvrženost pojavljanju drobirskih tokov (slika 19). Podvrženost je razdeljena v 5 razredov, ki so bili določeni po metodi naravnih mej (Natural Breaks – Jenks), ki določi meje med skupinami podatkov na osnovi prevojev v trendu (GeoZS, 2011). Meje posameznih razredov so razvidne iz preglednice 6. Podlage na katerih temelji model za izdelavo te karte, so predstavljene v poglavju Metode dela, razdelek Priprava opozorilne karte drobirskih tokov. Ena izmed podlag je tudi geološka karta (slika 20). Velikost celic je 5x5 m.

Preglednica 6: Razredi verjetnosti pojavljanja drobirskih tokov (vir: GeoZS)

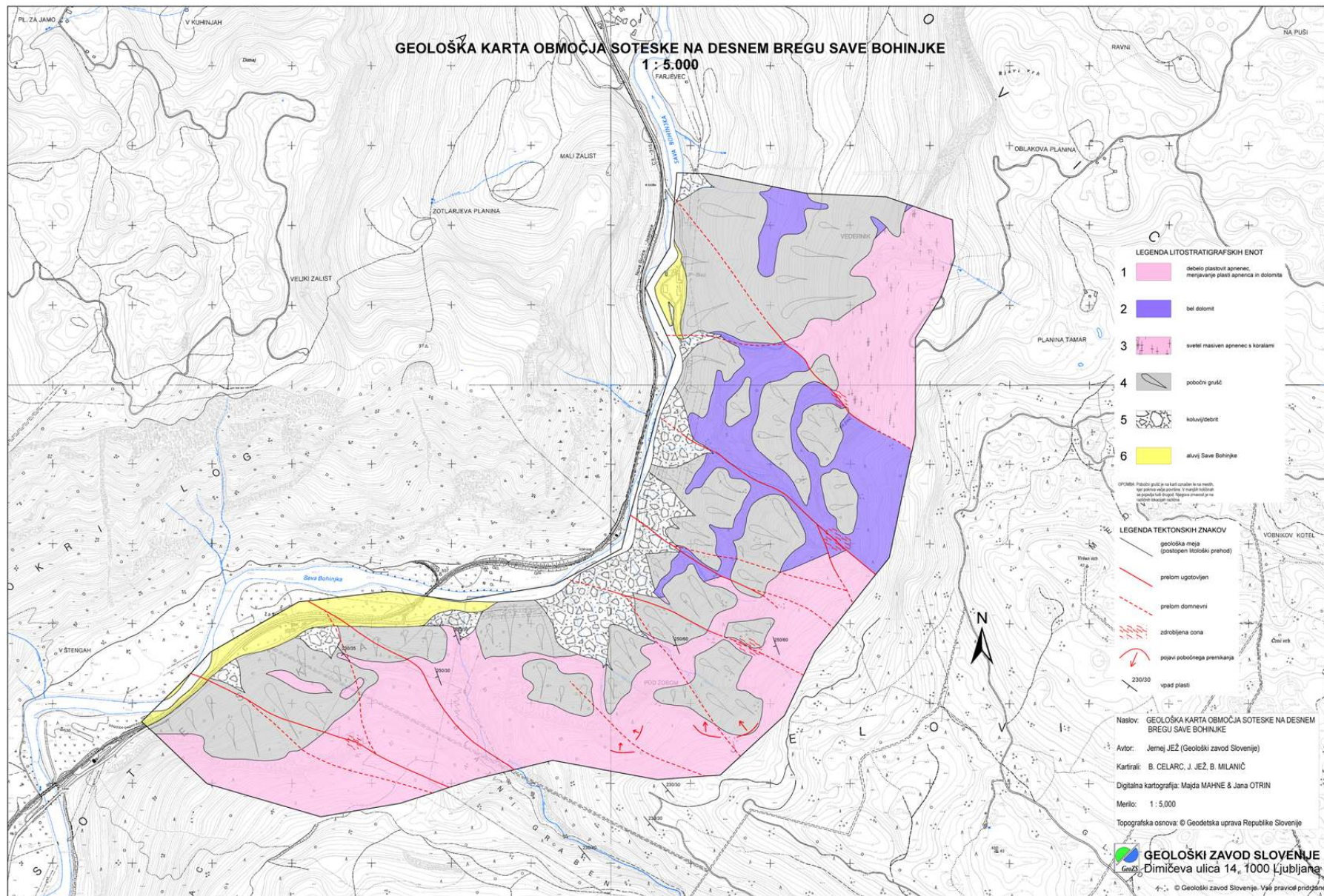
Razred	Normalizirane vrednosti modela (verjetnosti)	Podvrženost pojavljanju drobirskih tokov
1	do 0,2678	zelo majhna
2	0,2678–0,3767	majhna
3	0,3767–0,4735	srednja
4	0,4735–0,5679	velika
5	0,5679–1	zelo velika



Slika 19: Podvrženost pojavljanju drobirskih tokov na desnem bregu v Soteski (celice 5x5m) (vir: GeoZS)

S slike 19 je razvidno, da je pojavljanju drobirskih tokov najbolj podvržen osrednji del, kjer je tudi največja koncentracija hudournikov in odloženega materiala v obliki vršajev. Večje območje potencialnega pojavljanja drobirskega toka je tudi globok jarek v neposredni bližini hidroelektrarne in območje hudournika na skrajnem zgornjem delu preučevanega območja. Pri modeliranju drobirskih tokov z modelom TopRunDF smo pri pripravi opozorilne karte kot začetne točke simulacij uporabljali koordinate iz območij zelo velike verjetnosti nastanka (rdeča barva), torej območij, kjer je verjetnost nastanka večja kot 57 % (slika 19).





Slika 20: Geološka karta desnega brega Soteske (GeoZS)

## 6.2.2 Občutljivostna analiza modela TopRunDF

Testiranje vpliva različnih vhodnih parametrov na rezultat odlaganja drobirskega toka ("depo"):

### 6.2.2.1 Magnituda (M)

Magnituda poleg geometrije terena najbolj vpliva na rezultate. Izbrano magnitudo 5000 m<sup>3</sup> je določil GeoZS (glej Metode dela, Modeliranje drobirskih tokov).

### 6.2.2.2 Mobilnostni koeficient (MK)

Mobilnostni koeficient (MK) ima poleg magnitude v uporabljenem modelu odločilen pomen. Vpliva na intenzivnost razlivanja drobirskega toka na hudourniškem vršaju. S pomočjo karte naklonov smo ocenili povprečni naklon struge, ki znaša približno 100 % in povprečni naklon vršaja, ki znaša 50 %. Iz teh naklonov smo po enačbi izračunali mobilnostni koeficient (MK), ki je znašal približno 5, ob upoštevanju varnostnega faktorja pa 10.

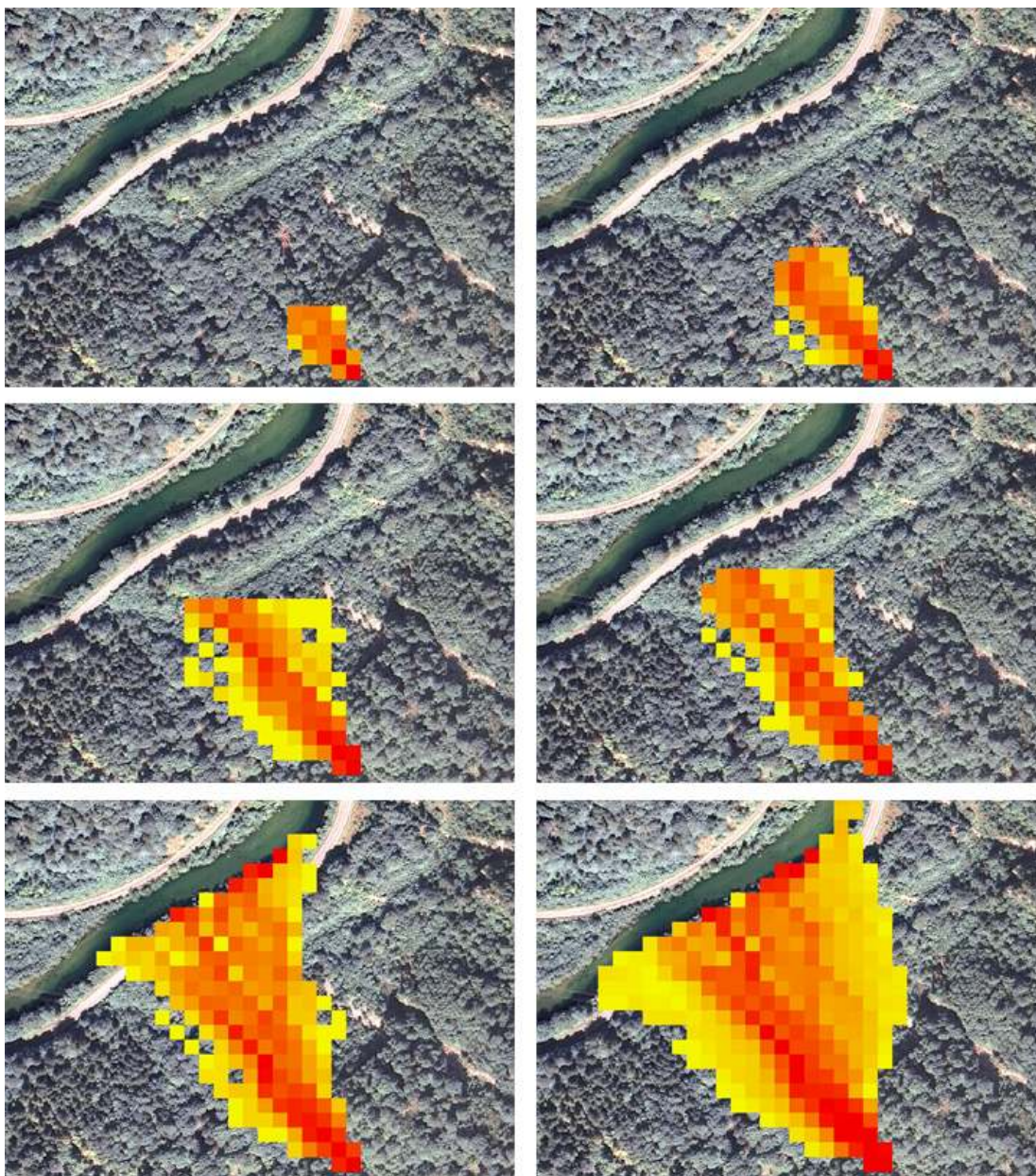
Preglednica 7: Mobilnostni koeficienti pri različnih naklonih vršaja (Sf) in struge (Sc)

Sf	Sc														
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
0,1	305,5	95,3	48,2	29,8	20,5	15,1	11,6	9,3	7,6	6,4	5,4	4,7	4,1	3,6	3,2
0,2	285,0	89,0	45,0	27,8	19,1	14,0	10,8	8,7	7,1	6,0	5,1	4,4	3,8	3,4	3,0
0,3	273,7	85,4	43,2	26,7	18,3	13,5	10,4	8,3	6,8	5,7	4,9	4,2	3,7	3,2	2,9
0,4	266,0	83,0	42,0	25,9	17,8	13,1	10,1	8,1	6,6	5,6	4,7	4,1	3,6	3,2	2,8
0,5	260,1	81,2	41,1	25,3	17,4	12,8	9,9	7,9	6,5	5,4	4,6	4,0	3,5	3,1	2,7
0,6	255,4	79,7	40,3	24,9	17,1	12,6	9,7	7,8	6,4	5,3	4,5	3,9	3,4	3,0	2,7
0,7	251,5	78,5	39,7	24,5	16,8	12,4	9,6	7,6	6,3	5,3	4,5	3,9	3,4	3,0	2,7
0,8	248,1	77,4	39,2	24,2	16,6	12,2	9,4	7,5	6,2	5,2	4,4	3,8	3,3	2,9	2,6
0,9	245,2	76,5	38,7	23,9	16,4	12,1	9,3	7,5	6,1	5,1	4,4	3,8	3,3	2,9	2,6
1,0	242,7	75,7	38,3	23,6	16,2	12,0	9,2	7,4	6,1	5,1	4,3	3,7	3,3	2,9	2,6
1,1	240,4	75,0	38,0	23,4	16,1	11,8	9,1	7,3	6,0	5,0	4,3	3,7	3,2	2,9	2,5
1,2	238,3	74,4	37,6	23,2	16,0	11,7	9,1	7,2	5,9	5,0	4,2	3,7	3,2	2,8	2,5
1,3	236,4	73,8	37,3	23,0	15,8	11,6	9,0	7,2	5,9	4,9	4,2	3,6	3,2	2,8	2,5
1,4	234,6	73,2	37,1	22,9	15,7	11,6	8,9	7,1	5,9	4,9	4,2	3,6	3,2	2,8	2,5
1,5	233,0	72,7	36,8	22,7	15,6	11,5	8,9	7,1	5,8	4,9	4,1	3,6	3,1	2,8	2,5

Iz preglednice 7 je razvidno, da se pri večjih naklonih tako vršaja kot struge, vrednosti MK le malo spreminjajo. V naših razmerah je to ključnega pomena, saj so nakloni vršaja in



struge zelo veliki, mobilnostni koeficient (MK) pa posledično zelo majhen.



Slika 21: Razlivanje drobirskega toka na vršaju ob mobilnostnih koeficientih (MK) = 10, 25, 50, 75, 100 in 150 (število Monte Carlo iteracij=50,  $M=5000\text{m}^3$ ).

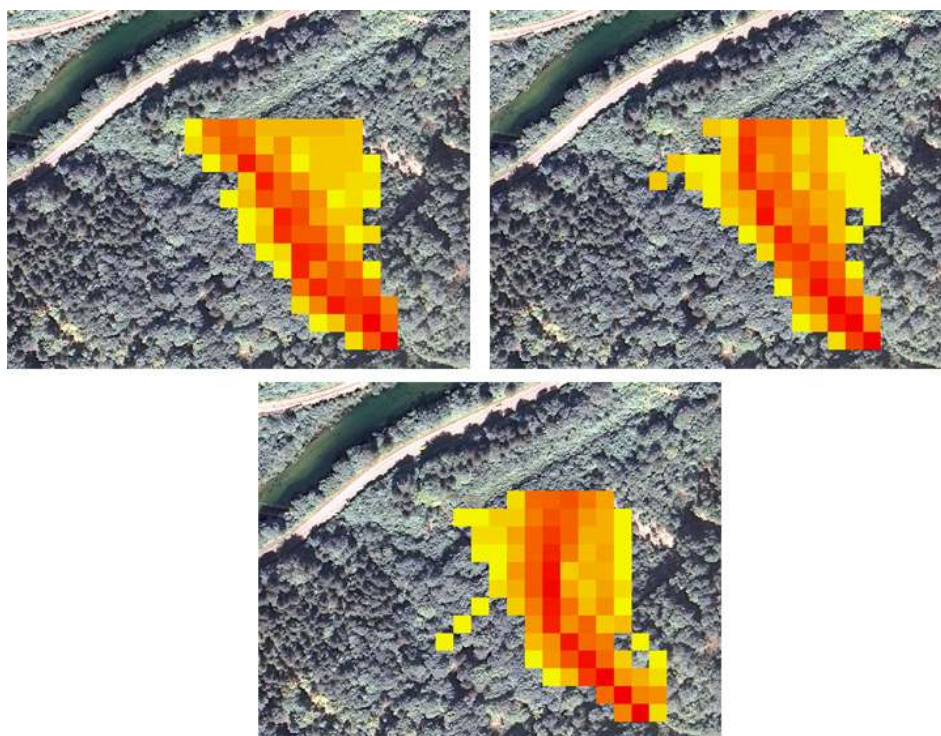
Preglednica 8: Površina odloženega materiala in povprečna globina pri posameznem MK

Mob. koeficient	površina odloženega materiala ( $\text{m}^2$ )	povprečna globina materiala (m)
10	2969	1,71
25	7344	0,68
50	14688	0,34
75	15313	0,33
100	29375	0,17
150	43750	0,11

V primeru izračunanega mobilnostnega koeficienta (MK) = 10, se je celotni material odložil na površini 0,3 ha, povprečna globina materiala pa je znašala 1,7 m, od tega v posameznih celicah preko 3 m (preglednica 8). Ta rezultat je popolnoma nerealen, saj ne moremo pričakovati, da bi se takšna količina materiala na tako velikem naklonu, odložila na tako majhni površini in ustvarila tako debele nanose. Z večanjem MK se stanje izboljšuje in daje najbolj realne rezultate v intervalu:  $50 \geq MK \geq 100$  (slika 21). Sami smo pri modeliranju uporabili MK=50 pri vršajih bližje dnu soteske in MK=100 pri vršajih višje na pobočju. Razlog za omenjeno je omejitev modela, ki v primeru velikega MK in bližine dna soteske pri računanju zamrzne (zablokira). Gre za stanje, ko je na razpolago še dovolj materiala, ki se mora odložiti, vendar pa model zaradi ravnine na dnu soteske očitno ne zna izračunati v katere celice naj nadaljuje z odlaganjem.

#### 6.2.2.3 Elevation step (ES) - povišana višinska razlika med sosednjimi celicami

Program omogoča možnost umetnega preprečevanja razlivanja drobirskega toka preko brežin struge vodotoka. To je predvsem uporabno za vršaje z zelo izrazitimi (globokimi) strugami.

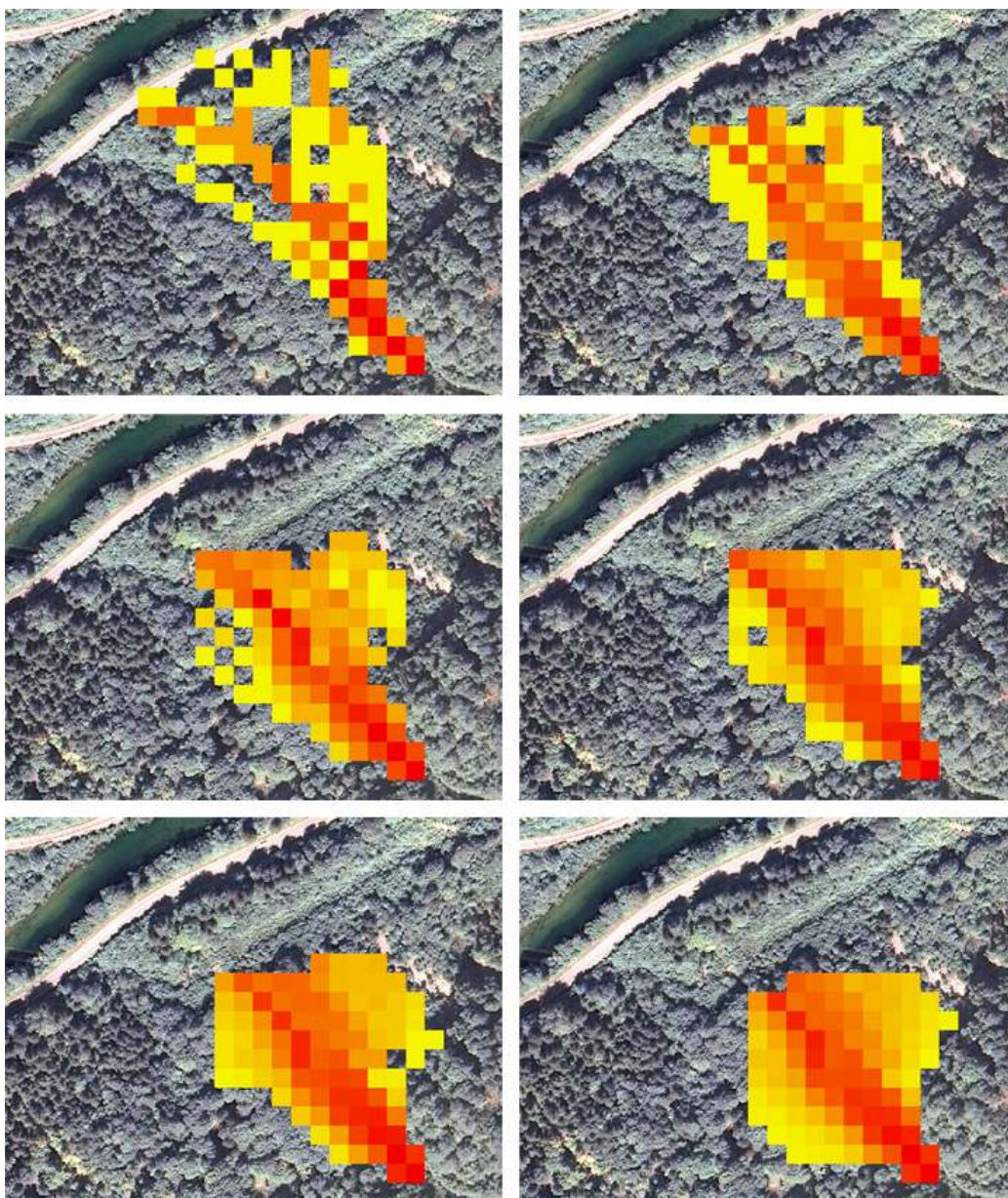


Slika 22: Razlivanje drobirskega toka na vršaju ob ES: 1, 2 in 4 m ( $M=5000 \text{ m}^3$ , MCI=50, MK=50)



Z večanjem ES spremenimo DMR tako, da se zviša le nadmorska višina celic iz katerih se drobir preliva v spodnje celice, medtem ko višina spodnjih celic ostaja enaka. Poleg tega prihaja do uklona razlivanja levo ali desno od struge, saj z višanjem nadmorske višine celic izničujemo vpliv konkavnih morfoloških značilnosti terena, v konkretnem primeru strug (slika 22). Pri modeliranju tega parametra sicer nismo uporabili.

#### 6.2.2.4 Število Monte Carlo iteracij (MCI)



Slika 23: Razlivanje drobirskega toka na vršaju ob različnih MCI = 5, 20, 50, 100, 500 in 5000 (MK = 50, M. =5000 m<sup>3</sup>)

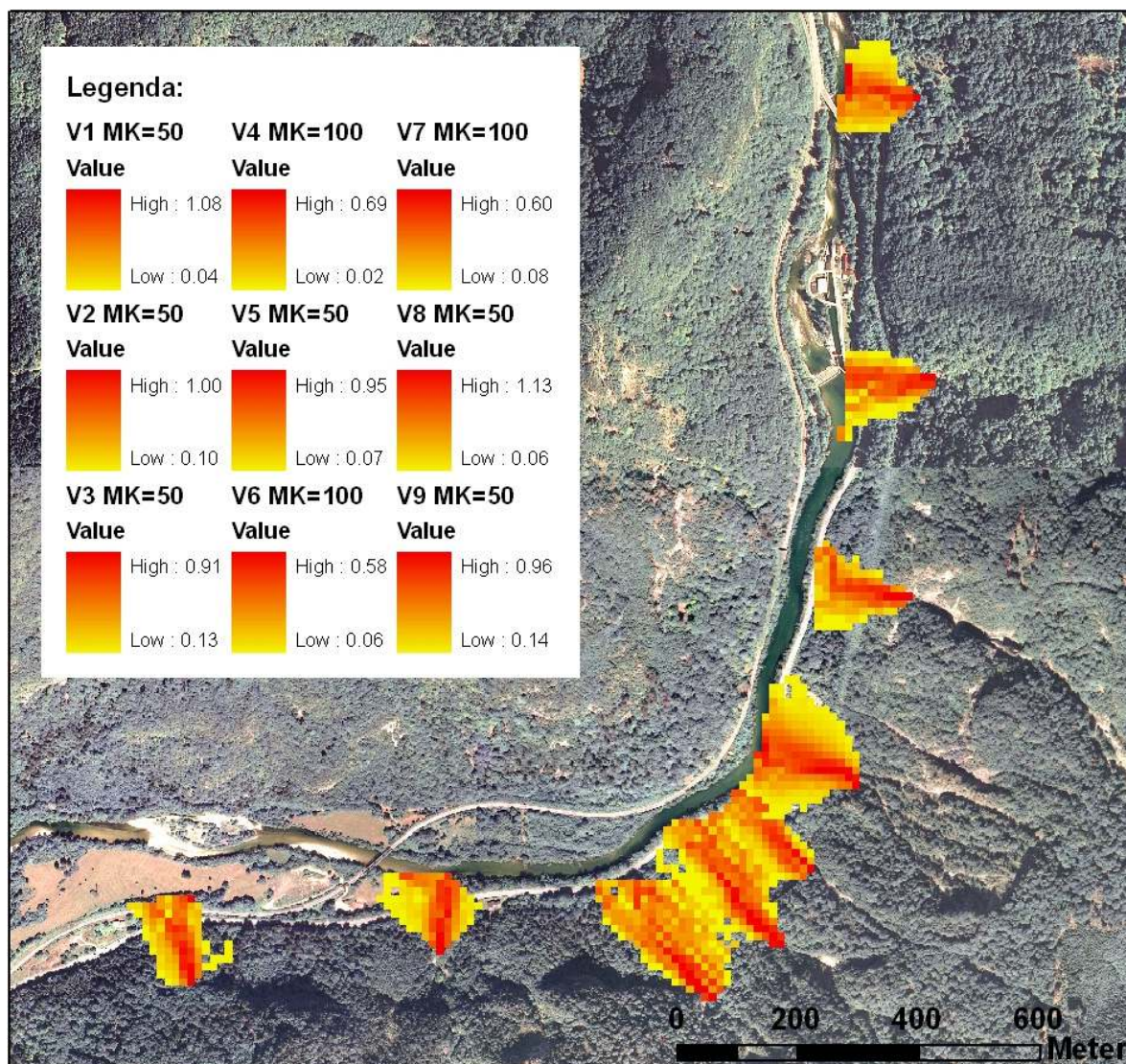
MCI določa celotno območje razlivanja drobirskega toka. Povečevanje MCI se odraža z izrazitim širjenjem površine razlivanja drobirskega toka (slika 23). Število pove, s kolikimi ponovitvami se opravi izračun. Večje kot je število, večja je verjetnost, da model najde nove poti, torej nove celice, v katere se razliva drobirski tok. Najmanjše možno število iteracij je 10. Pri testiranju se je kot najbolj primerno izkazalo število 50. To sta na podlagi simulacij 14 dejanskih drobirskih tokov v Švici ugotovila tudi Scheidl in Rickemmann (2009).

### **6.2.3 Rezultati modeliranja**

#### 6.2.3.1 Karta odloženih drobirskih tokov

Rezultat modeliranja drobirskih tokov je karta odloženih drobirskih tokov na hudourniških vršajih (slika 24). Prikazane površine so rezultat simulacije - datoteka "depo". Kot začetne točke simulacij smo izbrali vrhove že obstoječih vršajev. Mobilnostni koeficienti so bili določeni na način opisan v prejšnjem poglavju. Pri vršajih 4, 5, 6 in 7 prihaja do prekrivanja odloženega materiala, zato daje barva na območjih prekrivanja neprave rezultate.



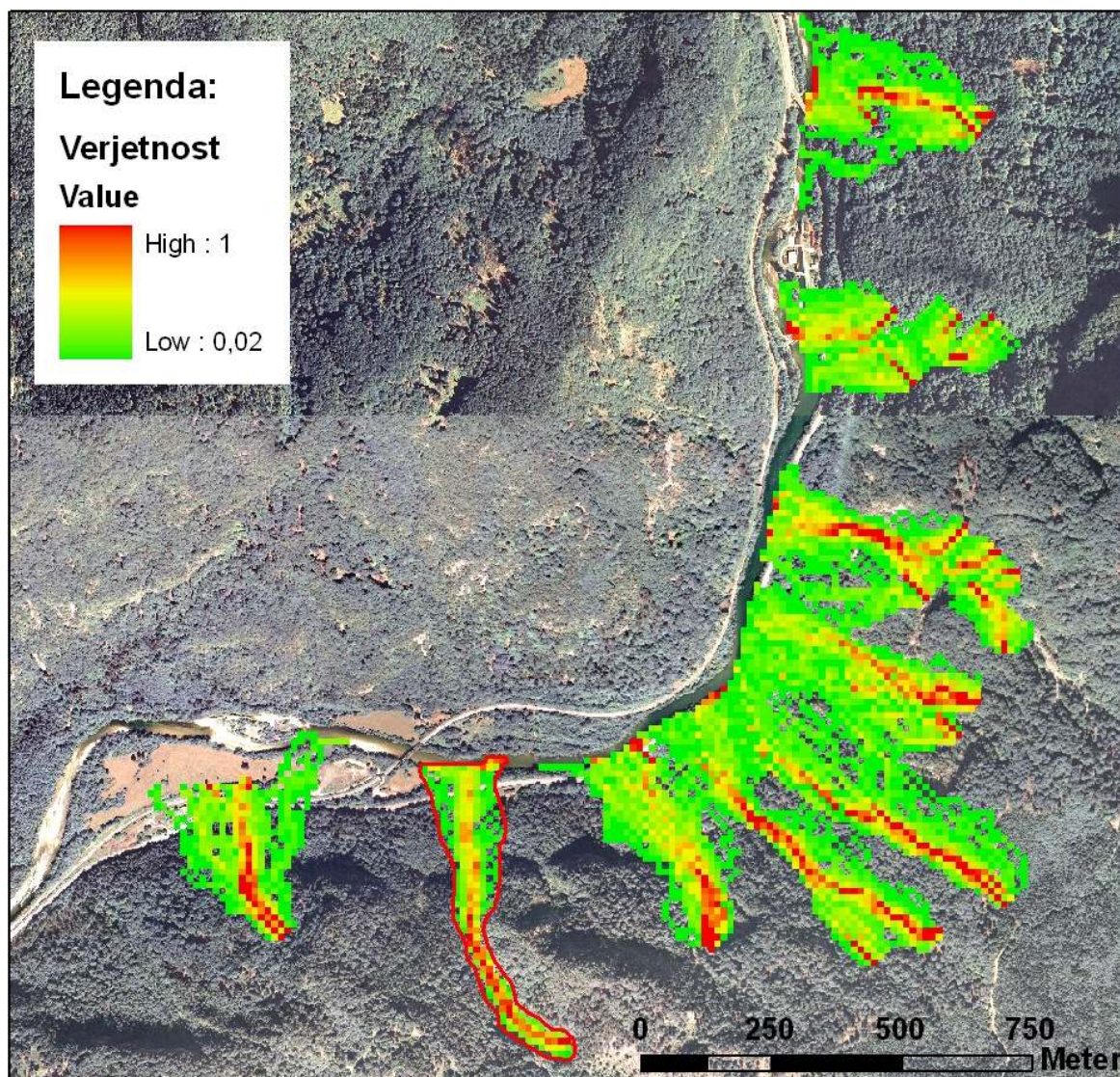


Slika 24: Karta odloženih drobirskih tokov na vršajih desnega brega Soteske. V1,2,3,...je zaporedna številka vršaja, ki si sledijo od zgoraj navzdol, MK = uporabljen mobilnostni koeficient. Barvna lestvica označuje globino odloženega drobirskega toka v metrih (m). M: 1:12.000

### 6.2.3.2 Opozorilna karta drobirskih tokov

Prikazane površine (slika 25) smo dobili iz datoteke "mcs", ki je prav tako rezultat simulacije. Ta datoteka prikazuje vse preplavljene površine in verjetnost za preplavitev v sosednje celice. Ker prikazuje skrajni možen doseg drobirskega toka, je primerna za uporabo kot opozorilna karta. Kot začetne točke simulacij smo uporabili točke območij zelo velike verjetnosti nastanka drobirskih tokov (rdeča barva) iz karte podvrženosti pojavljanju drobirskih tokov (slika 19).





Slika 25: Predlog opozorilne karte drobirskih tokov. Barvna lestvica prikazuje verjetnost za preplavitev drobirskega toka: rdeča – velika verjetnost, zelena – majhna verjetnost. Z rdečo je prikazan predlog priprave opozorilne karte. M: 1:14.000

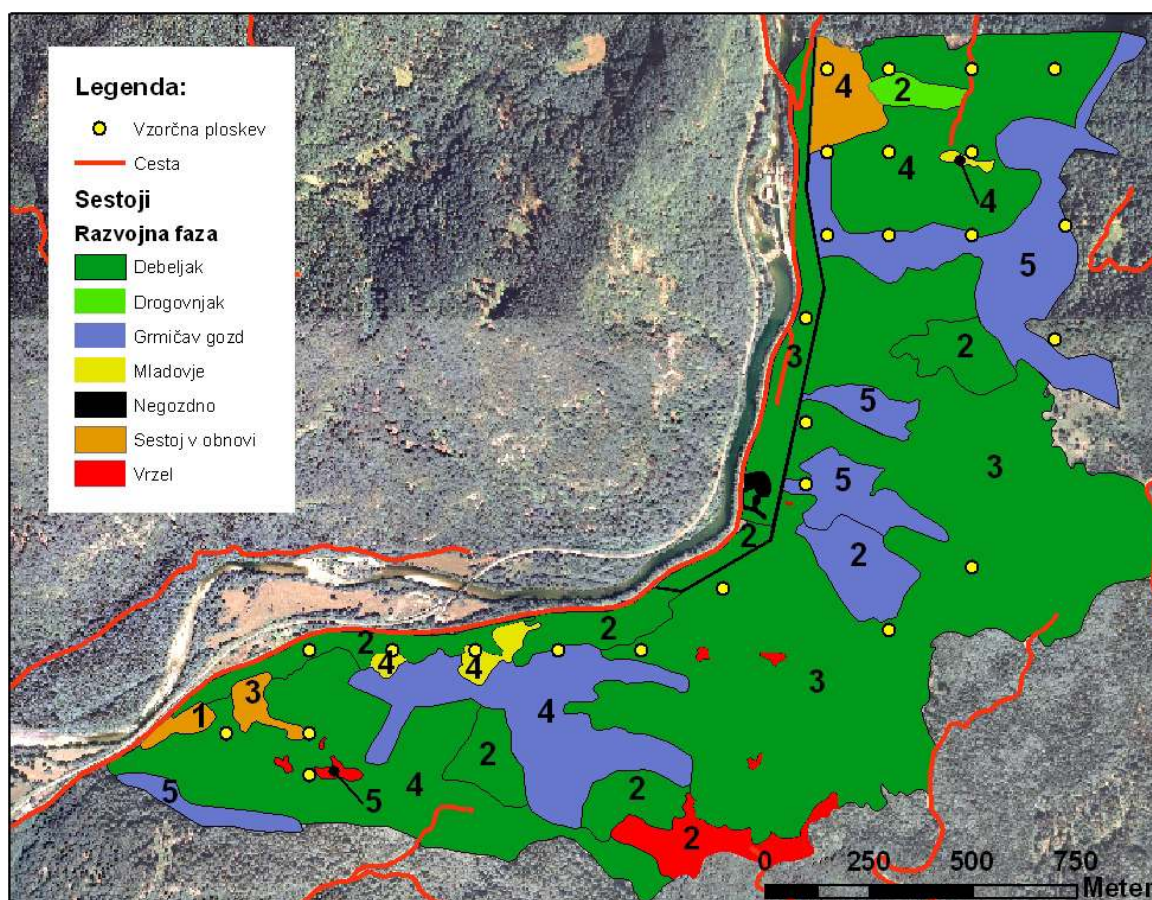
Z rdečo linijo zaokrožena površina je naš predlog prikaza opozorilne karte. Na takšen način lahko obkrožimo posamezne simulacije drobirskega toka. Problem se pojavi v osrednjem in zgornjem delu karte, kjer se površine simulirane iz različnih točk močno prekrivajo in je s tem zabrisan dejanski potek posameznega drobirskega toka in barve zaradi tega ne odražajo dejanskih verjetnosti posameznih preplavitev. Razlog za veliko število simulacij iz relativno majhnega območja je karta podvrženosti pojavljanju drobirskih tokov (slika 19), kjer je omenjeni osrednji del območja večinoma opredeljen kot zelo dovzeten (rdeča barva) za začetek drobirskega toka.



## 6.3 SESTOJI, NAIS SESTOJI IN UKREPANJE

### 6.3.1 Sestojna karta

Sestojna karta je rezultat opisov sestojev in digitaliziranja na aerofoto posnetkih. Zaradi malopovršinskega spreminjanja sestojnih zgradb je zlasti na reliefno razgibanem osrednjem delu izločanje sestojev izredno zahtevno. Kategorijo grmičav gozd predstavlja nizek gozd črnega gabra in malega jesena. Sicer prevladujejo bukovi gozdovi v razvojni fazi debeljaka v katere smo mnogokrat zajeli tudi manjše površine nizkega gozda gabra in malega jesena, saj med njimi ni bilo mogoče potegniti jasne ločnice. Sestoj v obnovi na zahodnem delu objekta je posledica vetroloma v 80. letih, prav tako vrzeli v tem delu (slika 26). Manjše vrzeli so zelo številčne in se sporadično pojavljajo po celotnem objektu, a jih zaradi majhnih dimenzij nismo posebej izločili.

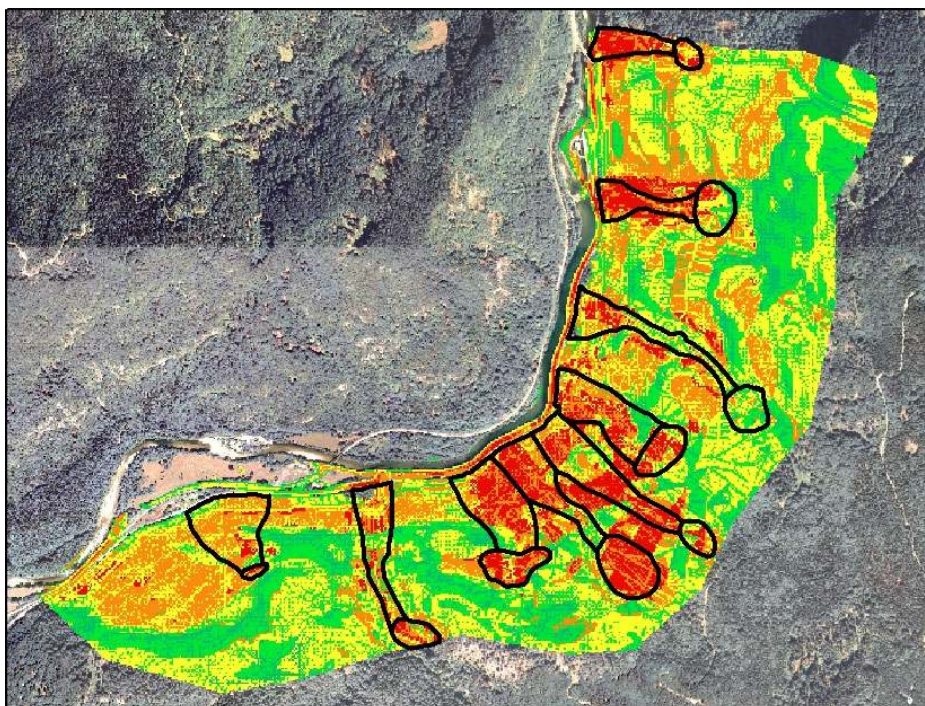


Slika 26: Karta sestojev desnega brega v Soteski. Z rumeno so označene lokacije vzorčnih ploskev, z rdečo barvo so označene ceste. Številke označujejo mešanost: 1- iglavci, 2 – iglavci: 60 – 89 %, 3- igl: 30 – 59 %, 4 – igl: 10 – 29 %, 5 – listavci. M: 1:18.000

### 6.3.2 NaiS sestoji

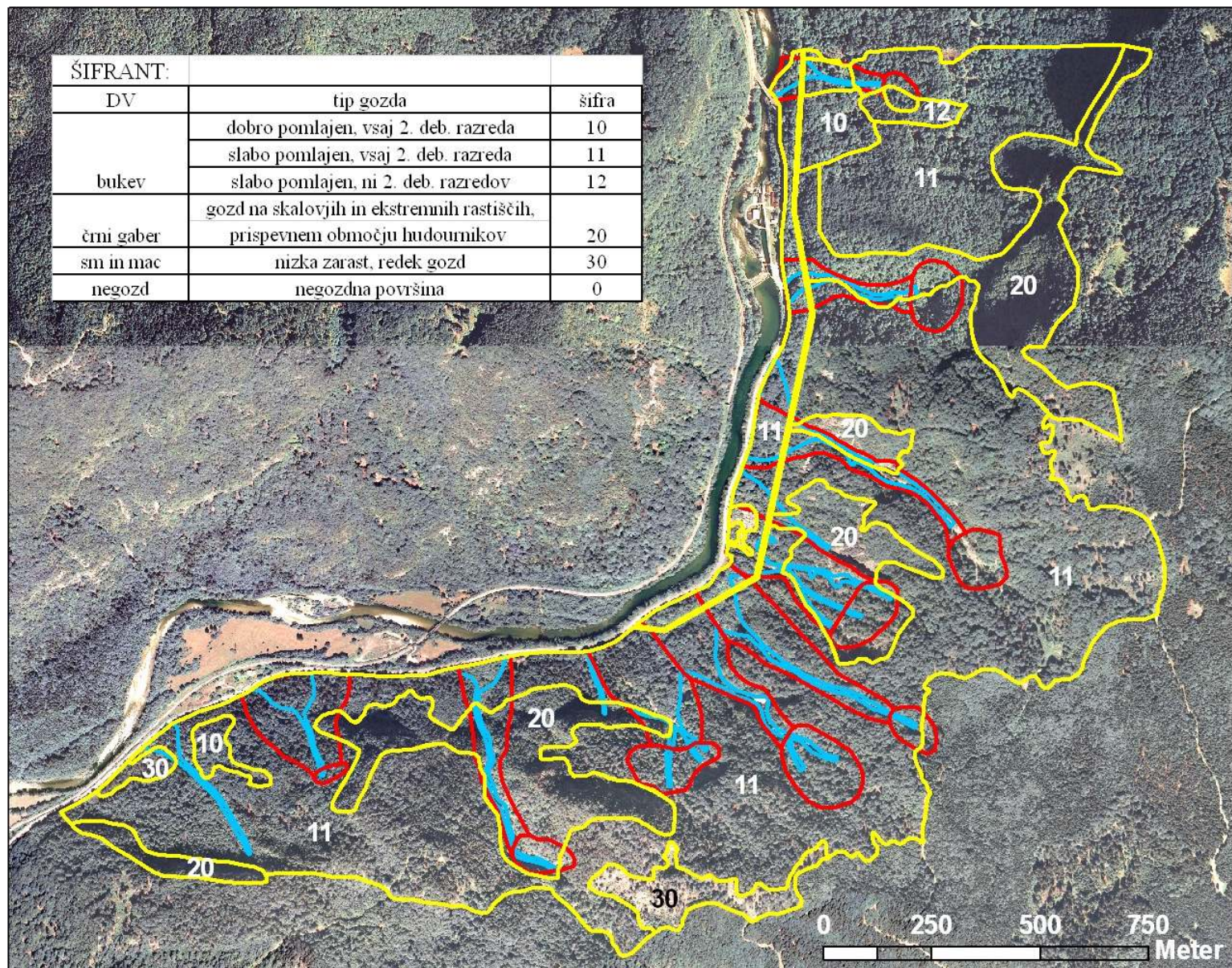
NaiS vegetacijske sestoje smo izločili glede na kriterije v šifrantu. Pravzaprav smo metodo NaiS nekoliko modificirali. Ta metoda predvideva opis sestoja na podlagi rastišča in naravne nevarnosti, pri čemer moramo ločiti sestoje glede na to ali gre za območje proženja ali infiltracije. V Soteski je pogosto, da imamo znotraj enega območja proženja ali infiltracije več različnih rastišč, kar bi pomenilo opis sestoja za vsako rastišče posebej. Poleg tega je problem velik naklon, ki onemogoča dostop do marsikaterega območja proženja. Metodo smo modificirali tako, da smo iz vseh kriterijev ciljnega stanja (priloga E, F) izbrali le 3 kriterije: rastišče (drevesno vrsto), pomlajevanje in prisotnost razširjenih debelinskih razredov (glej šifrant, slika 28). Na podlagi teh treh kriterijev smo izločili t. i. NaiS vegetacijske sestoje (rumena). Odločitev za izbor le treh kriterijev nima vpliva na kasnejše odločitve o ukrepih. Za vsako kombinacijo vplivnega območja in NaiS vegetacije smo opredelili smernice za ukrepanje (glej stran 68).

Nais vplivno območje (črna) je razdeljeno na območje proženja in območje infiltracije.



Slika 27: Izločanje vplivnih območij. Barvna podlaga je karta dovzetnosti pojavljanju drobirskih tokov (slika 19), črne črte predstavljajo vplivna območja.





Slika 28: Sestoji izločeni po metodologiji NaiS (obrazci prilog C, D, E in F). Z rumeno so označeni NaiS vegetacijski sestoji, z rdečo vplivna območja, ki smo jih določili na podlagi karte dovzetnost (slika 19) in modeliranja, z modro so izločene struge hudournikov in dejanski hudourniški vršaji. M: 1:14.000



Vplivna območja smo opredelili na podlagi simulacij z izborom začetnih točk iz območij zelo velike verjetnosti nastanka drobirskih tokov (slika 19). Poleg tega smo skušali zajeti čim večji delež območij zelo velike verjetnosti nastanka drobirskih tokov. Na sliki 27 je vidno, da je večina območij nastanka v območju infiltracije. Pri izločanju smo si pomagali z že omenjenim modeliranjem, temeljnim topografskim načrtom v merilu 1:5000 (TTN5), kjer so dobro razvidna prispevna območja posameznih hudournikov in terenskim poznavanjem območja. Terensko poznavanje območja se je izkazalo kot pomemben faktor pri izločanju.

Hudourniške struge z robno cono smo prostorsko opredelili na podlagi TTN5 in dejanskega stanja na terenu, površine hudourniških vršajev pa smo dobili s pomočjo geološke karte, ki jo je izdelal GeoZS. Obe kategoriji opredeljujejo območje, kjer gozdnogojitveno ukrepanje ni možno.

#### 6.3.2.1 Ukrepi v NaiS sestojih

Smernice za ukrepanje smo podali glede na kombinacijo vplivnega območja in tipa NaiS vegetacijskega sestoja. Gre za presek vplivnega območja (območja proženja ali infiltracije) in tipa NaiS vegetacijskega sestoja. Na takšen način smo podali ukrepe za vsako kombinacijo (presek). S tem smo poenostavili opis NaiS sestojev, saj bi sicer dobili nekaj deset opisov NaiS sestojev, pri čemer bi morali za vsakega izmed njih določiti ustrezne ukrepe, kar bi bilo popolnoma nepregledno, v praksi pa nesmiselno in pogostokrat tudi neizvedljivo. Ukrepanje v gozdovih znotraj vplivnih območij smatramo kot nujno.

#### Območje proženja:

Bukev:

- 10: Ohranjamo poraslost tal. Na površinah, kjer se je pohladek že uveljavil, odstranimo zgornji sloj in omogočimo nemoten razvoj mladih dreves. Zaradi plitvih tal in velikih naklonov težimo k drevesom manjših dimenzij. Odstranjujemo drevesa velikih dimenzij (prsni premer nad 30 cm). Gostota dreves do 30 cm premera naj bo velika, saj velika prekoreninjenost tal pomeni dobro vezanje zemljine in manj



možnosti za zemeljske plazove ali usade, ki lahko pomenijo začetek drobirskega toka. V primeru pojavljanja črnega gabra in malega jesena, ti vrsti pospešujemo.

- 11: Ohranjanje zastrtosti tal. Če naklon ni prevelik, točkovno oblikujemo vrzeli do 0,06 ha, oz. na že pomlajenih površinah vrzeli naj ne bodo večje od 0,12 ha. Zaradi plitvih tal in velikih naklonov težimo k drevesom manjših dimenzij. Gostota dreves do 30 cm premera naj bo velika, saj velika prekoreninjenost tal pomeni dobro vezanje zemljine in manj možnosti za zemeljske plazove ali usade, ki lahko pomenijo začetek drobirskega toka. Težimo k panjevski rasti. Odstranjujemo drevesa velikih dimenzij (prsni premer nad 30 cm). V primeru pojavljanja črnega gabra in malega jesena, ti vrsti pospešujemo.
- 12: Ohranjanje poraslosti tal. Če naklon ni prevelik točkovno oblikujemo vrzeli do 0,06 ha, oz. na že pomlajenih površinah vrzeli naj ne bodo večje od 0,12 ha. Prevelike vrzeli na strmini omogočijo silovit razvoj trav in onemogočijo razvoj pomladka. Zaradi plitvih tal in velikih naklonov težimo k drevesom manjših dimenzij. Gostota dreves do premera 30 cm naj bo velika, saj velika prekoreninjenost tal pomeni dobro vezanje zemljine in manj možnosti za zemeljske plazove ali usade, ki lahko pomenijo začetek drobirskega toka. Težimo k panjevski rasti. Odstranjujemo drevesa velikih dimenzij (prsni premer nad 30 cm). V primeru pojavljanja črnega gabra in malega jesena, ti vrsti pospešujemo.

Črni gaber:

- 20: Gostota dreves na površinah poraslih s črnim gabrom in malim jesenom je zaradi pogostega vegetativnega razmnoževanja veliko večja kot pri semenskih drevesih. Zato nizek gozd gabra in malega jesena, še zlasti v panjevski obliki, omogoča boljše zaustavljanje materiala in vezanje zemljine. Poleg tega je črni gaber bolj elastičen kot semenska drevesa in zato bolj primeren ob pogostejših motnjah. Zaradi majhnih dimenzij in mase tudi ne predstavlja nevarnosti za prevrnitev. Zaradi naštetih dejstev ga pospešujemo v vsakem primeru.

Negozd:

- 00: Plitva tla hitro spolzijo po matični podlagi, zato je najbolj pomembno, da tla niso gola. Težimo k površini porasli z lesnatimi rastlinami, saj zelišča na pobočjih slabše

vežejo zemljino.

#### Območje infiltracije:

Bukev:

- 10: V sestojni zgradbi naj prevladujejo drevesa manjših dimenzij (prsni premer do 30 cm). Ko pomladek doseže dimenzije letvenjaka, postopoma odstranimo še preostalo nadstojno drevje. S točkovnimi sečnjami nizke intenzitete zagotavljamo zadostno stopnjo raznomernosti.
- 11: Zagotavljanje stalnega pomlajevanja v obliki manjših vrzeli. Prevelike vrzeli na strmini omogočijo silovit razvoj trav in onemogočijo razvoj pomladka. Pomlajevanje mora biti zagotovljeno na površini vsaj 2-5 ara/ha ali zastrtost pomladka vsaj 3 % na vsakem ha površine. Ko pomladek doseže dimenzije letvenjaka, odstranimo še preostalo nadstojno drevje. V sestojni zgradbi naj prevladujejo drevesa manjših dimenzij (prsni premer do 30 cm premera). S točkovnimi sečnjami nizke intenzitete zagotavljamo zadostno stopnjo raznomernosti.
- 12: Zagotavljanje stalnega pomlajevanja v obliki manjših vrzeli. Prevelike vrzeli na strmini omogočijo silovit razvoj trav in onemogočijo razvoj pomladka. Zagotavljamo pomlajevanje na površini vaj 2-5 ara/ha ali zastrtost pomladka vsaj 3 % na vsakem ha površine. Ko pomladek doseže dimenzije letvenjaka, odstranimo še preostalo nadstojno drevje. V sestojni zgradbi naj prevladujejo drevesa manjših dimenzij (prsni premer do 30 cm ). Da bi dosegli malopovršinsko raznomernost (drevesa vsaj 2. razširjenih deb. razredov), točkovno oblikujemo pomladitvena jedra.

Črni gaber:

- 20: Gostota dreves na površinah poraslih s črnim gabrom je veliko večja kot pri semenskih drevesih. Zato nizek gozd gabra in malega jesena, še zlasti v panjevski obliki, omogoča boljše zaustavljanje materiala in vezanje zemljine. Poleg tega je črni gaber bolj elastičen kot semenska drevesa in zato bolj primeren ob pogostejših motnjah. Zaradi majhnih dimenzij in mase tudi ne predstavlja nevarnosti za prevrnitev. Zaradi naštetih dejstev ga pospešujemo v vsakem primeru.

Negozd:

- 00: Plitva tla hitro spolzijo po matični podlagi, zato je najbolj pomembno, da tla niso gola. Težimo k površini porasli z lesnatimi rastlinami, saj zelišča na pobočjih slabše vežejo zemljino.

Na območju strug in hudourniških vršajev (modra barva na sliki) gojitveni ukrepi niso možni. Ta območja pokrivajo kar 16,5 ha površin, kar predstavlja 40 % celotnega vplivnega območja (rdeča). Na teh območjih sicer prevladujejo debeljaki, pomladka pa ni in njegova vzpostavitev zaradi odloženega materiala kratkoročno niti ni mogoča.

Na območju strug in vršajev je možnih več hidrotehničnih ukrepov. Glavni namen ukrepov je zaščita spodaj ležeče infrastrukture, v našem primeru ceste. Na prehodih struge v vršaj bi bila smiselna namestitvev podajnih lovilnih mrež, katerih funkcija je zadrževanje manjših drobirskih tokov in grobega materiala. Ti objekti so ponavadi iz kovinskih materialov v obliki mrež. Na hudournikih z izrazito globinsko in bočno erozijo (slika 29) je smiselno utrjevanje dna hudourniške struge s talnimi pragovi in stopnjevanje struge s prečnimi objekti (pregradami) s katerimi preprečimo nadaljno poglobljanje struge in rušenje brežin. Na hudournikih, ki neposredno ogrožajo infrastrukturo bi bila smiselna izdelava preusmerjevalnih oz. vodilnih objektov, ki bi preusmerile hudourniški tok in drobirski material na manj ogroženo območje. Glavni namen teh objektov ni prestrežanje rušilnih sil, ampak preusmeritev vodnega toka oz. hudourniškega materiala. Takšni objekti morajo biti izdelani iz masivnih materialov kot sta armiran beton ali kamen.



Slika 29: Hudourniški jarek z mrtvo drevnino (foto: Gal Fidej)

V predelih hudourniških jarkov (slika 28 – modra, slika 29), kjer je zaradi bočne erozije veliko mrtve drevnine, je le to potrebno odstraniti ali razrezati na krajše dolžine (1-2 m).

V preostalih varovalnih gozdovih izven vplivnih območij drobirskih tokov priporočamo odstranjevanje mrtve lesne mase iz strug hudournikov, vzpostavljanje malopovršinske raznomerne strukture ter točkovno vzpostavljanje pomladitvenih jeder (malopovršinskih pomladitvenih jeder velikosti 2-5a). Ohranjamo delež iglavcev, zlasti jelke in macesna, smreka je manj primerna. Priporočamo terenski ogled enkrat letno in spremljanje stanja gozdnih sestojev.

## 7 RAZPRAVA

### 7.1 SPLOŠNA PODOBA GOZDA

Smreka v Soteski je antropogenega izvora. Največji delež zavzema na dnu Soteske ob cesti, kjer je bila po vsej verjetnosti nasajena ter na prehodu iz planote v pobočje, kamor se je verjetno nasemenila iz smrekovih monokultur na planoti. Velik delež smrek je slabše vitalnih, vidna je osutost krošenj in vhodne odprtine lubadarjev. Razlike v deležu števila in lesne zaloge črnega gabra kažejo na majhne dimenzije te vrste, saj se najpogosteje pojavlja kot panjevec na termofilnih rastiščih. Macesen se disperzno pojavlja na zgornji polovici pobočja in v večji zaplati ob cesti, kjer zaradi kraškega površja z nekaj jamami iz katerih piha hladen zrak in tako ustvarja hladnejše rastišče, kjer uspevata tudi smreka in breza.

Kumulativna porazdelitev števila dreves po debelinskih stopnjah daje vtis ustreznosti in kaže na raznomernost sestojev. Porazdelitev števila dreves po debelinskih razredih posameznih sukcesijskih drevesnih vrst (bukev, smreka), pa pokaže jasno pomanjkanje dreves v nižjih debelinskih stopnjah. Iz slike 17 je vidno, da je število bukovih dreves razmeroma podobno od 3 do 6 debelinskega razreda. Iz tega sklepamo, da so sestoji precej enomerni, kar je za bukove sestojce sicer značilno. Drevesa velikih dimenzij pa za takšna plitva rastišča niso najbolj primerna, saj se zaradi teže in velike krošnje takšna drevesa mnogo hitreje prevrnejo.

Za varovalne gozdove odsekov 8v, 9v in 10v in 67a so ocenjene lesne zaloge v opisih odsekov za zadnje desetletje naslednje: 162, 115, 79 in 284 m<sup>3</sup>/ha, naša povprečna lesna zaloga pa znaša 388 m<sup>3</sup>/ha. Dejstvo je, da je večina naših ploskev res v bukovih debeljkih in ocena ne odseva popolnoma realnega stanja, saj premalo upošteva rastišča na težko dostopnem skalovju, kjer so dimenzije in višine dreves manjše. Poleg tega je razlika tudi v izbiri tarif za izračun lesne zaloge, pri čemer ocene iz opisov odsekov za zadnja štiri desetletja temeljijo na vmesnih tarifah 5 za iglavce in 4/5 ali 4 za listavce. Sami pa smo na podlagi višin 7. debelinske stopnje, ki znaša 24,2 m za listavce oz. 21,5 m za iglavce, določili tarife V8 za iglavce in V7 za listavce. V primerljivih razmerah, npr. dolini Krme Kotar (2005) za rastišče *Anemone-Fagetum* navaja višine 26 – 32 m pri starosti 100 let.

Naše tarife vsekakor niso primerne za rastiščih črnega gabra in malega jesena, kjer so dimenzije dreves in njihove višine neprimerno nižje v primerjavi z bukovimi sestoji. Ker pa prevladujejo bukovi debeljaki, tarife V4/5 ali celo V4 niso primerne. Tudi če za primer uporabimo tarife V4/5 za listavce in V5 za iglavce, dobimo še vedno bistveno višjo oceno – 301 m<sup>3</sup>/ha. Ocenjujemo, da so ocene lesnih zalog iz opisov odsekov bistveno podcenjene, kljub našim nekoliko precenjenim ocenam. Moti tudi dejstvo, da se kljub razvoju gozda, tarife niso spremenile zadnja štiri desetletja.

Ocenili smo tudi stabilnost vsakega popisanega drevesa. Večina bukovih dreves je načeloma dobro do zadovoljivo stabilna, problem se pojavlja, kot že omenjeno, pri velikih dimenzijah dreves, ki so v plitvih tleh dovzetna za prevrnitev. Rezultati stabilnosti za črni gaber kažejo nekoliko slabšo stabilnost. Problem pri ocenjevanju te vrste je predvsem subjektivnost ocene teh dreves, saj gaber raste na strminah, kjer je izražena sabljasta in poševna rast, ki bi pri drugih vrstah res pomenila slabšo stabilnost, vendar je znano, da je gaber dobro zakoreninjen in dobro stabilen na teh rastiščih. Ker se na teh rastiščih pojavlja naravno in dobro opravlja svojo vlogo, bi dejanska ocena morala biti boljša. Prednost smreke, jelke in macesna kot iglavcev je v večini primerov simetrična krošnja, ki povečuje stabilnost na strmih legah.

V splošnem je v Soteski malo pomladka. Ta se pojavlja večinoma v vrzelih, kljub temu pa smo na terenu pogosto opazili nepomlajene vrzeli manjših velikost. Ti manjši vetrolomi oziroma prevrnitve dreves se pojavljajo na zelo plitvih tleh. Pogoji, ki nastanejo po takšnih motnjah, bi po ekoloških lastnostih bukvi morala ustrezati, vendar se je na terenu pogosto izkazalo nasprotno. Pomlajevanje bukve je oteženo na zelo kamnitem terenu, kjer pa se smreka odlično pomlajuje. Ob večjih presvetlitvah na ekstremnih terenih prevladajo svetloлюбne drevesne vrste (črni gaber, mali jesen).

Zanimiva je večja (1/4 ha), starejša vrzel v odseku 8v, kjer je njen spodnji del odlično pomlajen s plemenitimi listavci, medtem ko v zgornjem delu skoraj ni pomladka (slika 30).



Slika 30: Večja nepomlajena vrzel v odseku 8v (foto: Gal Fidej)

Odsek 8v je sicer dobro pomlajen, verjetno zaradi večjega števila vetrolomov v 80. letih (Gozdna kronika, 1984). Zaradi omenjenih vetrolomov je oddelek precej dobro odprt z vlakami. Na že pomlajenih površinah je v zgornjem sloju prisoten debeljak, ki bi ga bilo potrebno postopoma odstraniti in omogočiti nemoten razvoj pomladka.

Pomlajevanje je zelo oteženo oz. nemogoče na hudourniških vršajih, ki skupaj s strugami pokriva kar 16,5 ha površin.

## 7.2 MODELIRANJE DROBIRSKIH TOKOV

Analiza občutljivosti uporabljenega simulacijskega modela TopRunDF je pokazala mnogo zanimivih ugotovitev. Kot najbolj pomemben faktor pri modeliranju se je izkazal mobilnostni koeficient (MK). Iz preglednice 7 je razvidno, da je ob naklonih, ki se pojavljajo v Soteski, MK zelo majhen. Zanimivo je, da se ob večjih naklonih struge (nad 0,7) vrednosti MK le malo spreminjajo, kar kaže na slabo občutljivost empirične enačbe za večje vrednosti naklona. Vse kaže na to, da je bila empirična enačba razvita v pogojih z bistveno manjšimi nakloni in zato daje pri višjih naklonih popačene rezultate, medtem ko so pri manjših naklonih rezultati bolj realni. Razlivanje pri večjih mobilnostnih koeficientih pa je dalo boljše in bolj verjetne rezultate. Za naše razmere bi morali na podlagi preteklih dogodkov (drobirskih tokov) razviti drugo empirično enačbo oz. modificirati obstoječo, ki bi temeljila na hudournikih z večjimi padci. Problem empiričnih modelov kot je TopRunDF je ta, da so vezani na pogoje v katerih so bili razviti.

Pri parametru MCI se je izkazalo, da prevelike vrednosti (od približno 50 navzgor) dajo manj verjetne rezultate. Problem je v prevelikem lateralnem razlivanju drobirskega toka, ki ne more biti realen na velikih naklonih, ki so značilni za pobočja v Soteski. Podoben učinek imajo pretirane vrednosti ES, kjer se drobirski tok začne odlagati v nemogoče smeri – npr. prečno po pobočju na enaki nadmorski višini.

Karta odloženih drobirskih tokov (slika 24) je pokazala precej verjetno stanje. Na to sklepamo iz primerjave dejanskih vršajev in modeliranih površin odlaganja, ki kažejo relativno dobro prekrivanje. Dobro prekrivanje pa pomeni tudi ustrezno izbiro vrednosti mobilnostnega koeficienta. Do realnih rezultatov pridemo preko velikega števila simulacij v kombinaciji z različnimi parametri.

Čeprav je modeliranje ponavadi eden od glavnih načinov za izdelavo karte nevarnosti, je prav tako primerno za izdelavo opozorilne karte. Po Pravilniku (2007) mora opozorilna karta vsebovati mejno črto možnega dosega dogodka, ne pa tudi verjetnosti, kot je to v našem primeru. V našem predlogu priprave opozorilne karte smo z modeliranjem prikazali skrajni možen doseg morebitnih drobirskih tokov ter tudi verjetnost pojavljanja (slika 25),



kar pomeni korak naprej od klasične opozorilne karte. To pa velja le za geografsko ločene simulacije (slika 25, rdeča linija), ne pa za območja, kjer smo na manjšem prostoru izvedli več simulacij, katerih rezultati se prekrivajo in barve ne dajejo pravih vrednosti za verjetnost. V teh primerih bi lahko te skupke (področja prekrivanja) simulacij enostavno digitalizirali po zunanjih dosegih posameznih drobirskih tokov in s tem dobili mejno črto, ki jo predpisuje omenjeni Pravilnik. Na takšen način bi dobili klasično opozorilno karto nevarnosti. Z podrobnejšim matematičnim modeliranjem lahko izdelamo tudi karto nevarnosti, vendar s programom TopRunDF to ni mogoče. Razlog za to so v Pravilniku opredeljena merila za razvrščanje v razrede nevarnosti, kjer je kot merilo poleg globine opredeljena tudi hitrost toka, v tej nalogi uporabljen model pa nam teh podatkov ne da. Za določevanje podrobnejših parametrov razlivanja toka je potrebno uporabiti zahtevnejše matematične modele, kjer simulacije temeljijo na hidravličnih enačbah (dinamična in kontinuitetna enačba) in je upoštevana tudi reologija drobirskega toka. Tako modeliranje je tudi iz vidika priprave vhodnih podatkov zahtevnejše od enostavnejših empiričnih modelov, kakršen je uporabljeni TopRunDF.

Na hudourniških vršajih v Soteski je odložen grobi kamniti material (slika 31, levo), ki kaže na to, da se ob intenzivnejših padavinah verjetno najpogosteje pojavlja prekoncentrirani vodni tok. Območje je zaradi plitvih tal nekoliko manj dovzetno za pojavljanje večjih drobirskih tokov. Ob ekstremnih padavinskih dogodkih (npr. september 2007), pa so možni drobirski tokovi večjih magnitud (slika 31, desno).



Slika 31: Levo: tipičen izgled vršaja v Soteski, desno: prečni profil odloženega materiala na cesti septembra 2007 (foto: Aleš Zdešar)

### 7.3 SESTOJI, NAIS SESTOJI IN UKREPANJE

Razmejevanje sestojev je zelo zahtevno, saj ni izrazitih ločnic med različnimi vrstami sestojev. Prehod iz bukovega v gozd malega jesena in črnega gabra je lahko neposreden, večinoma pa je vmes pas združbe bukve in črnega gabra. Malopovršinsko spreminjanje sestojnih zgradb sledi izjemni reliefni razčlenjenosti površja. Zlasti osrednji del je močno reliefno razgiban, zato tam pregled terena in opis sestojev ni bil izvedljiv in smo sestoje izločali le na podlagi aerofoto posnetkov iz leta 2006, saj novejši posnetki niso bili na voljo.

Precejšnji del pobočij desnega brega Soteske pokrivajo stari pobočni grušči na katerih so nastala tla in na njih danes uspeva gozd. Tla zaradi velikega naklona in precejšnih padavin nastajajo počasi in so zato precej plitva. Na območju prevladujejo bukovi debeljaki, ki na pobočjih pogosto tvorijo asimetrično krošnjo. Zaradi velike mase, asimetrije krošnje in plitvih tal so takšna drevesa zelo dovzetna za prevrnitev. Ne gre torej za vetrolome v dobesednem pomenu besede, ampak prevrnitev dreves zaradi slabe stabilnosti v tleh, na kar kažejo tudi terenski ogledi, kjer so prelomljena drevesa v primerjavi z prevrnjenimi, redka (slika 32).



Slika 32: Zelo plitva tla in plitev koreninski sistem (foto: Gal Fidej)

Popolna objektivnosti pri razmejevanju sestojev, NaiS sestojev in vplivnih območij ni bila mogoča. Pri izločevanju vplivnih območij se je kot pomemben sestavni del izkazalo poznavanje terenskih značilnosti Soteske. Kot primer lahko navedemo tretje vplivno območje (od zgoraj navzdol, slika 28), kjer se je izkazalo, da v območju proženja, model dovzetnosti pojavljanju drobirskih tokov ni pokazal večje verjetnosti nastanka, sami pa smo na terenu opazili več zemeljskih usadov in manjših hudourniških strug, ki se nižje na pobočju združijo v večji hudournik.. Območje je zelo redko poraslo z gozdom, prevladuje debeljak nizke gostote, pomladka skoraj ni, območje pa je močno zatravljeno. Tudi primerjava stanja iz terenskega ogleda v preteklem letu (jeseni 2010) in pred kratkim (poletje 2011) je v nekaterih primerih pokazala napredovanje erozijskih procesov na posameznih lokacijah.

Kot glavne slabosti NaiS sistema bi izpostavili:

- Preveliko število rastišč. NaiS smernice opisujejo ciljna stanja za kar 121 različnih rastišč. Dobra stran tega je objektivna presoja, ki pri izbiri gozdnih rastišč ne dopušča pretirane subjektivnosti. Pomeni pa tudi pogosto ponavljanje kriterijev v ciljnih stanjih med različnimi rastišči in posledično posploševanje ciljnih stanj. Tu pa se poraja vprašanje smiselnosti tolikšnega števila različnih rastišč. Vsako določeno rastišče je opredeljeno z značilnostmi, ki so tipična in ponazarjajo najbolj razširjeno stanje. V primeru rastišča na skrajnem robu pojavljanja, pa lahko prihaja do razlik v strukturi sestoja in bi za konkretne razmere pri ocenjevanju bila bolj primerna ciljna stanja nekega drugega rastišča. Kot primer vzemimo rastišče *Anemone-Fagetum*, ki na pobočju alpskih dolin tvori enomerne sestoje, bližje zgornje gozdne meje pa vse bolj prevladuje vegetativno razmnoževanje ter sabljasta in šopasta rast. V primeru, da ciljna stanja temeljijo na prevladujoči obliki tega tipa gozda, torej na rastiščih v dolinah, bi dobili ob ocenjevanju visokogorskega gozda nerealne ocene. Menimo, da bi bila potrebna delna združitev rastišč, ki se po ciljnih stanjih bistveno ne razlikujejo. Združitev bi lahko izvedli v okviru širših fitocenoloških kriterijev (npr. kisl bukova, bazična bukova, ipd).
- Problem uporabe NaiS sistema je tudi delna neprimerljivost poenotenih švicarskih rastišč s slovenskimi. Poleg tega je conacija gozdnih tipov v Švici pomaknjena v višje nadmorske višine. NaiS povzema klasifikacijo rastiščnih tipov po viru Ellenberg in

Klötzli (1972).

- Pogoji v NaiS smernicah so glede ciljnih parametrov v coni nastanka in coni infiltracije ohlapni. Za cono nastanka smernice opredeljujejo največjo velikost vrzeli na 0,06 oz. 0,12 ha ob že prisotnem pomladku ter stalno zastrtost tal nad 40 %. V coni infiltracije je zahtevano stalno pomlajevanje in zastrtost s krošnjami nad 30 %. Menimo, da je bolj kot zastrtost s krošnjami, pomembna poraslost tal, saj večja poraslost pomeni boljše vezanje zemljine in uravnavanje vodne bilance tal. Zastrtost tal je lahko enaka v debeljaku ali grmičastem gozdu, pri čemer pa grmičast gozd zaradi gostejšega prepleta korenin in večje gostote dreves bolje veže zemljino in vpliva na vodno bilanco tal. Slednje velja tudi za mlajše razvojne faze, ki v primerjavi s starejšimi porabljajo več vode.
- Izločanje in opisovanje NaiS sestojev je na tako razgibanem terenu, kot je Soteska, izjemno zahtevno. Razlog je malopovršinska spremenljivost rastišč in strukturnih značilnosti. Problem pri opisovanju je nedostopnost terena. Smatramo, da je metoda lažje izvedljiva na nerazgibanih pobočjih z bolj homogenimi rastišči.

Določanja vplivnega območja na način opisan v tej nalogi je lahko predlog za objektivno valorizacijo zaščitne funkcije. Vsekakor je potrebno po zgledu ostalih alpskih držav razviti objektivni sistem izločanja zaščitnih gozdov. To bo še zlasti pomembno, ko bo prišlo do subvencioniranja sredstev za gospodarjenje v zaščitnih gozdovih z namenom ohranjanja in izboljšanja opravljanja zaščitne vloge.

Na, z hudourniškim materialom zasutih območjih v conah infiltracije (slika 20-koluvij/debrit; slika 28-modra.) se na nekaterih delih, kjer je višina odloženega materiala več metrov, sušijo drevesa. Na teh območjih sicer prevladujejo debeljaki, pomladka pa ni in njegova vzpostavitev zaradi odloženega materiala niti ni možna. Zaradi količine tega materiala, razen ob cesti, le-tega niti ni smotrno odstranjevati. V tem primeru gozdnogojitveni ukrepi niso možni. Te površine lahko prepustimo naravnemu razvoju. Gledano kratkoročno, je vprašljiv tudi nadaljnji sukcesijski razvoj, saj se ob izjemnih padavinskih dogodkih ponovno naloži material, ki onemogoča nastajanje tal oz. ogromna količina vode spere že nastala tla. V izrazitih erozijskih jarkih in hudourniških strugah na območju vršajev predlagamo manjša in stroškovno ugodna stabilizacijska ureditvena dela,

ki bi dopolnjevala gojitvene ukrepe v zaščitnih gozdovih vplivnih območij. Najbolj je pomembna stabilizacija erozijskih in hudourniških strug s čemer bi preprečili širitev v gozdni prostor (slika 29).

Skupna površina preučevanega območja meri 207 ha. Izločeno vplivno območje drobirskih tokov predstavlja 42 ha oz. 20% celotnega območja. 16 ha oz 40% površine vplivnega območja predstavljajo hudourniške struge in vršaji, na katerih gozdnogojitveno ukrepanje ni možno. Na preostalih 60% (26 ha) vplivnega območja je gozdnogojitveno ukrepanje nujno.

Deleži vplivnega območja po posameznih NaiS vegetacijskih sestojih (šifrant, slika 28) in nujnost ukrepanja:

- 10: 1,2% (0,3 ha) – majhna nujnost ukrepanja,
- 11: 60% (15,6 ha) – srednja nujnost ukrepanja (v naslednjih 20 – 40 letih),
- 12: 3,1% (0,8 ha) – velika nujnost ukrepanja (v naslednjih 10 – 20 letih),
- 20: 35 % (8,8 ha) – majhna nujnost ukrepanja.

## 8 SKLEPI

Geomorfološki procesi so v alpskem svetu nekaj vsakdanjega in popolnoma naravnega. Zanimivi so z vidika znanstvenega opazovanja dinamičnih pojavov, spreminjanja krajine, habitatov, geoloških procesov in navsezadnje tudi z vidika vpliva na gozd in obratno. Ena od posledic popredmetenega dojetanja narave je tudi želja po "popravljanju" učinkov naravnih procesov, kjer so ti procesi poglavitni element pokrajine (Komac, 2009). Do slednjega pride zlasti takrat, ko določena naravna nevarnost ogroža človekovo infrastrukturo. Tukaj nastopi najprej človekova potreba po identifikaciji in ugotavljanju (možnega) obsega naravne nevarnosti, s čemer želi preprečiti morebitno škodo, kasneje pa s svojimi posegi skuša preprečiti pojavljanje ali omejiti njen obseg. Prvi korak pri identifikaciji in ugotavljanju možnega obsega naravne nevarnosti je karta podvrženosti pojavljanju drobirskih tokov in opozorilna karta drobirskih tokov. V našem primeru smo za podlago pri modeliranju uporabljali DMR ločljivosti 12,5 m. V prihodnosti bi bilo nujno vključiti t. i. LiDAR-ske posnetke, ki jih v tujini uporabljajo že dalj časa tudi zaradi njihove velike natančnosti. Večja natančnost pa pri modeliranju pomeni bolj verjetne simulacije gibanja in odlaganja drobirskih tokov. V našem primeru bi to pomenilo bolj verjetne ocene razlivanja drobirskega toka in bolj verjetne meje možnega dosega drobirskega toka na opozorilni karti. Uporaba LiDAR-skih posnetkov je zlasti dobrodošla pri modeliranju z matematičnimi modeli, kjer bi ob uporabi DMR v fazi gibanja drobirskega toka zaradi neizrazite struge lahko prišlo do prehitrega razlivanja (odlaganja) drobirskega toka. V bližnji prihodnosti naj bi bili LiDAR-ski posnetki na voljo tudi v Sloveniji. Z njihovo uporabo bi bilo potrebno izdelati lokalne karte podvrženosti drobirskim tokovom.

V primeru razdeljevanja subvencij za ukrepanje v zaščitnih gozdovih po zgledu tujih držav, bodo potrebni objektivni načini izločevanja zaščitnih gozdov. Način za izločanje vplivnih območij s pomočjo modela dovzetnosti drobirskim tokovom in modeliranja drobirskih tokov, kot je opisan v nalogi (str. 66-68), po našem mnenju dovolj objektivno in realno predstavlja dejanske površine zaščitnih gozdov. Za opisan način izločanja niso potrebni kompleksni matematični modeli, saj nas ne zanimajo npr. hitrost pojava, ipd., temveč le površina gozda, ki ščiti pred drobirskimi tokovi. Navedeno velja le v primeru, ko

imamo na razpolago karto dovzetnosti drobirskih tokov, ki nam posreduje informacije o začetnih točkah simulacij, sicer določitev vpliv območij z enostavnimi modeli kot je TopRunDF, ni mogoče. Da bi dobili površino zaščitnega gozda, ki ščiti pred vsemi nevarnostmi, bi morali v analizo vključiti še ostale naravne nevarnosti (padajoče kamenje, zemeljski in snežni plazovi, hudourniki, plazenje zemljišč) na nekem območju. Na takšen način bi dobili dejanske površine zaščitnih gozdov.

Pri uporabi modela TopRunDF se je izkazalo, da pri nas nima uporabne zgodovine in smo ga kot takega uporabili prvi. Model se je izkazal kot primeren za izdelavo opozorilne karte drobirskih tokov in modeliranje odlaganja drobirskih tokov, čemur je pravzaprav namenjen. Kot prednosti modela bi izpostavili:

- enostavna uporaba,
- hitrost računanja. Večina simulacij traja le nekaj sekund,
- hitro in enostavno ter ugodno pridobivanje vhodnih podatkov (parametrov) potrebnih za modeliranje.

Slabosti:

- empiričnost modela. Model ima svoje omejitve, ker temelji na specifičnih pogojih v katerih je bil ustvarjen. Kot največja omejitev se je izkazal mobilnostni koeficient,
- potrebno število simulacij, da pridobimo verjetne rezultate. Do verjetnih rezultatov pridemo preko velikega števila simulacij v kombinaciji z različnimi parametri.

V Sloveniji že imamo pravne podlage (zakonski in podzakonski akti) glede poplav in različnih vrst erozijskih procesov, medtem ko problematika drobirskih tokov pravno še ni pokrita. V prihodnosti bi bilo nujno izdelati ali dopolniti obstoječe pravne akte še za področje drobirskih tokov. Pri izdelavi pravnih podlag in celostnega reševanja problematike obravnave škodnega učinka naravnih nevarnosti na infrastrukturne objekte in presoje vpliva gozda, morajo biti vključeni strokovnjaki geološke, hidrotehniške in gozdarske stroke. Geologi preko geoloških kart, kart dovzetnosti pojavljanja plazov, drobirskih tokov, itd., hidrotehnik z znanjem hidravlike (reologije) in hidrologije in gozdarji z gozdnogojitveno (dolgoročna prostorska in časovna dinamika ukrepanja) in gozdnogospodarsko obravnavo zaščitnih gozdov (valorizacija zaščitne funkcije,

prilagojena inventarizacija zaščitnih gozdov).

## 9 POVZETEK

Namen naloge je preučiti proces drobirskega toka na obravnavanem območju. To obsega opredelitev vplivnega območja s pomočjo modeliranja in izločitev gozdov, ki poraščajo vplivna območja in opravljajo zaščitno funkcijo. Namen je analizirati strukturne značilnosti gozda in ovrednotenje glede na ciljne strukture (profile) in določitev gozdnogojitvenih ukrepov.

Predmet raziskave so varovalni gozdovi nad cesto v Soteski med Bledom in Bohinjsko Bistrico. Večji del gozdov spada v gozdnogospodarsko enoto Jelovica, manjši del pa v Radovljica – desni breg Save. Na preučevanem pobočju desnega brega Save, ki se dvigajo od 470 do 1100 m nadmorske višine, prevladuje rastišče *Anemone trifoliae-Fagetum*, *Ostryo-Fagetum* in *Ostryo-Ornetum*. Zakoločili smo 26 vzorčnih ploskvev, na katerih smo popisali vsa živa drevesa s prsnim premerom  $\geq 10$  cm. Trem središču najbližjim drevesom smo izmerili višino in dolžino žive krošnje. Na ploskvah smo popisali mladje v dveh velikostnih razredih (1. razred,  $10 \text{ cm} \leq H < 1,3 \text{ m}$  in 2. razred,  $1,3 \text{ m} \leq H$  in prsni premer  $< 10 \text{ cm}$ ). Izvedli smo podrobne opise sestojev in NaiS sestojev. Za slednje smo pri opisu uporabljali ciljne strukture. Kot najbolj primerno (primerljivo) rastišče za *Anemone-Fagetum*, ki se pojavlja v Soteski smo izbrali rastišče 12a - *Mercuriali-/Cardamino-Fagetum typicum*, za rastišče *Ostryo-Fagetum* oz. *Ostryo-Ornetum* pa smo po Ellenbergu in Klötzli (1972) izbrali rastišče 37 - *Fraxino orni-Ostryetum*. Pri modeliranju drobirskih tokov smo uporabljali model TopRunDF, verzija 1.1.

Geološki zavod Slovenije je po naročilu za preučevano območje izdelal geološko karto in karto dovzetnosti pojavljanju drobirskih tokov. Uporabljena metodologija za izdelavo slednje je bila enaka tisti, ki je nastala v okviru projekta: Ocena ogroženosti zaradi delovanja drobirskih tokov (2008). Z modelom TopRunDF smo:

- simulirali odlaganje drobirskih tokov na hudourniških vršajih, pri čemer smo kot začetne točke simulacij uporabili vrh posameznega vršaja,
- na podlagi simulacij izdelali opozorilno karto drobirskih tokov, pri čemer smo kot



začetne točke simulacij uporabili mesta nastanka, torej mesta, kjer bi z veliko verjetnostjo lahko prišlo do začetka pojava. Točke smo odčitali s karte podvrženosti drobirskim tokovom, ki jo je izdelal Geološki zavod Slovenije.

Izdelali smo karto sestojev na kateri smo označili razvojne faze in mešanost v petih razredih. Ugotovili smo, da prevladujejo sestoji bukovih debeljakov. Na grebenih, zelo strmih legah se pojavljajo združbe črnega gabra in malega jesena (*Ostryo-Ornetum*). Združba *Ostryo-Fagetum* se najpogosteje pojavlja kot prehod iz *Anemone-Fagetum* v *Ostryo-Ornetum*. Smreka je antropogenega izvora in se pojavlja ob cesti ter na prehodu iz pobočja v planoto. Po lesni zalogi prevaduje bukev z 64 %, sledi smreka z 22 %, nato črni gaber s 4%. Porazdelitev števila dreves po debelinskih razredih posameznih sukcesijskih drevesnih vrst (bukov, smreka) pokaže jasno pomanjkanje dreves v nižjih debelinskih stopnjah. Številne vrzeli, ki se sporadično pojavljajo po celotnem pobočju, so posledica prevrnitev dreves zaradi zelo plitvih tal na pobočnih gruščih. Ocenjena lesna zaloga znaša 388 m<sup>3</sup>/ha in je v primerjavi z ocenami iz opisov odsekov bistveno večja. Ker je velik delež naših ploskev bil postavljen v bukove sestoje, v katerih je lesna zaloga bistveno večja kot v nizkem gozdu črnega gabra in malega jesena, je naša ocenjena lesna zaloga nekoliko precenjena. Ocene iz opisov odsekov pa so bistveno podcenjene, temeljijo pa tudi na zelo nizkih tarifah: iglavci V5, listavci V4/5 in se niso spremenile zadnja 4 desetletja. Pomladka v Soteski je malo. Večinoma se pojavlja v vrzelih, kljub temu smo opazili večje število manjših nepomlajenih vrzeli. Številne vrzeli, ki se sporadično pojavljajo po celotnem pobočju, so posledica prevrnitev dreves zaradi zelo plitvih tal na pobočnih gruščih.

Za uporabljeni model TopRunDF smo izvedli analizo občutljivosti, kjer smo preizkusili vpliv posameznih vhodnih parametrov. Poleg magnitude je najbolj pomemben faktor mobilnostni koeficient. Preko povprečnih naklonov struge in naklonov vršaja smo izračunali mobilnostni koeficient 5 oz. ob upoštevanju varnostnega faktorja 10. Ta vrednost se je pri modeliranju izkazala kot premajhna, saj je dala malo verjetne rezultate (zelo visoko odložen material na majhni površini). Ob uporabi večjih mobilnostnih koeficientov smo dobili bolj verjetne rezultate odlaganja drobirskega toka. Izkazalo se je, da je bila empirična enačba za izračun mobilnostnega koeficienta, ki temelji na povprečnem naklonu struge in naklonu vršaja, razvita v pogojih z bistveno manjšimi

nakloni, in pri višjih naklonih (kot npr. v Soteski) daje popačene rezultate.

Izločili smo NaiS sestoje. Ta metoda predvideva opis sestoja na podlagi rastišča in naravne nevarnosti, pri čemer moramo ločiti sestoje glede na to ali gre za območje proženja ali infiltracije. Metodo smo nekoliko modificirali, pri čemer smo iz vseh kriterijev ciljnega stanja izbrali le 3 kriterije: rastišče (drevesno vrsto), pomlajevanje in prisotnost razširjenih debelinskih razredov. Tako smo dobili NaiS vegetacijske sestoje. Nato smo za vsako kombinacijo (presek) rastišča (vegetacijskega sestoja) in vplivnega območja podali gozdnogojitvene ukrepe. Vplivna območja smo izločili na podlagi karte dovzetnosti pojavljanju drobirskim tokovom in modeliranja.

Skupna površina preučevanega območja meri 207 ha. Izločeno vplivno območje drobirskih tokov predstavlja 42 ha oz. 20 % celotnega območja. 16 ha oz 40 % površine vplivnega območja predstavljajo hudourniške struge in vršaji, na katerih gozdnogojitveno ukrepanje ni možno. Na preostalih 60 % (26 ha) vplivnega območja je gozdnogojitveno ukrepanje nujno.

Deleži vplivnega območja po posameznih NaiS vegetacijskih sestojih in nujnost ukrepanja:

- Bu sestoji, dobro pomlajen, 2 razširjena deb. razreda: 1,2 % (0,3 ha) – majhna nujnost ukrepanja,
- Bu sestoji, slabo pomlajen, 2 razširjena deb. razreda: 60 % (15,6 ha) – srednja nujnost ukrepanja (v naslednjih 20 – 40 letih),
- Bu sestoji, slabo pomlajen, ni 2. razširjenih deb. razredov: 3 % (0,8 ha) – velika nujnost ukrepanja (v naslednjih 10 – 20 letih),
- Nizek gozd črnega gabra: 35 % (8,8 ha) – majhna nujnost ukrepanja.

Gozdnogojitvene smernice zajemajo: ohranjanje zastrtosti tal, težnja k drevesom manjših dimenzij (do premera 30 cm), postopno odstranjevanje zgornjega sloja na že pomlajenih površinah, oblikovanje vrzeli velikosti do 0,06 ha oz. 0,12 ha v primeru, da je pomladek že prisoten, s točkovnimi sečnjami nizke intenzitete zagotavljamo zadostno stopnjo raznomernosti.

Na območjih hudourniških strug in vršajev, kjer gozdnogojitveni ukrepi niso možni, predlagamo naslednje tehnične ukrepe: utrjevanje dna hudourniške struge s talnimi pragovi, stopnjevanje hudourniške struge s prečnimi objekti (pregradami) za preprečevanje globinskega poglobljanja struge in rušenja brežin, namestitvev podajnih lovilnih mrež na prehodih struge v vršaj (zadrževanja grobega materiala in lovljenje manjših drobirskih tokov) ali izgradnja preusmerjevalnih oz. vodilnih objektov (preusmerjanje hudourniškega toka in drobirskega materiala) na območju vršajev – kadar je v območju delovanja drobirskega toka kakršnakoli infrastruktura.

Zaključki:

- v prihodnosti je potrebna vključitev LiDAR-skih posnetkov, ki bodo zagotavljali večjo natančnost pri modeliranju. Z njihovo uporabo bi bilo potrebno izdelati lokalne karte podvrženosti drobirskim tokovom
- v primeru razdeljevanja subvencij za ukrepanje v zaščitnih gozdovih bo potrebna objektivna metodologija izločanja zaščitnih gozdov. Način za izločanje vplivnih območij s pomočjo modela dovzetnosti drobirskim tokovom in modeliranja drobirskih tokov, kot je opisan v nalogi, po našem mnenju dovolj objektivno in realno predstavlja dejanske površine zaščitnih gozdov.
- Prednosti modela TopRunDF:
  - enostavna uporaba,
  - hitrost računanja,
  - hitro in enostavno pridobivanje vhodnih podatkov.
- Slabosti modela:
  - empiričnost modela,
  - potrebno število simulacij, da dobimo verjetne rezultate.

V prihodnosti bi bilo nujno izdelati ali dopolniti obstoječe pravne akte še za področje drobirskih tokov. Pri izdelavi pravnih podlag in celostnega reševanja problematike obravnave škodnega učinka naravnih nevarnosti na infrastrukturne objekte in presoje vpliva gozda, morajo biti vključeni strokovnjaki geološke, hidrotehniške in gozdarske stroke.

## 10 VIRI

- Berger F., Rey F. 2004. Mountain Protection Forests against Natural Hazards and Risks: New French Developments by Integrating Forests in Risk Zoning. *Natural Hazards*, 33: 395 – 404.
- Brang P. 2001. Resistance and elasticity: promising concepts for the management of protection forests in European Alps. *Forest Ecology and Management*, 145: 107-119
- Brang P., Schönenberger W., Frehner M., Schwitter R., Thormann J.J., Wasser B. 2006. Management of protection forests in the european Alps: an overview. *Forest snow and landscape research*. 80, 1: 23-24.
- Ocena ogroženosti zaradi delovanja drobirskih tokov: ciljni raziskovalni projekt: končno poročilo. 2008. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Geološki zavod RS: 224 str.
- Dorren L. K. A, Berger F. 2006. Panarchy and sustainable risk prevention by managing protection forests in mountain areas. V: *RISK 21 – Coping with risks due to Natural Hazards in 21<sup>st</sup> century*. 2006. Amman W. J., Dannenmann S., Vulliet L. (Ur.). Monte Verita, Ascona, (Switzerland): 203-214.
- Giamboni M., Wehrli A. 2008. Improving the management of protection forests in Switzerland – The Project SilvaProtect – CH. V: *Intrapraevent, Conference proceedings*. vol. 2. 2008.
- Gozdna kronika 1900. 1900 (hrani ZGS, KE Bohinj)
- Gozdna kronika 1906. 1906 (hrani ZGS, KE Bohinj)
- Gozdna kronika 1948. 1948 (hrani ZGS, KE Bohinj)
- Gozdna kronika 1952. 1952 (hrani ZGS, KE Bohinj)
- Gozdna kronika 1984. 1984 (hrani ZGS, KE Bohinj)
- Gozdnogospodarski načrt za Gozdnogospodarsko enoto Jelovica 2002 – 2011. 2003. Bled, Zavod za gozdove, OE Bled.
- Gozdnogospodarski načrt za Gozdnogospodarsko enoto Radovljica - desni breg Save 2000 – 2009. 2002. Bled, Zavod za gozdove, OE Bled.
- Guček M. 2010. Analiza stanja varovalnih gozdov in gozdov s posebnim namenom: seminarska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.:19 str.
- Kajfež-Bogataj L. 1996. Nalivi v Sloveniji. *Sodobno kmetijstvo*. 29, 10: 422-424.

- Koren, M. 2005. Analiza erozijske ogroženosti turističnih kampov v zgornjem Posočju.: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 89 str.
- Klimatski podatki za 30- letno obdobje, Stara fužina. 2009. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje  
[http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by\\_location/stara\\_fuzina/climate\\_normals\\_71\\_00\\_stara\\_fuzina.pdf](http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by_location/stara_fuzina/climate_normals_71_00_stara_fuzina.pdf) (3. 7. 2011)
- Komac B., Zorn. M. 2007. Pobočni procesi in človek. Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU: 217 str.
- Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije: 500 str.
- Marinček L., Čarni A. 2002. Komentar k vegetacijski karti gozdnih združb Slovenije v merilu 1:400.000. Ljubljana, Založba ZRC, Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU.
- Meteorološko poročilo: Izjemen padavinski dogodek 18. 9. 2007. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje  
[http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20projekti/padavine\\_18sep07.pdf](http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20projekti/padavine_18sep07.pdf) (3. 7. 2011)
- Mikoš M. 1997. Ocena ogroženosti alpskega prostora z naravnimi ujmani. Gradbeni vestnik, 46: 1/2/3: 2-7.
- Mikoš M. 2007. Upravljanje tveganj in nova evropska direktiva o poplavnih tveganjih. Gradbeni vestnik, 56, 11: 278-285.
- Mikoš M., Fazarinc R., Majes B. 2007. Določitev ogroženega območja v Logu pod Mangartom zaradi drobirskih tokov s plazju Stože. Acta geographica Slovenica, 47, 2: 171-198.
- Mikoš M. 2009. Osnove hudourništva, varstvo pred hudourniki in zemeljskimi plazovi: študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 217 str.
- Motta R., Haudemand J-C. 2000. Protective forests and silvicultural stability – An example of planing in Aosta valley. Mountain research and development. 20, 2: 74-81.
- O'Hara K. L. 2006. Multiaged forest stands for protection forests: concepts and

- applications. *Forest snow and Landscape research*. 80, 1: 45 – 55.
- Ogrin D. 2002. *Vreme in podnebje v Sloveniji: študijsko gradivo za klimatologijo in fizično geografijo Slovenije*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo: 33 str.
- Papež J. 2011. *Neme priče pri presoji nevarnosti zaradi erozijskih in hudourniških procesov: magistrsko delo*. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana: samozal.: 178 str.
- Poročilo: podnebne razmere v Sloveniji (Obdobje 1971-2000). 2006. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje  
[http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/podnebne\\_razmere\\_Slo71\\_00.pdf](http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/podnebne_razmere_Slo71_00.pdf) (3. 7. 2011)
- Pravilnik o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti. 2007. Ur. l. RS št. 60/07
- Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo. 2010. Ur.l. RS, št. 91/10
- Ribičič M. 2000/2001. *Značilnosti drobirskega toka Stože pod Mangartom*. *Ujma* 14/15: 102-108.
- Rožič B. *Osemnajsti september 2007*. 2007. *Bohinjske novice, Glasilo občine Bohinj*. 10, 10: 4-8.
- Scheidl C., Rickenmann D. 2009. *Empirical prediction of debris-flow mobility and deposition on fans*. *Earth Surface Processes and Landforms*, 35: 157-171.
- Scheidl C. 2009. *Prediction of debris-flow mobility and deposition on torrential fans: PhD thesis*. Vienna, University of Natural resources and Applied Life Sciences: 198 str.  
<http://www.debris-flow.at/> (18. 9. 2011)
- Sodnik J. 2005. *Metode za ocenjevanje ogroženosti z drobirskimi tokovi: diplomsko delo*. (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo). Ljubljana: samozal.: 115 str.
- Sodnik J. 2009. *Matematično modeliranje drobirskih tokov in priprava podrobnih kart nevarnosti: magistrsko delo*. (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo). Ljubljana: samozal.: 237 str.
- Sodnik J., Mikoš M. 2006. *Ocena magnitud drobirskih tokov v izbranih hudourniških*

- območjih v Sloveniji. *Acta Geographica Slovenica*, 46, 1: 93-123.
- Škulj E. 2011. "Varovalni gozd, Soteska – povpraševanje o elementarnih dogodkih – zemeljskih plazovih na cesti R1 209 ". Ljubljana, Direkcija RS za ceste, sektor za vzdrževanje in varstvo cest. [gp.drsc@gov.si](mailto:gp.drsc@gov.si). (osebni vir, 1. 7. 2011)
- Štetje 2000 – 2010. Ljubljana, Ministrstvo za promet, Direkcija Republike Slovenije za ceste.  
<http://www.dc.gov.si/si/promet> (20.7.2011)
- Uredba o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, 2008. Ur. l. RS št. 89/08
- Uredba o varovalnih gozdovih in gozdovih s posebnim namenom. Ur.l. RS, št.29/09
- Veber I., Budkovič L. 1989. Pantzova žičnica, Blatni graben, 1882 – 1964: zloženska. (neobjavljeno)
- Vidic T. 2007. "Ureditev regionalne ceste RT-909/1125 B. Bistrica – Vresje, pododsek Jelovške ceste v Bohinjski Bistrici, sanacija škode po neurju na regionalni cesti R1-209, na odsekih 1089 Bled-Soteska in Soteska-Bitnje ter sanacija cestišča v koritih: odgovor direktorata za ceste". Ljubljana, Ministrstvo za promet, Direktorat za ceste.  
[http://obcina.bohinj.si/uploads/media/13.1.MZP\\_cesta.pdf](http://obcina.bohinj.si/uploads/media/13.1.MZP_cesta.pdf) (21.8.2011)
- Vilman V. 2003. Samotežne žičnice Kranjske industrijske družbe. *Kronika: časopis za slovensko krajevno zgodovino*. 51, 3: 287-306.
- Wehrli A., Brang P., Bernhard M., Philippe D., Binder F., Lingua E., Ziegner K., Klee Maye K., Dorren L. 2007. *Schutzwaldmanagement in den Alpen – eine Übersicht*. 158. 5: 142-156. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*.
- Zakon o gozdovih. 2007. Ur.l. RS, št. 110/07
- Zakon o vodah. 2002. Ur. l. RS št. 76/02
- Zakon o vodah. 2008. Ur. l. RS št. 57/08

## ZAHVALA

Diplomska naloga je del projekta "Varovalni gozdovi: Razvojne zakonitosti, ocena tveganja, usklajevanje gojenja gozdov in tehnologij izkoriščanja" (APL: L4-2244), ki poteka na Katedri za gojenje gozdov.

Mentorju prof. dr. Matjažu Mikošu in somentorju prof. dr. Juriju Diaciju se zahvaljujem za napotke in usmeritve tekom pisanja naloge.

Recenzentu doc. dr. Janezu Pirnatu se zahvaljujem za recenzijo naloge.

Največja zahvala gre Tihomirju Ruganiju, ki je pomagal ob mnogih dilemah, Dejanu Firmu za računalniško pomoč in Joštu Sodniku pri odkrivanju programa TopRunDF in mnogih nasvetih pri modeliranju.

Zahvaljujem se Geološkemu zavodu Slovenije: dr. Milošu Bavcu, Špeli Kumelj, dr. Jerneju Ježu, dr. Bogomirju Celarcu, Blažu Milaniču, Majdi Mahne in Jani Otrin za izdelano karto doveznosti pojavljanju drobirskih tokov in geološko karto Soteske.

Hvala Luki Novaku za pomoč na terenu.

Hvala tudi Andreju Rozmanu za pomoč pri izbiri ustreznih rastišč iz NaiS.

Hvala Marku Gašperinu in Andreju Gartnerju z ZGS za pomoč pri podatkih o preteklem gospodarjenju.

Maji Božič se zahvaljujem za pregled naloge.

Navsezadnje pa se moram zahvaliti staršem, ki so mi omogočili študij in Katarini, ki mi je ves čas stala ob strani.





Priloga B: Obrazec za popis sestojev:

KAT.GOZDOV: NEGOVANOST:	RELIEF: ZASNOVA:	POLOŽAJ V POKRAJ.: RAZ.FAZA:	LEGA:	ZDRUŽBA:	OHRANJENOST:
----------------------------	---------------------	---------------------------------	-------	----------	--------------

Vrsta potencialne naravne nevarnosti: \_\_\_\_\_ Mesto (nastanka, tranzita, odlaganja): \_\_\_\_\_  
 Potencialni prispevek gozda (vloga): \_\_\_\_\_

STABILNOST (0-slabo, 1-zadovoljivo, 2-dobra): \_\_\_\_\_

DREVESNA SES TAVA (vrsta, oblika in stopnja):

DV							
%							

ZGRADBA

DBH struktura	A - 10 do 30 cm	B - 30 do 50 cm	C - nad 50 cm	(Delež števila dreves)
Horizontalna (sklep):				

STABILIZATORJI

Simetričnost krošenj: \_\_\_\_\_

Zakoreninjenost, nagnjenost, vitkost: \_\_\_\_\_

POMLAJEVANJE

Prisotnost ugodnih mikrorastišč: \_\_\_\_\_

Prisotnost pomladka - 10 do 40 cm H: \_\_\_\_\_

Prisotnost pomladka - 40 cm (H) do 10 cm (DBH): \_\_\_\_\_

POŠKODOVANOST

Priloga C: Preglednica: primer ciljnega profila za rastišče *Mercuriali-/Cardamino-Fagetum typicum* (prirejeno po: NaiS 2004, Ökologie, Waldbau und Anforderungen pro Standortstyp: 121)

Lastnosti sestoja in dreves	Minimalni profil	Idealni profil
<b>Mešanost</b> tip in stopnja	listavci 60 – 100% bukev 50 – 100% smreka 0 - 30%	listavci 80 – 90% bukev 60 – 80% iglavci 10 - 20%
<b>Struktura</b> variacija premerov	Zadostno število dreves z rastnim potencialom v vsaj 2 razširjenih debelinskih razredih na ha	Zadostno število dreves z rastnim potencialom v vsaj 3 razširjenih debelinskih razredih
<b>Nosilci stabilnosti</b> krošnje	Vsaj polovica dreves s simetrično krošnjo	Le redke krošnje asimetrične
sestoj/sidranje	Navpična deblo, dobro zasidrana, le nekatera drevesa nagnjena	Navpična debela, dobra zasidranost, brez močno nagnjenih dreves
<b>Pomlajevanje</b> podlaga	Zaplate z močno zeliščno konkurenco < 1/3 površine	Zaplate z močno zeliščno konkurenco < 1/10 površine
manjši pomladek (10 - 40 cm višine)	Pri zastrtosti < 0,7 vsaj 10 bukev na 1 ar (v povprečju 1 bukev vsake 3 m)	Pri zastrtosti < 0,7 vsaj 50 bukev na 1 ar (v povprečju ena bukev na 2 metra)
večji pomladek (40 cm viš. - 12 cm DBH)	Vsaj 1 skupina na ha (velikosti 2 - 5a), v povprečju vsakih 75 m ali pokrovnost pomladka vsaj 3 %, mešanost skladna s ciljnim stanjem	Vsaj 2 skupine na ha (velikosti 2 - 5a), v povprečju 1 skupina vsakih 75 m ali pokrovnost pomladka vsaj 7 %, mešanost skladna s ciljnim stanjem

Priloga D: Preglednica za ciljna stanja za gozdove, ki nudijo zaščito proti zemeljskimi plazovi, erozijo, drobirskimi tokovi (prirejeno po NaiS 2004, Appendix: Natural hazards: 13)

<b>Lokacija</b>	<b>Potencialni prispevek gozda</b>	<b>Ciljno stanje glede na nevarnost: minimalne zahteve</b>	<b>Ciljno stanje glede na nevarnost: idealne zahteve</b>
<b>Območje nastanka</b>	<b>Velik</b> v primeru plitvega zemeljskega plazu (globina drsne ploskve največ 2 m) in površinske erozije	<b>Horizontalna struktura</b> Maksimalna vrzel 0,06 ha, če prisoten pomladek 0,12 ha  <b>Horizontalna struktura</b> Zastrtost krošenj stalno $\geq 40\%$ izpolnjene minimalne zahteve glede rastišča  <b>Mešanost DV</b> Če na območju tranzicije prihaja do stika dveh rastišč, upoštevamo zahteve bolj vlažnega rastišča	<b>Horizontalna struktura</b> Maksimalna vrzel 0,04 ha, če prisoten pomladek 0,08 ha  <b>Horizontalna struktura</b> Zastrtost krošenj stalno $\geq 60\%$ . Izpolnjene zahteve glede idealnega ciljnega stanja rastišč  <b>Mešanost DV</b> Če na območju tranzicije prihaja do stika dveh rastišč, upoštevamo zahteve bolj vlažnega rastišča  Nosilci stabilnosti brez težkih dreves in dreves, ki bi jih lahko podrl veter
<b>Območje infiltracije</b>	<b>Srednji</b> V primeru srednje globokih do globokih zem.plazov (globina drsne ploskve vsaj 2 m), če je možno vplivati na vodno bilanco zdrsne plasti	<b>Horizontalna struktura</b> Zastrtost krošenj stalno $\geq 30\%$ izpolnjene minimalne zahteve glede rastišča	<b>Horizontalna struktura</b> Zastrtost krošenj stalno $\geq 50\%$ . Zagotovljene zahteve glede idelanega ciljnega stanja rastišč
	<b>Majhen</b> V primeru srednje globokih in globokih zem. plazov (globina drsne ploskve največ 2 m), če imamo vpliv na vodno bilanco zdrsne plasti	<b>Pomlajevanje</b> zagotovljeno trajno pomlajevanje	<b>Pomlajevanje</b> Zagotovljeno trajno pomlajevanje. Izpolnjene zahteve glede idelanega ciljnega stanja rastišč

Priloga E: Primer obrazca za ocenjevanje NaiS sestojev (za ocenjevanje rastišča *Anemone Fagetum* v kombinaciji z drobirskimi tokovi)

**Waldbauprojekt Formular 2 / Herleitung Handlungsbedarf**

Občina:	Lokacija:	Poskev:	Datum:	Avtor:		
1. Rastišče: Cardamine Fagetum typicum						
2. Naravna nevarnost in učinkovitost: drobirski tokovi						
3. Stanje gozda, analiza trendov in ukrepanja						
Lastnosti sestoja in drevesa	Minimalni profil (zahteve) (vključno z naravnimi nevarnostmi)	Sedanje stanje gozda	Sedanje stanje, trend v 10. in 50. letih	Učinkovito ukrepanje	Priljubljenost	6. Etapni cilj s ciljnim vrednostmi Preverjanje čez 10 let
Mešanost drevesnih vrst (tip in stopnja)	listavci 60 - 100% bukev 50 - 100% smreka 0 - 30% V primeru stika dveh rastišč, upoštevamo zahteve vlažnejšega.					
Vertikalna struktura (variacija DBH)	Zadostno število dreves z ravnim potencialom v vsaj 2. različnih debelinskih razredih na ha					
Horizontalna struktura (% površine, dolžina vrzeli, gostota)	Maksimalna vrzel 0,06 ha, če prisoten pomladek 0,12 ha. Zastrtost krošenj stalno $\geq 40\%$					
Nosilci stabilnosti (oblika krošnje, vitkost, ciljni premer)	Vsaj polovica dreves s simetrično krošnjo. Navpična debla, dobro zasidrana, le nekatera drevesa nagnjena					
Razmere za pomlajevanje (podlaga)	Zaplate z močno zeliščno konkurenco $< 1/3$ površja					
Pomlajevanje: manjši pomladek (10 do 40 cm višine)	Pri zastrtosti $< 0,7$ , vsaj 10 bukev na 1 ar (v povprečju 1 bukev vsake 3 m)					
Pomlajevanje: večji pomladek (40 cm višine do 12 cm premera)	Vsaj 1 skupina na ha, velikosti 2-5a (v povprečju 1 skupina vsakih 100 m) ali zastrtost vsaj 3%. Mešanost skladna s ciljnim stanjem					
4. Potrebno ukrepanje: Da Ne		5. Nujnost ukrepanja: majhna srednja velika				

Priloga F: Primer obrazca za ocenjevanje NaiS sestojev (za ocenjevanje rastišč *Ostryo-Fagetum* oz. *Ostryo-Ornetum* v kombinaciji z drobirskimi tokovi)

**Waldbauprojekt**

**Formular 2 / Herleitung Handlungsbedarf**

Občina:	Lokacija:	Ploskev:	Datum:	Avtor:		
1. Rastišče: Fraxino omi-Ostryetum						
2. Naravna nevarnost in učinkovitost: drobirski tokovi						
3. Stanje gozda, analiza trendov in ukrepanja						
Lastnosti sestoja in drevesa	Minimalni profil (zahteve) (vključno z naravnimi nevarnostmi)	Sedanje stanje gozda	Sedanje stanje, trend v 10. in 50. letih	Učinkovito ukrepanje	Primerrost	6. Etapni cilj s ciljnim vrednostmi Preverjanje čez 10 let
Mešanost drevesnih vrst (tip in stopnja)	čmi gaber, m. jesen 0-90% mokovec, hrast 10-70% V primeru stika dveh rastišč, upoštevamo zahteve vlažnejšega.					
Vertikalna struktura (variacija DBH)	Zadostno število dreves z ravnim potencialom v vsaj 2. različnih debelinskih razredih na ha					
Horizontalna struktura (% površine, dolžina vrzeli, gostota)	Maksimalna vrzel 0,06 ha, če prisoten pomladek 0,12 ha.  Zastrtost krošenj stalno $\geq 40\%$					
Nosilci stabilnosti (oblika krošnje, vitkost, ciljni premer)	Vsaj polovica dreves s simetrično krošnjo. Navpična debla, dobro zasidrana, le nekatera drevesa nagnjena. Vsaj 20 % dreves semenskega izvora					
Razmere za pomlajevanje (podlaga)	Zaplate z močno zeliščno konkurenco $< 1/2$ površja					
Pomlajevanje: manjši pomladek (10 do 40 cm višine)	Prisoten v vrzelih					
Pomlajevanje: večji pomladek (40 cm višine do 12 cm premera)	Vsaj 2 skupini na ha, velikost 2-5a (v povprečju 1 skupina na vsakih 75 m) ali zastrtost vsaj 5%. Mešanost skladna s ciljnim stanjem					
4. Potrebno ukrepanje: Da Ne		5. Nujnost ukrepanja: majhna srednja velika				