

Pomen gozdov za varovanje pred škodljivim delovanjem hudournih voda

Delavnica "Smernice in ukrepi za gospodarjenje z gozdovi v hudourniških območjih"

Milan Kobal¹, Tomaž Cej, Jože Papež, Kristina Sever, Andrej Breznikar, Aleš Poljanec, Andrej Bončina, Primož Simončič, Matjaž Guček
Miha Ferjan, Nikolina Mencin, Miha Kostevc, Ana Lenarčič, Bine Mekina

¹ UL, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana

BFW

AUSTRIAN
RESEARCH
CENTRE
FOR FORESTS

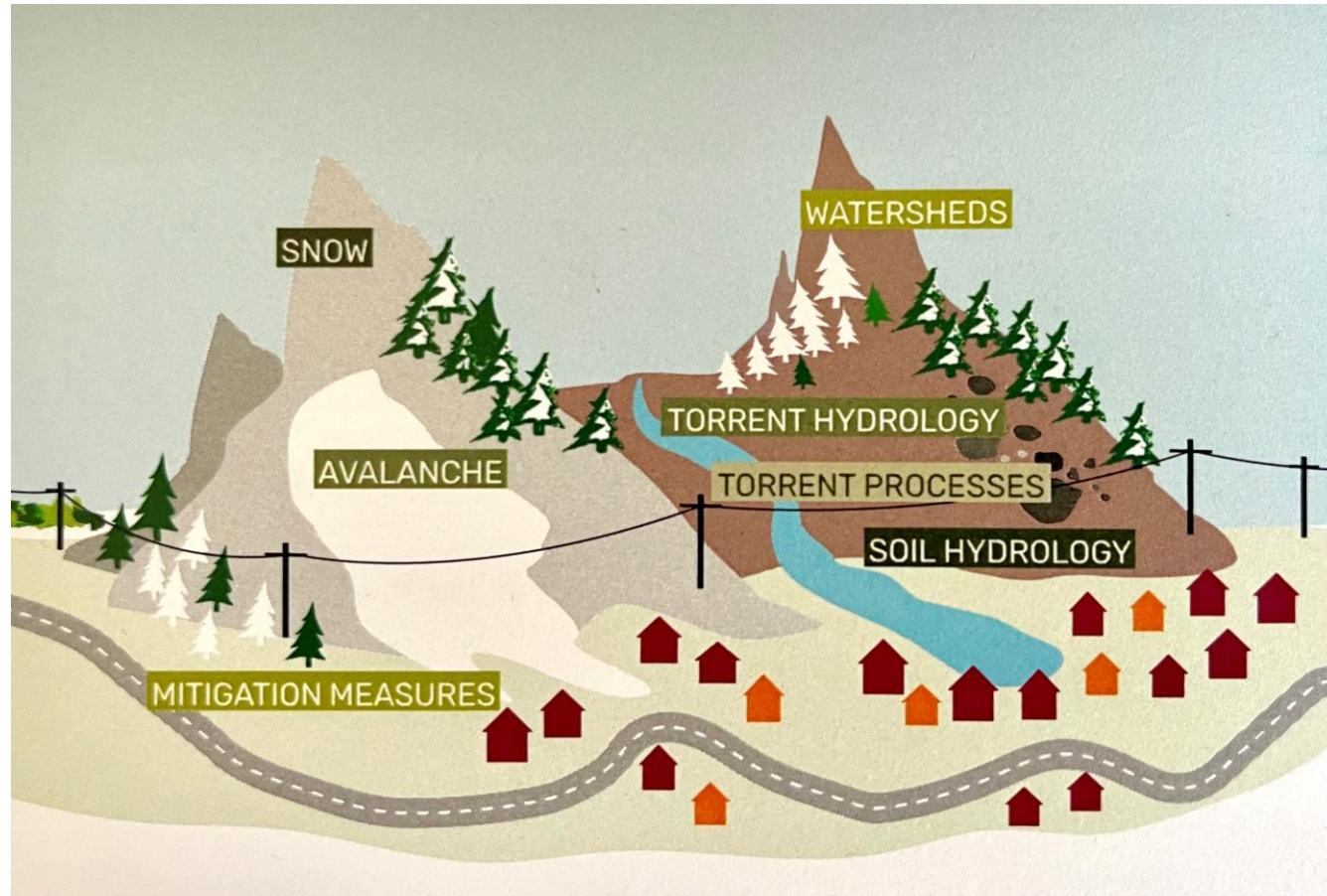


UNIVERZA
V LJUBLJANI

BF

Biotehniška
fakulteta

Oddelek za gozdarstvo
in obnovljive gozdne vire



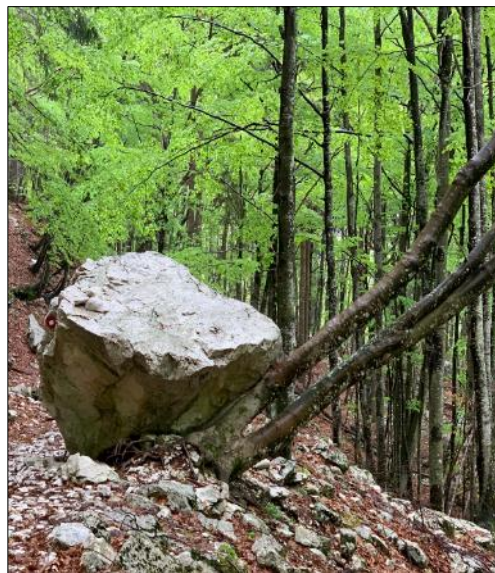
BFW

BUNDES
FORSCHUNGS
ZENTRUM
FÜR WALD

Institut für
Naturgefahren

Varstvo pred škodljivim delovanjem voda

- poplavna območja (poplave)
- erozijska območja (erozija celinskih voda in morja)
- plazljiva območja (zemljinski ali hribinski plazovi)
- plazovita območja (snežni plazovi)



Varovalna funkcija gozdov, zaščitna funkcija in varovalni gozdovi

Varovalna funkcija gozdov in varovalni gozdovi so opredeljeni v slovenski zakonodaji (**Zakon o gozdovih**, 1993; **Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo**, 2010, 2020).

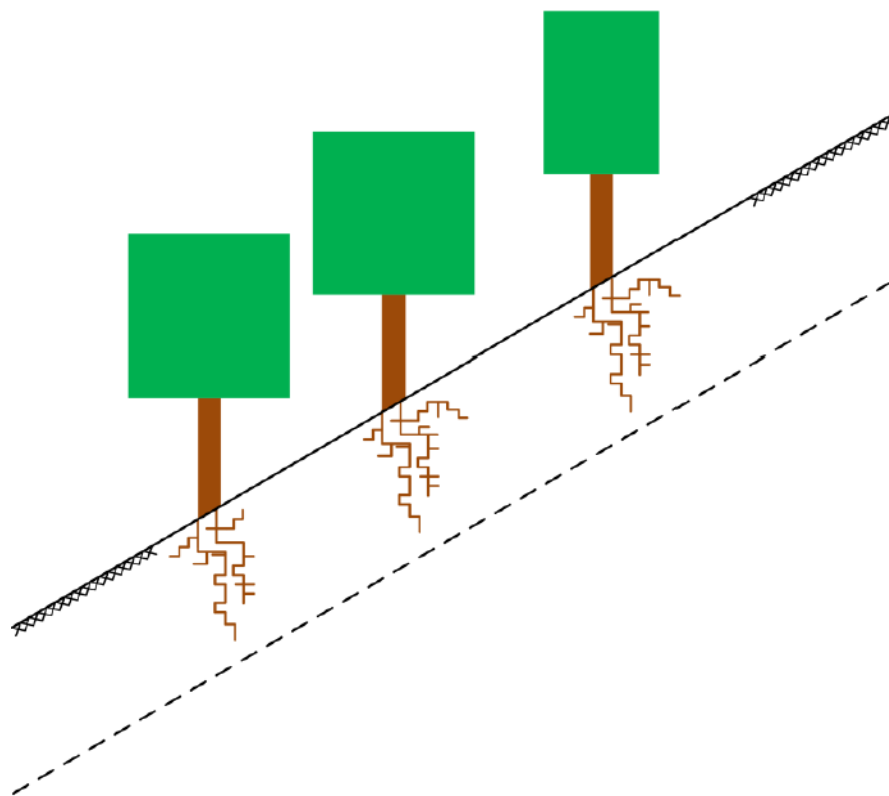
Le ti so najučinkovitejša zaščita pred hudourniški procesi, vendar pa je za učinkovito zaščito potrebno **aktivno načrtovanje in gospodarjenje v teh gozdovih**.

V Švici letno porabijo 120 milijonov evrov za **vzdrževanje varovalnih gozdov**, kar je 5- do 10-krat ceneje kot tehnični zaščitnimi ukrepi.

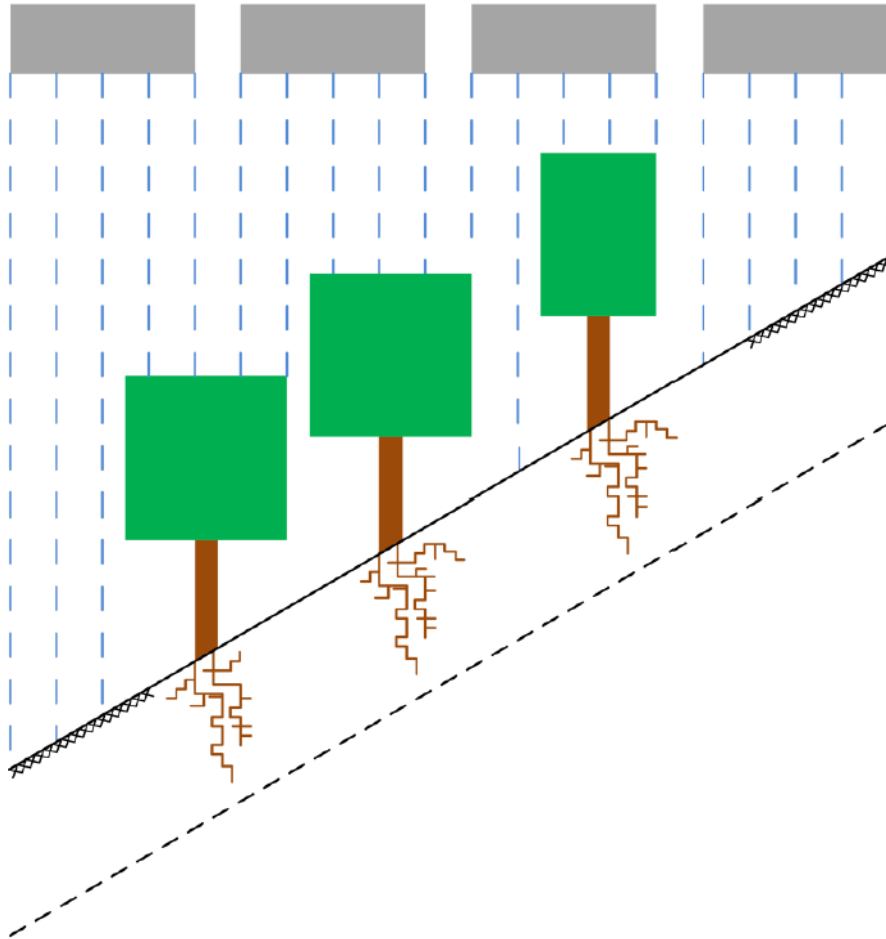
Varovalna funkcija gozdov, zaščitna funkcija in varovalni gozdovi

Kljub zmanjševanju verjetnosti za pojavljanje hudourniških in erozijskih procesov v gozdovih to ne pomeni, da se erozijski in hudourniški procesi tam ne bodo več pojavljali, zato so včasih potrebni **dodatni tehnični ukrepi** kar otežuje prepoznavanje in priznavanje pozitivnega varovalnega učinka gozda.

Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov



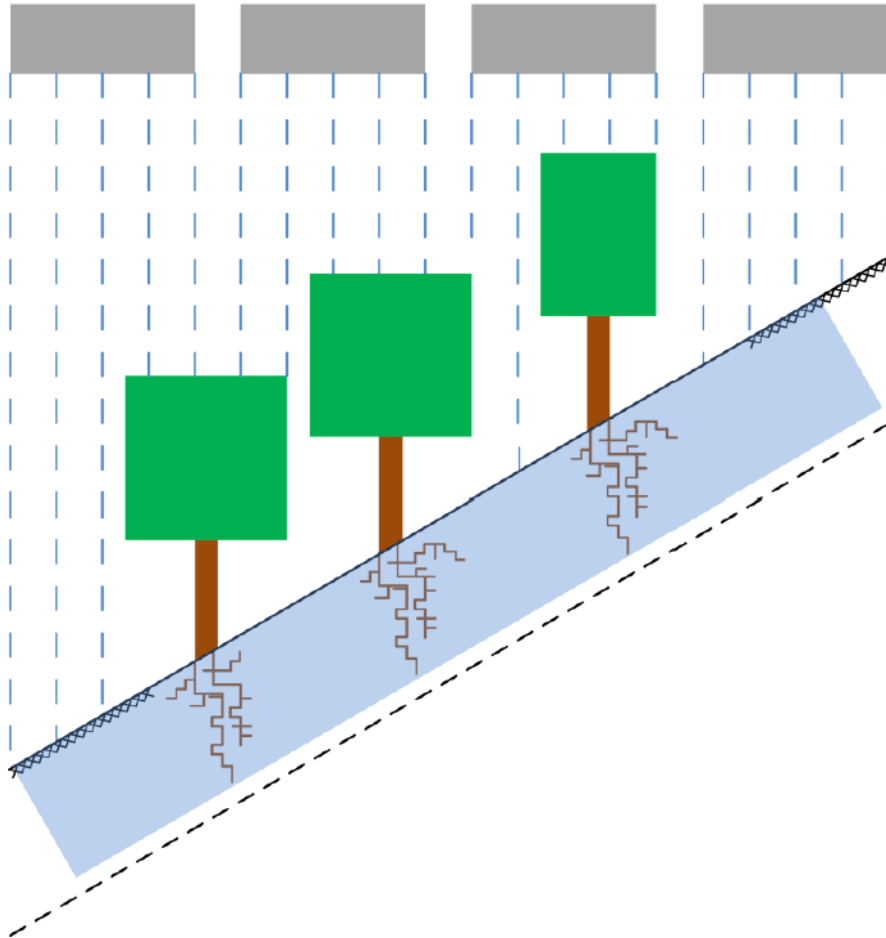
Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov



Intercepcija padavin



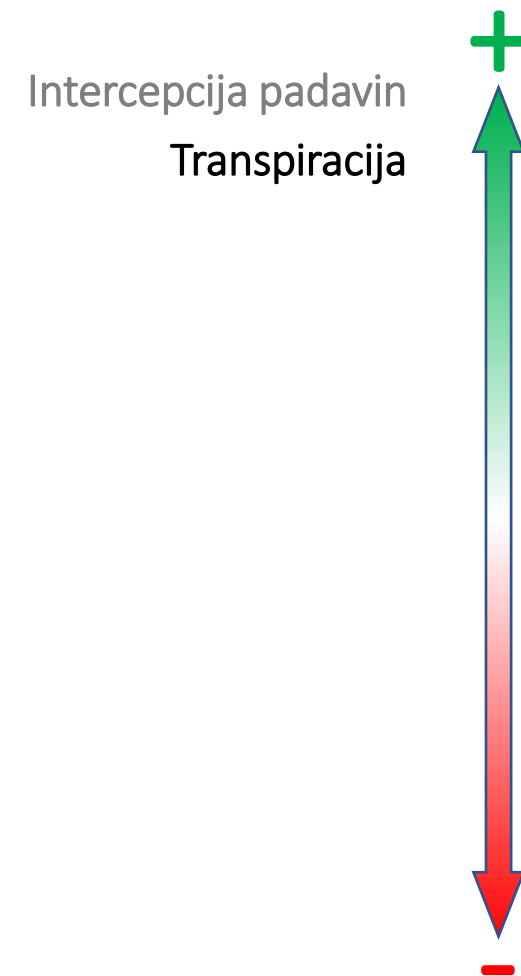
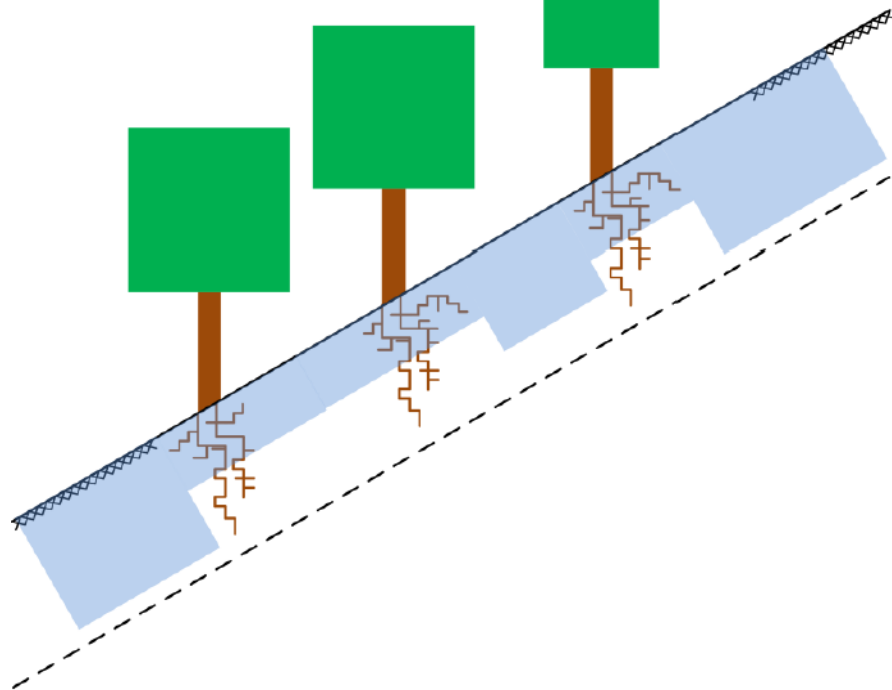
Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov



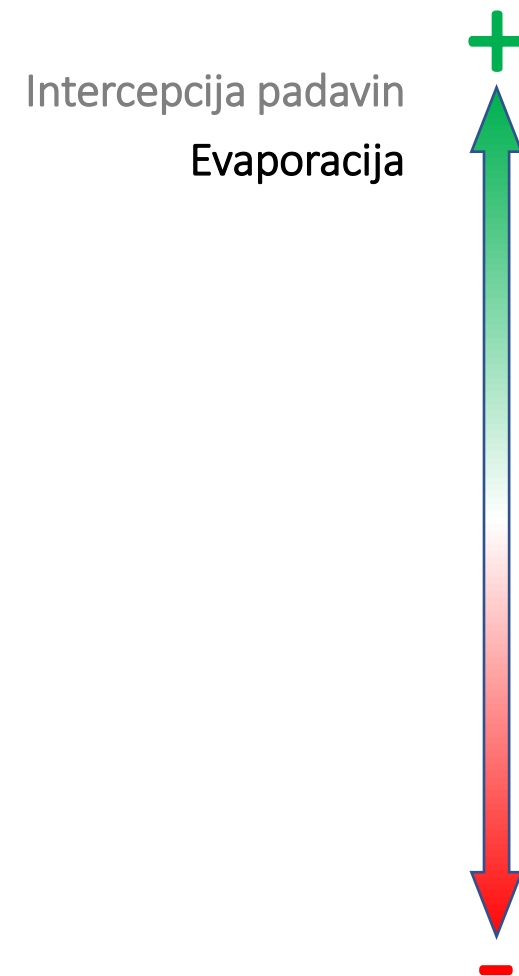
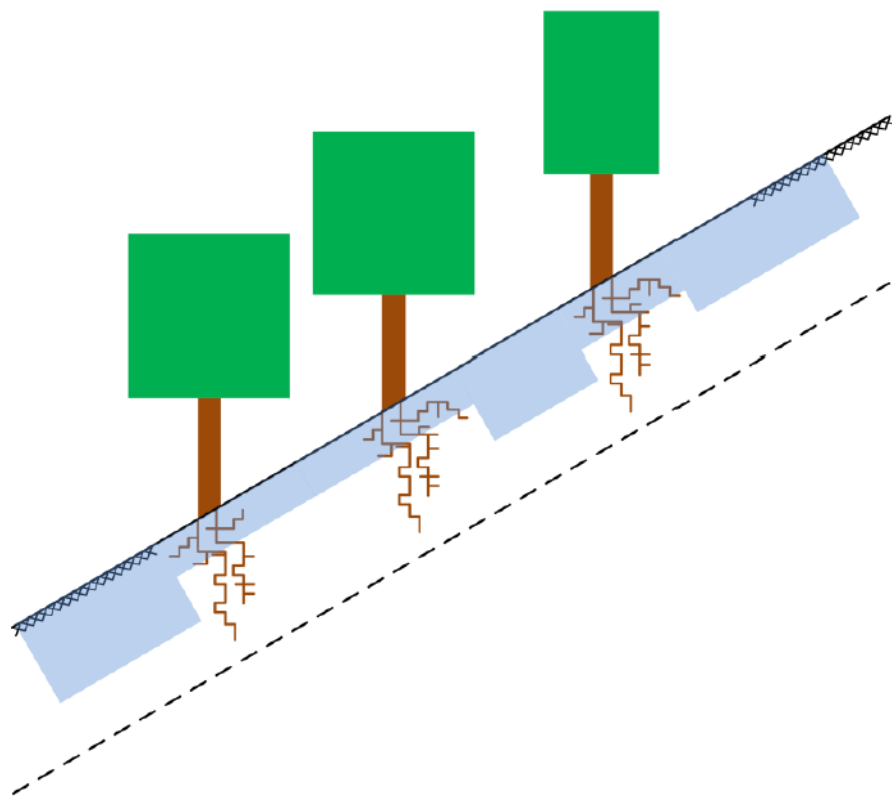
Intercepcija padavin



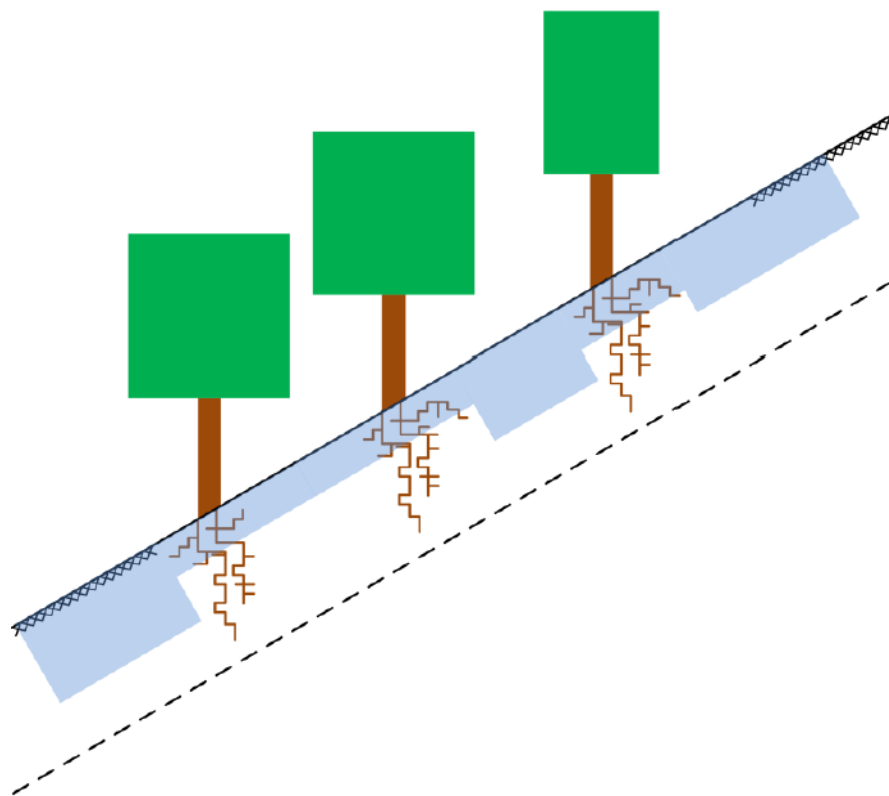
Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov



Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov



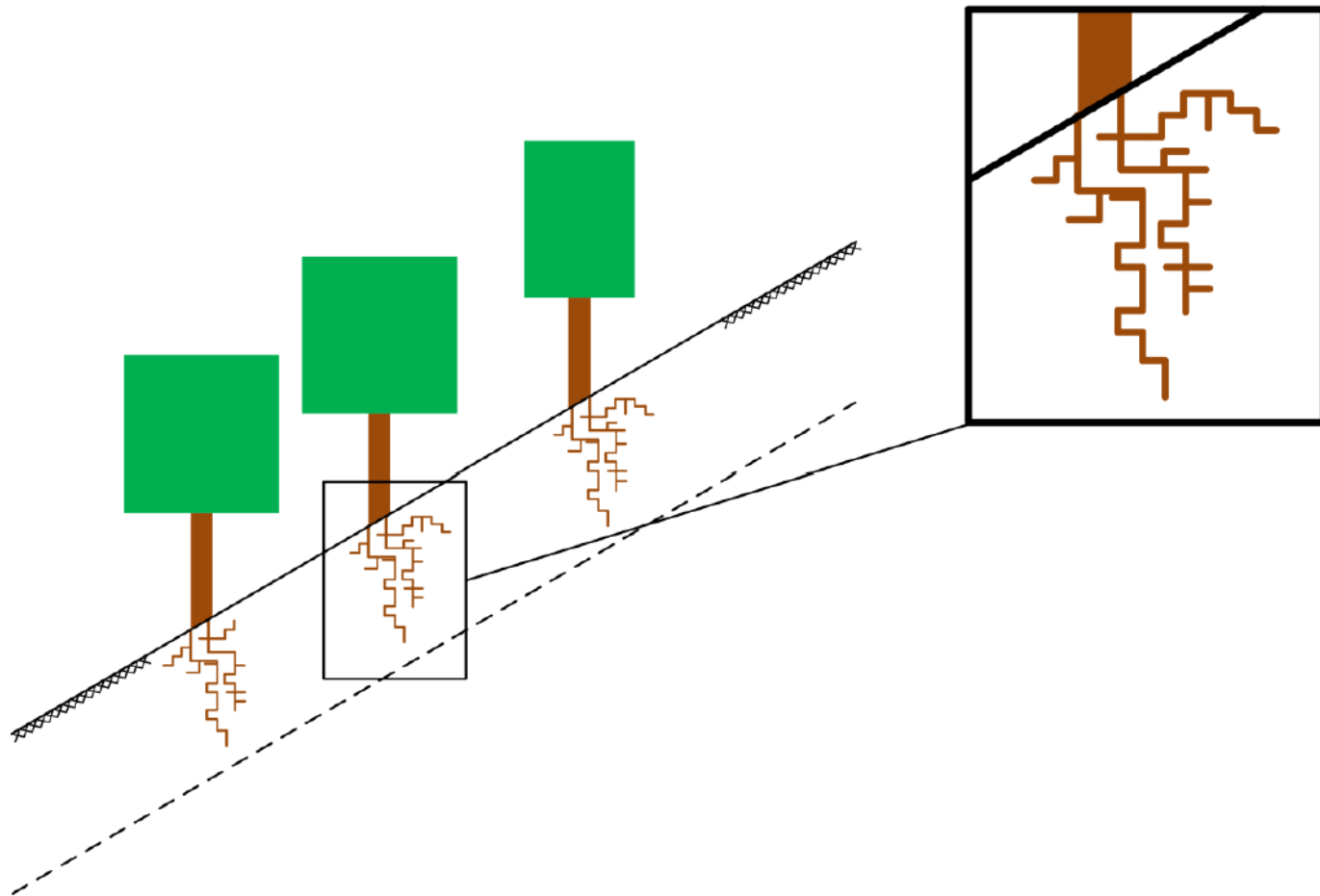
Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov



Intercepcija padavin
Evapotranspiracija



Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov



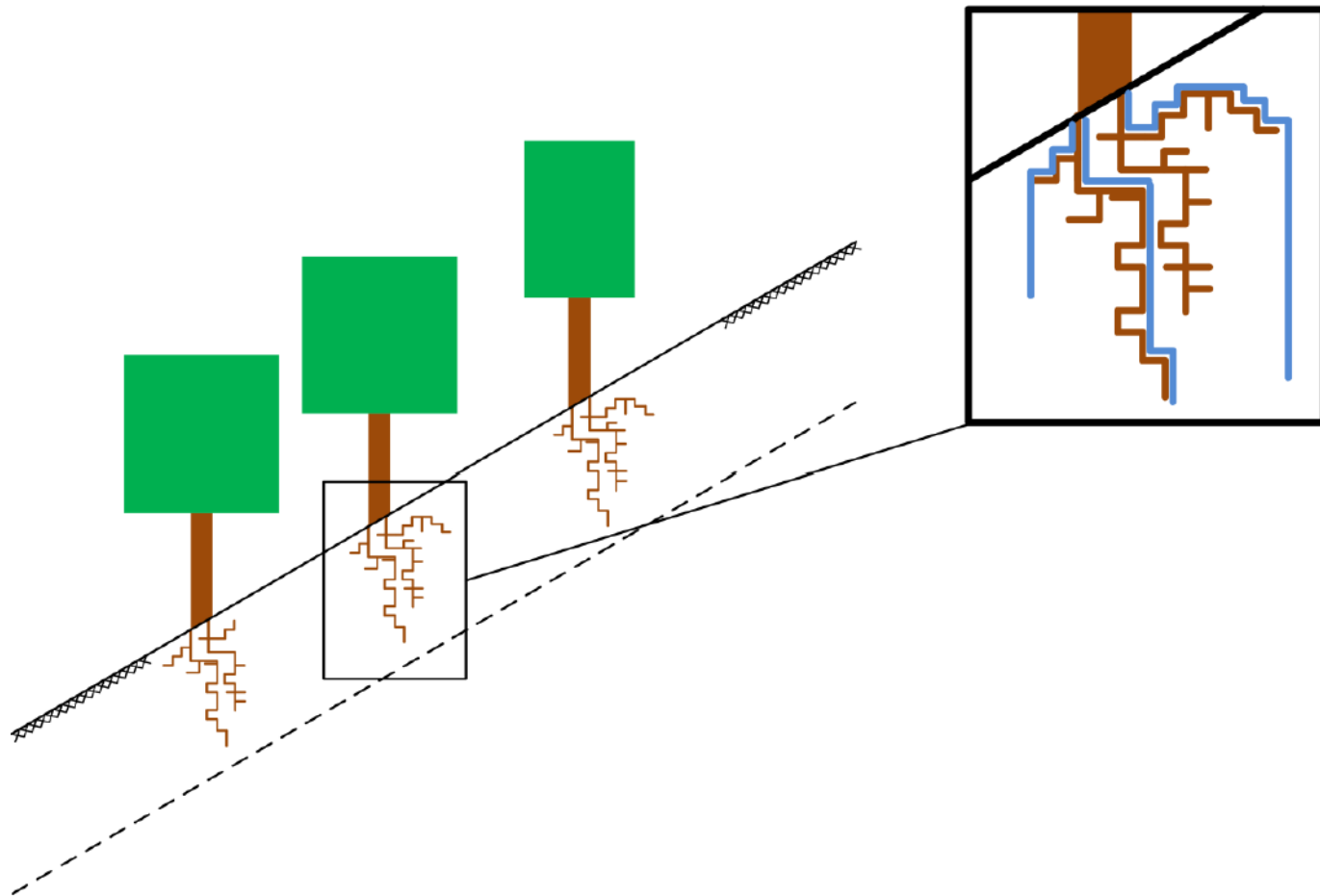
Intercepcija padavin
Evapotranspiracija



Tokovne poti



Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov



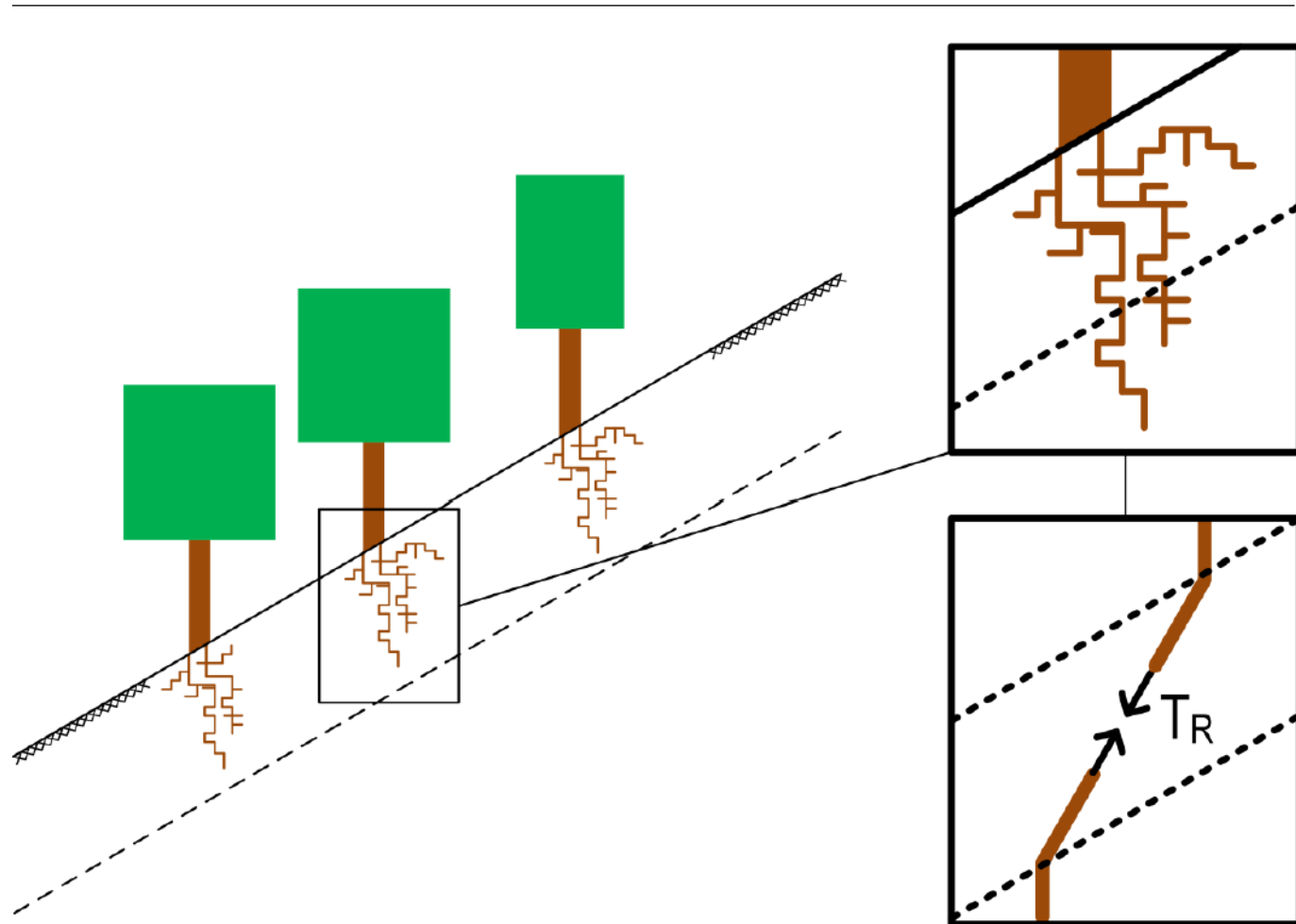
Intercepcija padavin
Evapotranspiracija



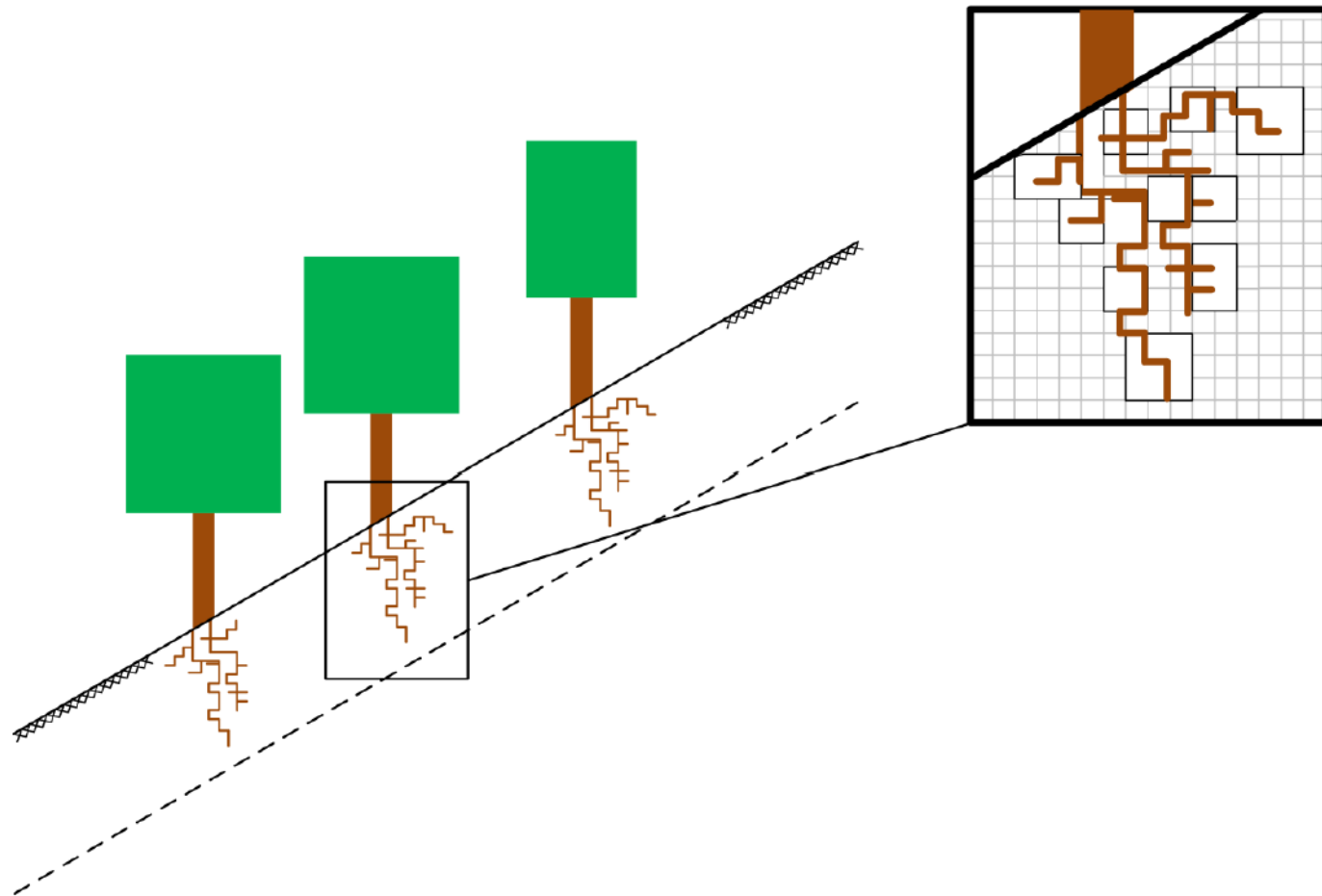
Tokovne poti



Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov



Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov

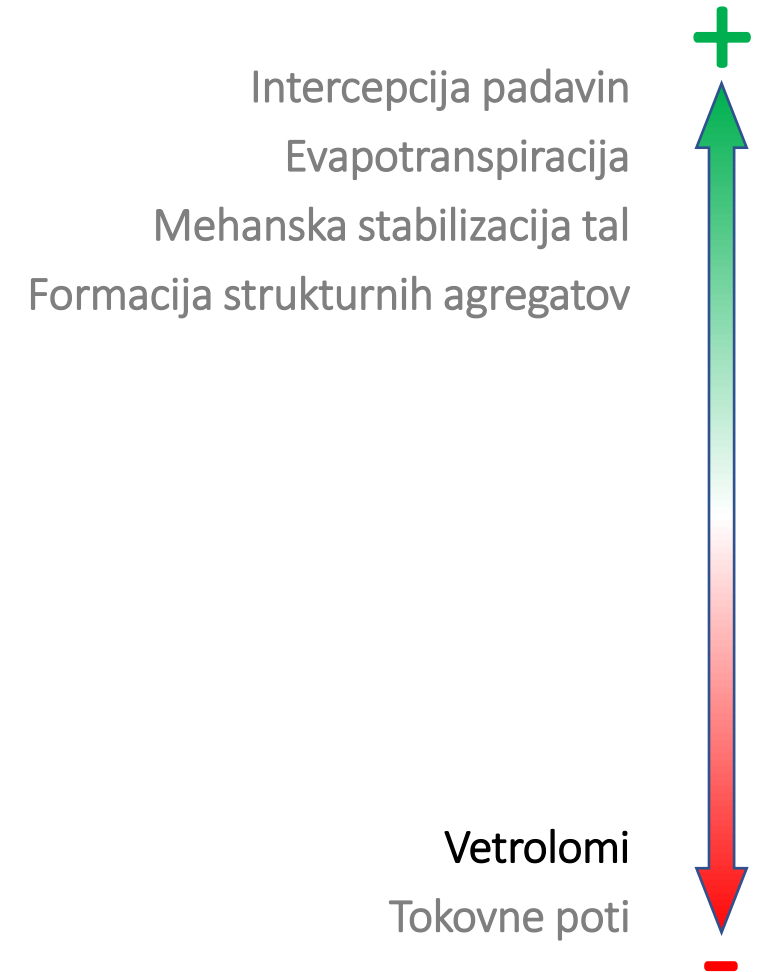
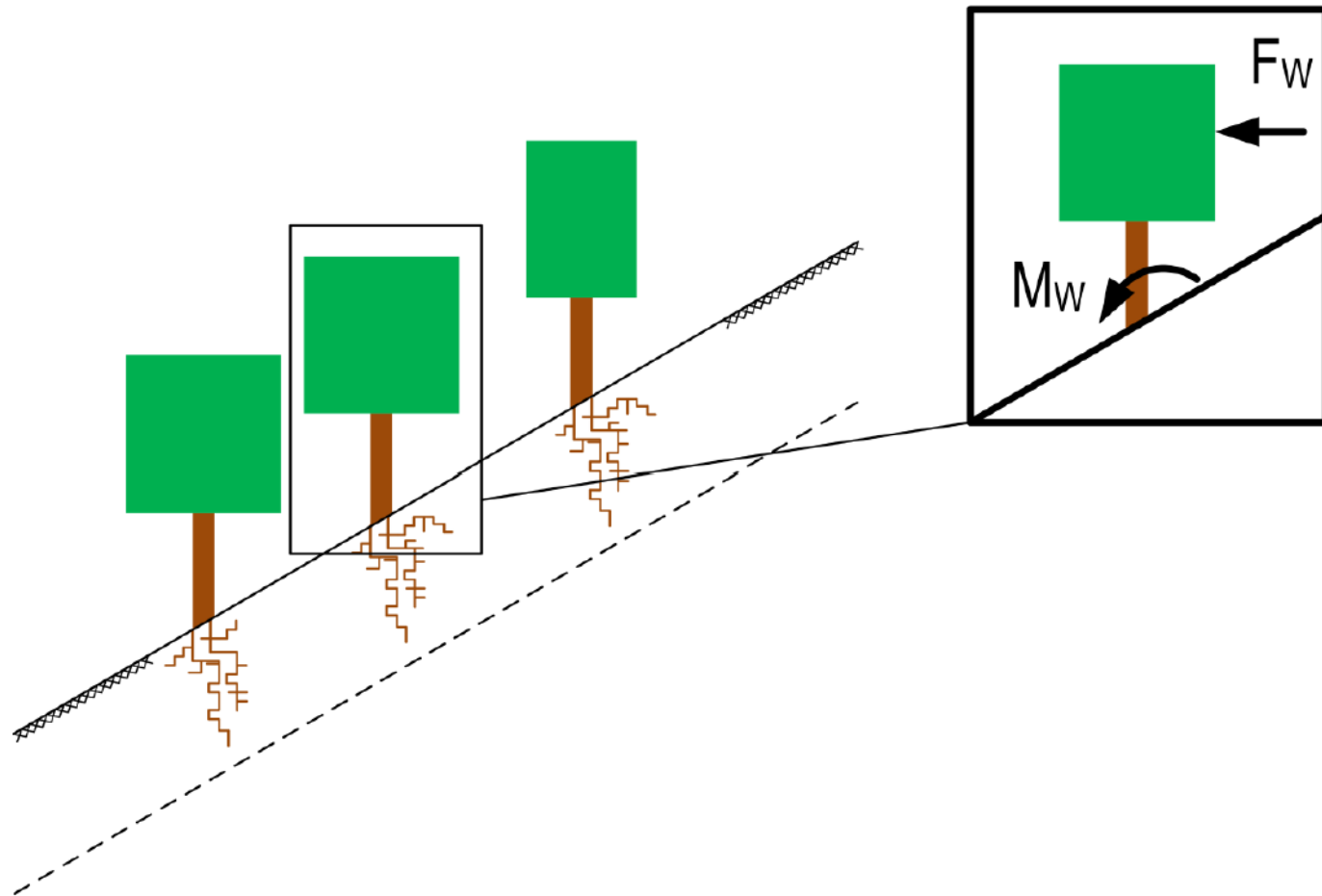


Intercepcija padavin
Evapotranspiracija
Mehanska stabilizacija tal
Formacija strukturnih agregatov

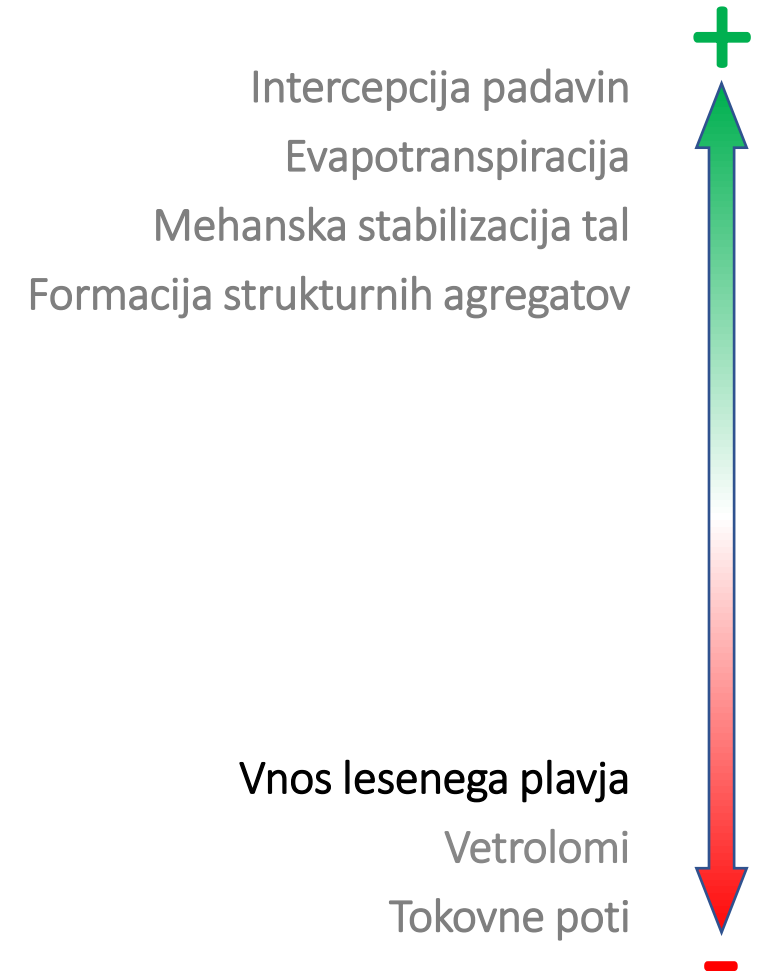
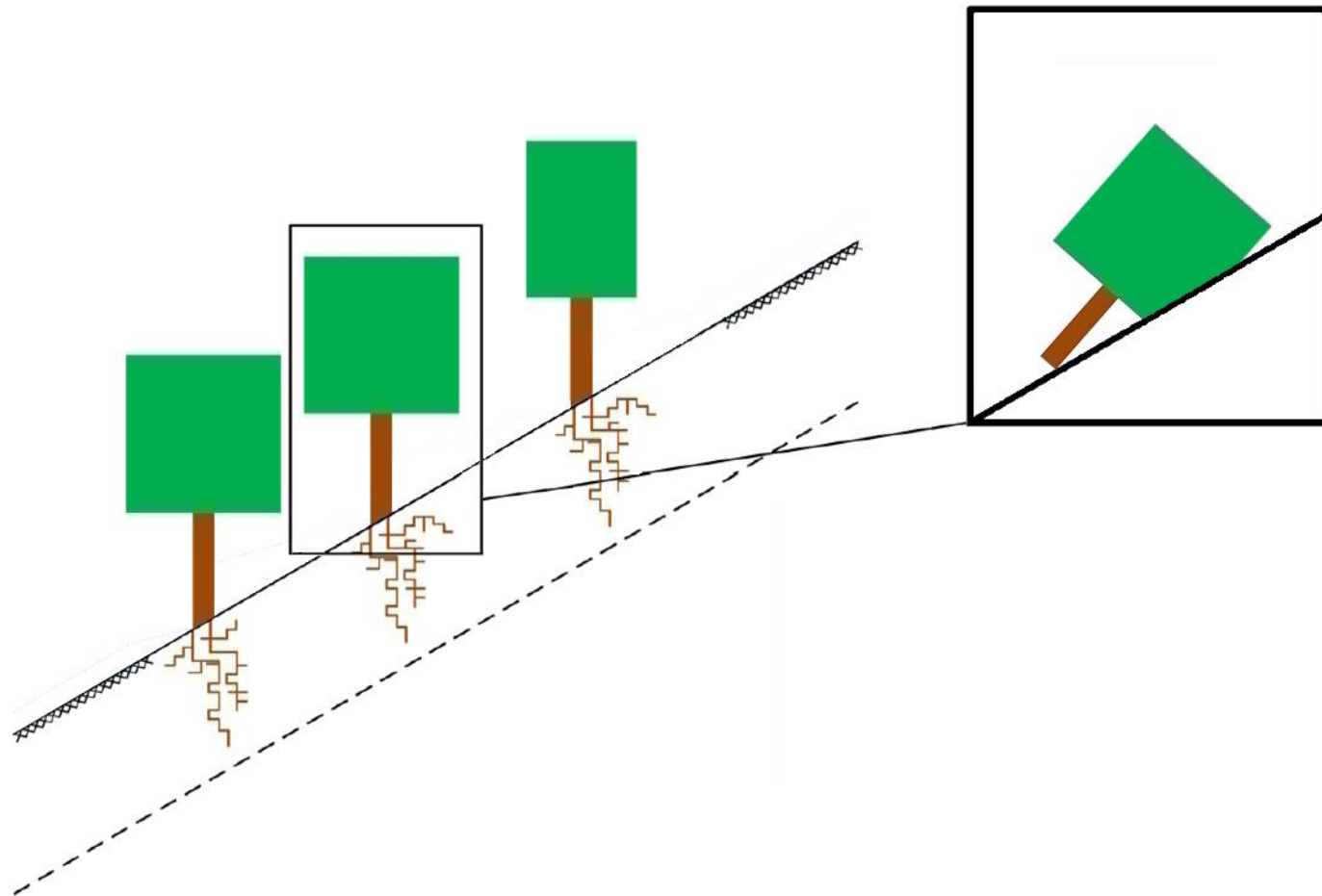
Tokovne poti



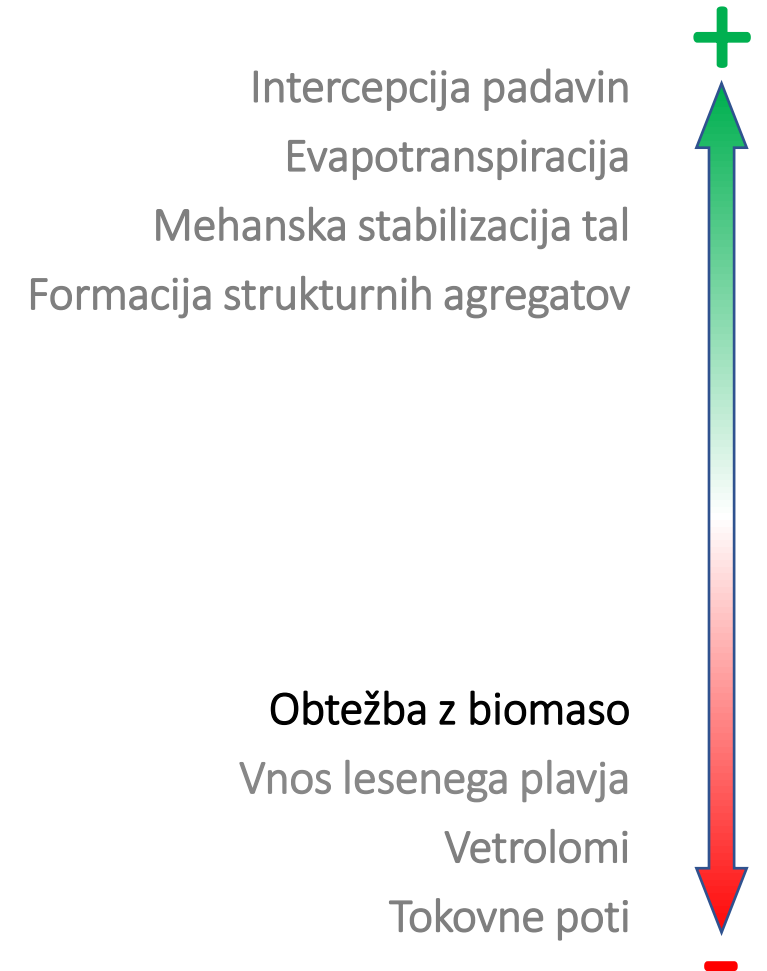
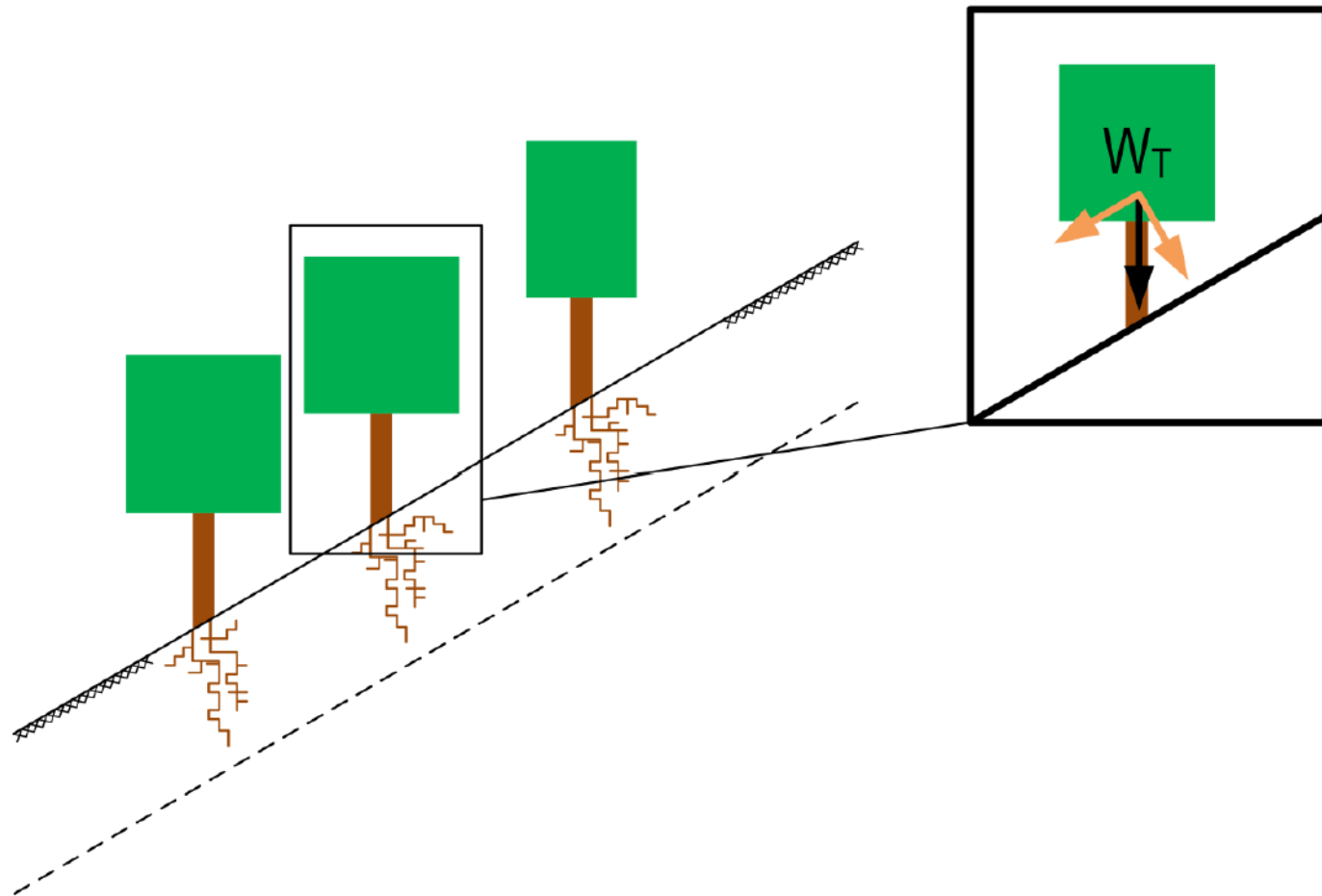
Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov



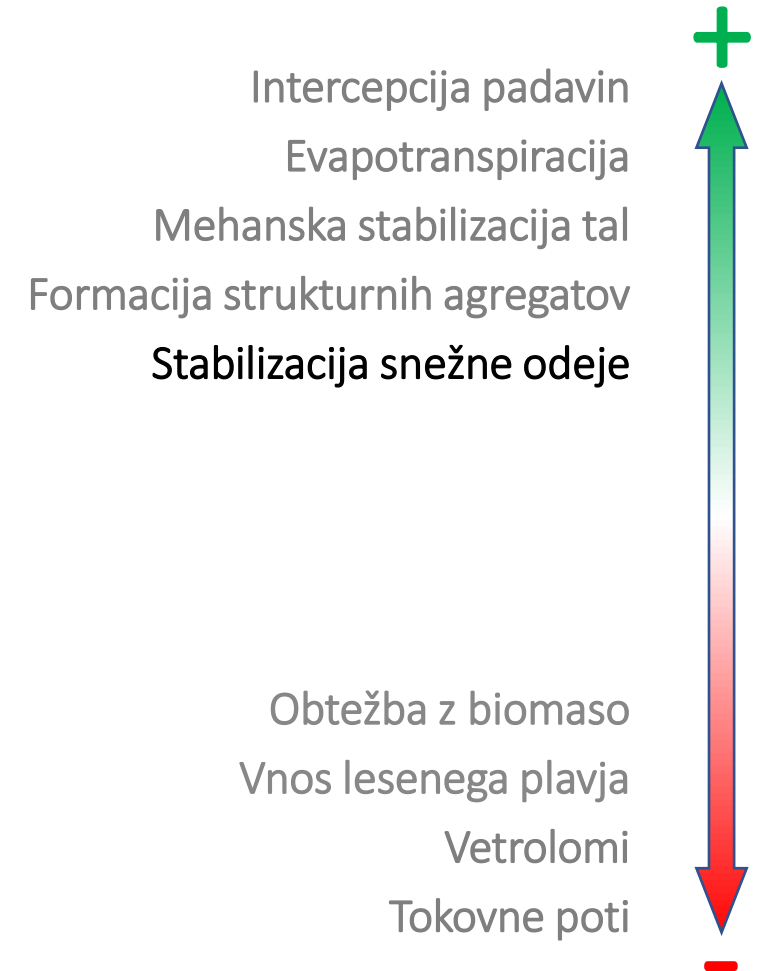
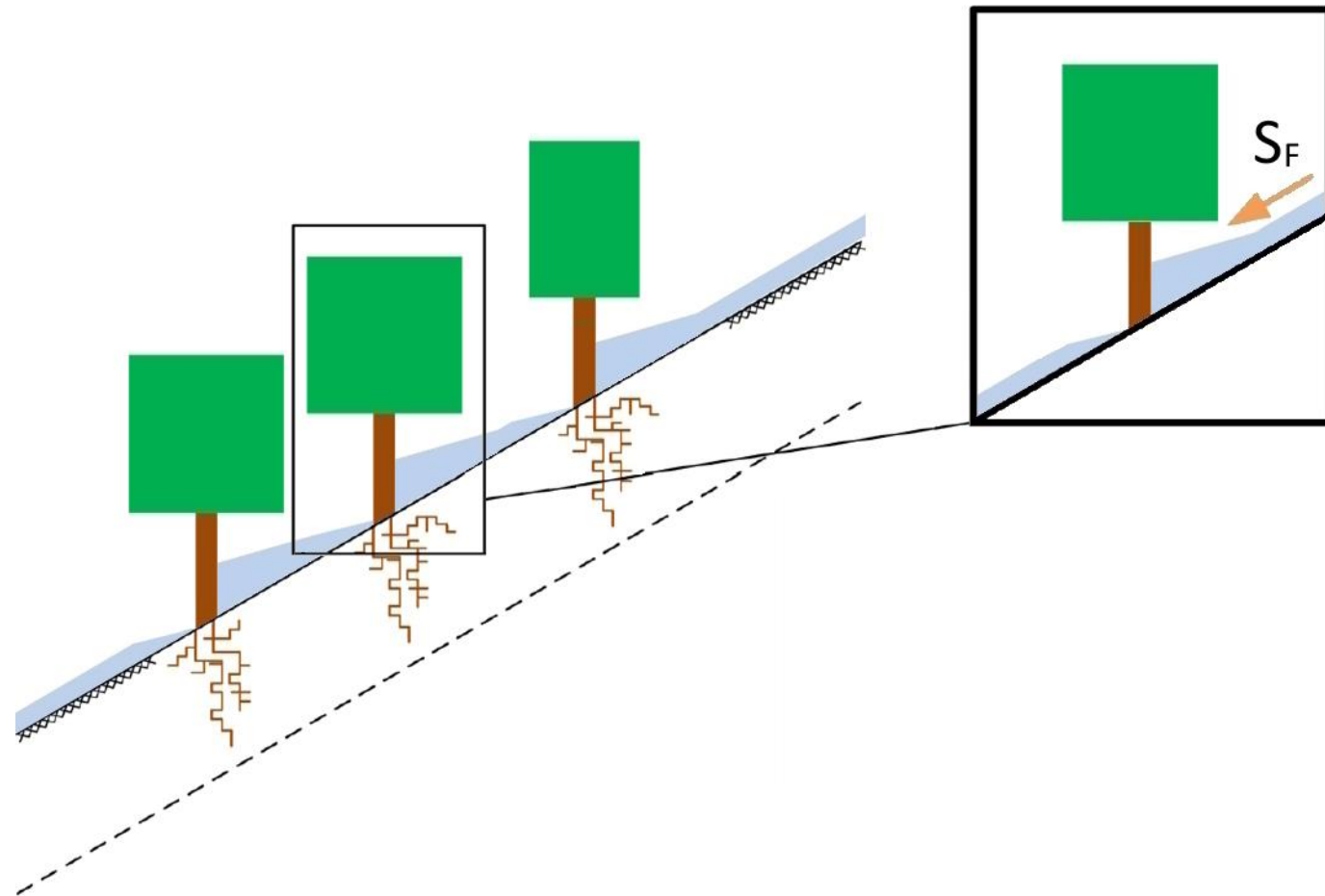
Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov



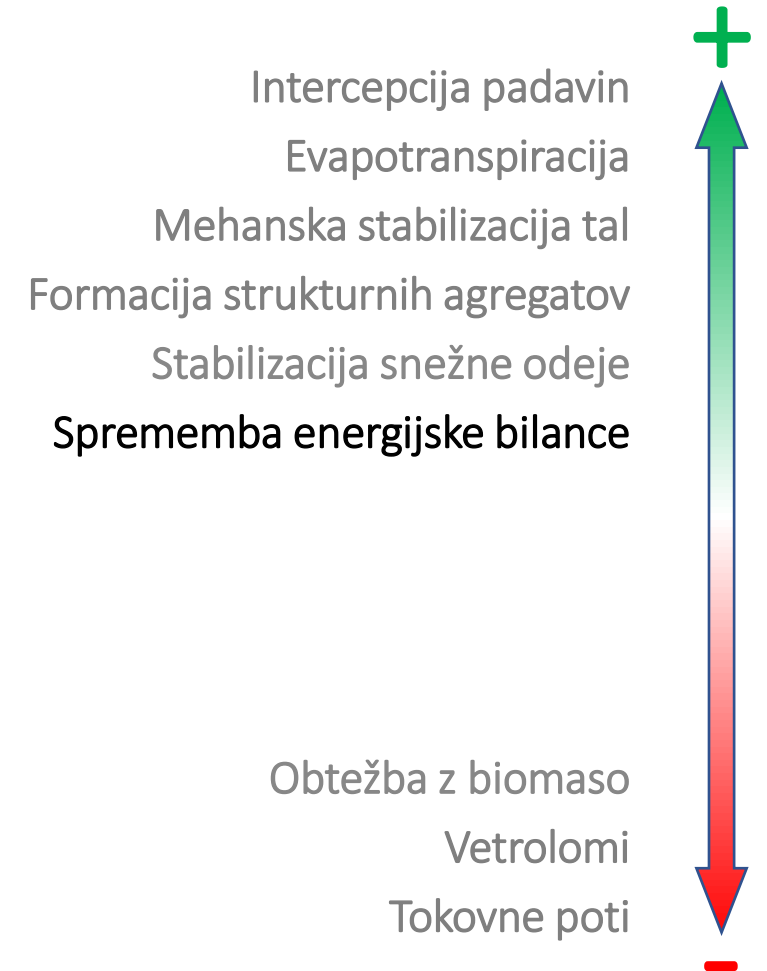
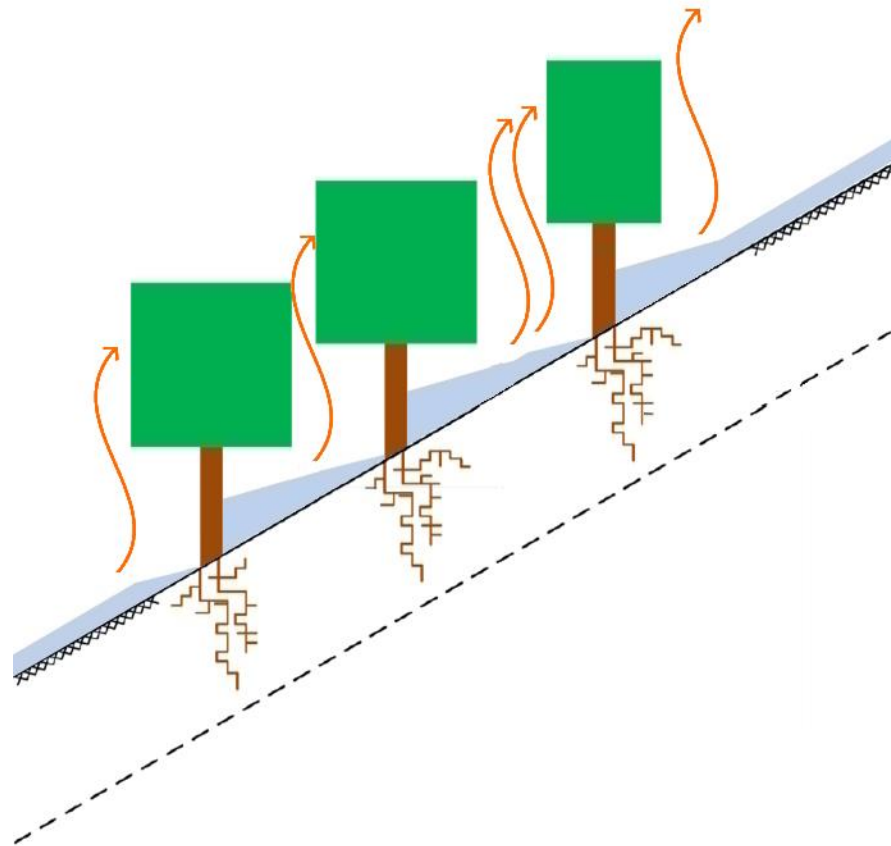
Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov



Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov



Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov



Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov

Ključna je stalna pokrovnost drevja:

- razvojna oblika gozdnih sestojev
- struktura gozdnih sestojev
- mešanost gozdnih sestojev
- vitalnost gozdnih sestojev

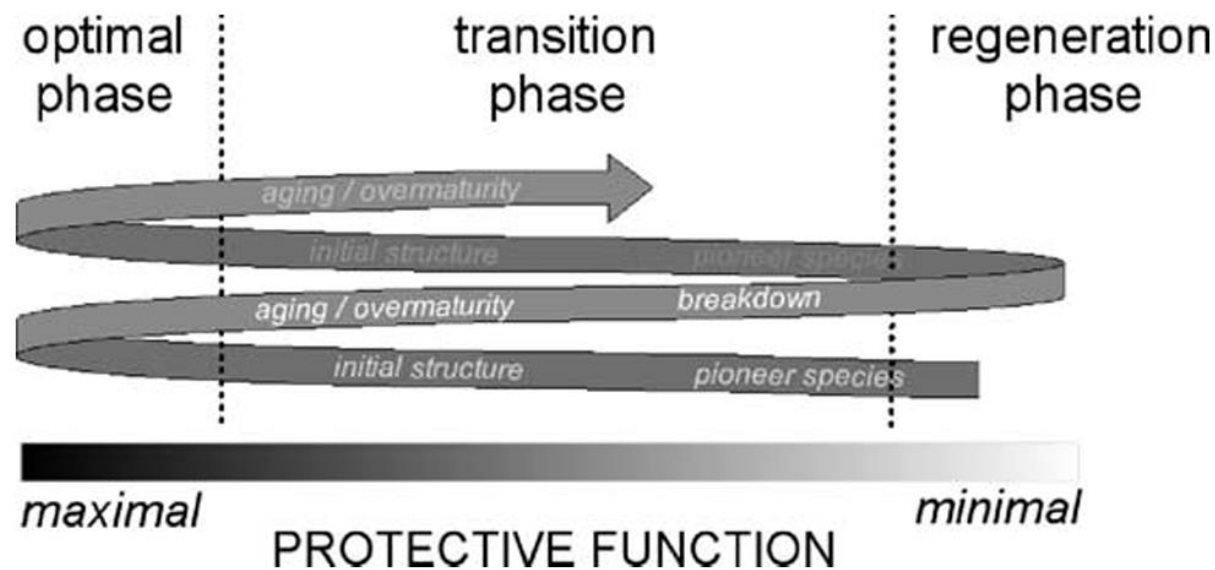
Največje varovalne učinke imajo:

- **odrasli** gozdni sestoji
- **vitalni** gozdni sestoji
- **ohranjeni** gozdni sestoji



Pomen gozdov pri blaženju posledic hudourniških procesov

Pri presojanju varovalnih učinkov gozdnih sestojev je treba upoštevati njihov celoten življenjski cikel, pri čemer je **obdobje obnavljanja** sestojev kritično.



Hudourniški procesi

Na desni je čista trdna snov.

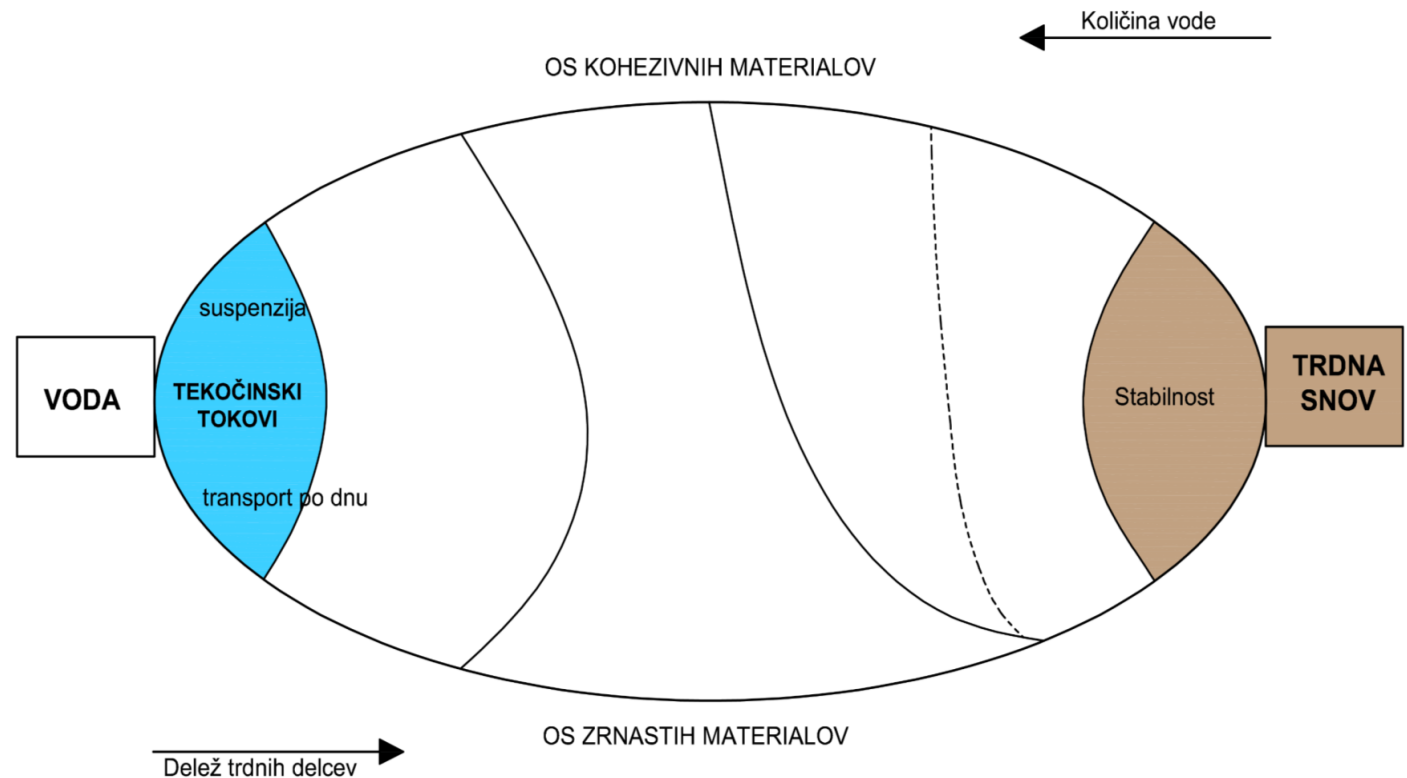
Na levi je čista voda.

→ narašča količina vode.

← narašča delež trdnih delcev.

Zgoraj so kohezivni materiali.

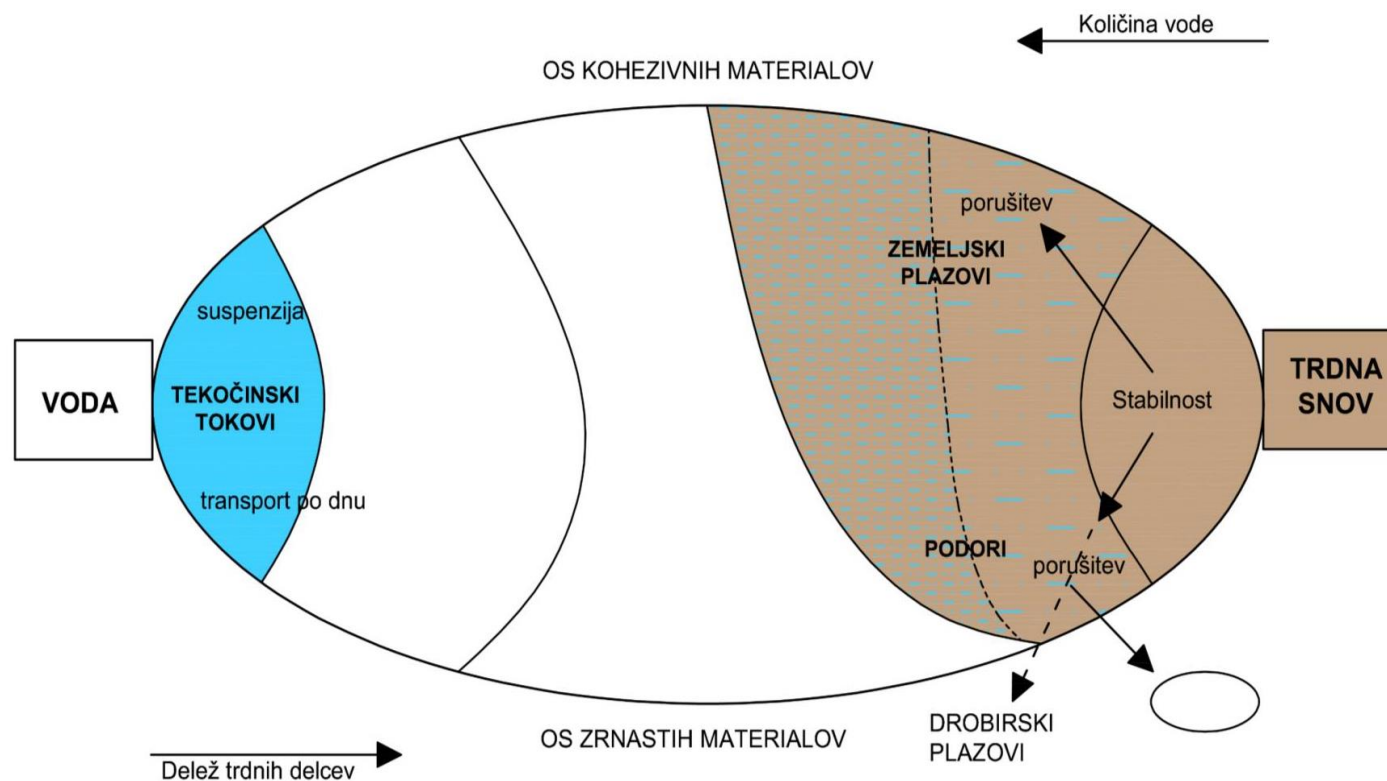
Spodaj so zrnati materiali.



Hudourniški procesi

Z dodajanjem vode pride do porušitev stabilnosti v pobočjih:

- v zemljinah nastajajo **zemeljski plazovi**,
- pri poružitvi hribin nastajajo **skalni podori**.



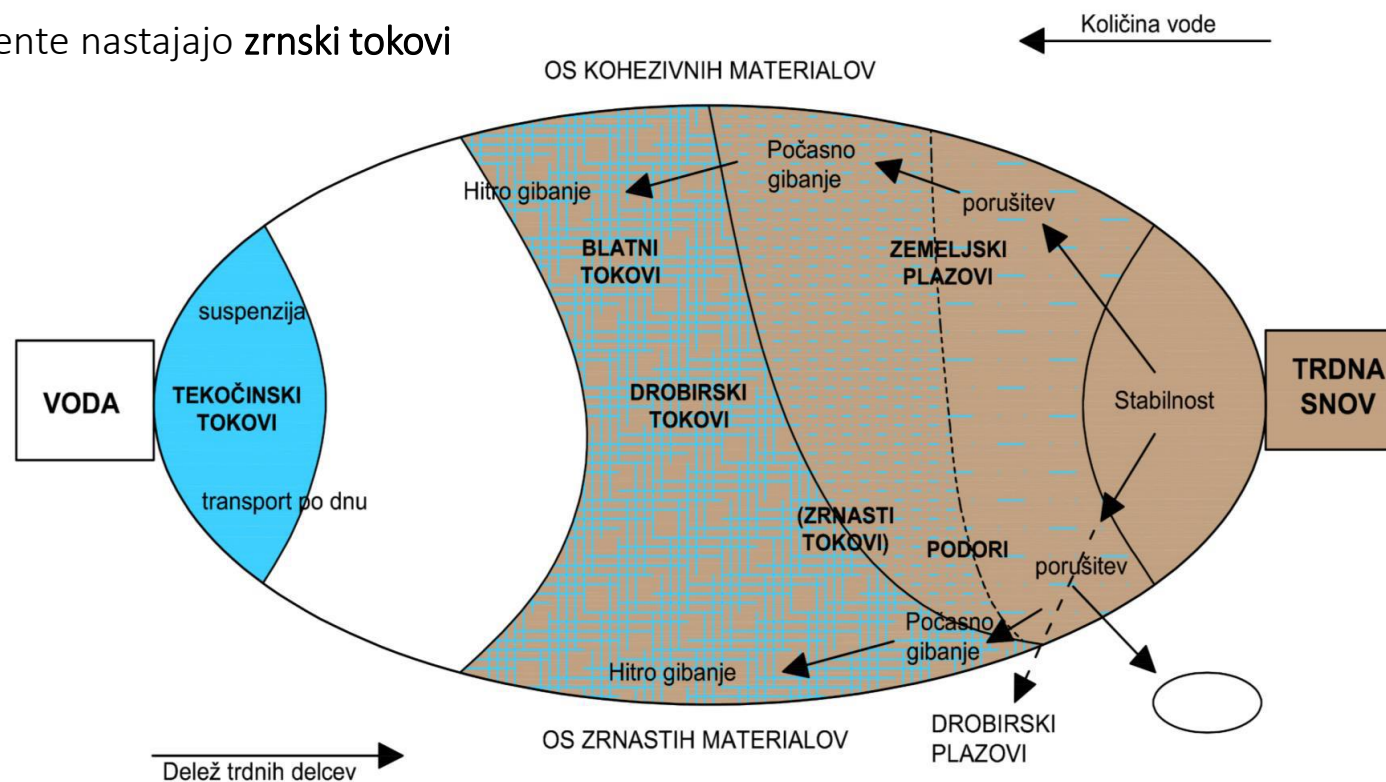




Hudourniški procesi

Ob vtoku še večjih količin vode:

- se material zemeljskih plazov pretvori v **blatne** ali **drobirske tokove**
- v primeru odsotnosti drobnozrnate komponente nastajajo **zrnski tokovi**
- počasno gibanje, preide v hitro gibanje.



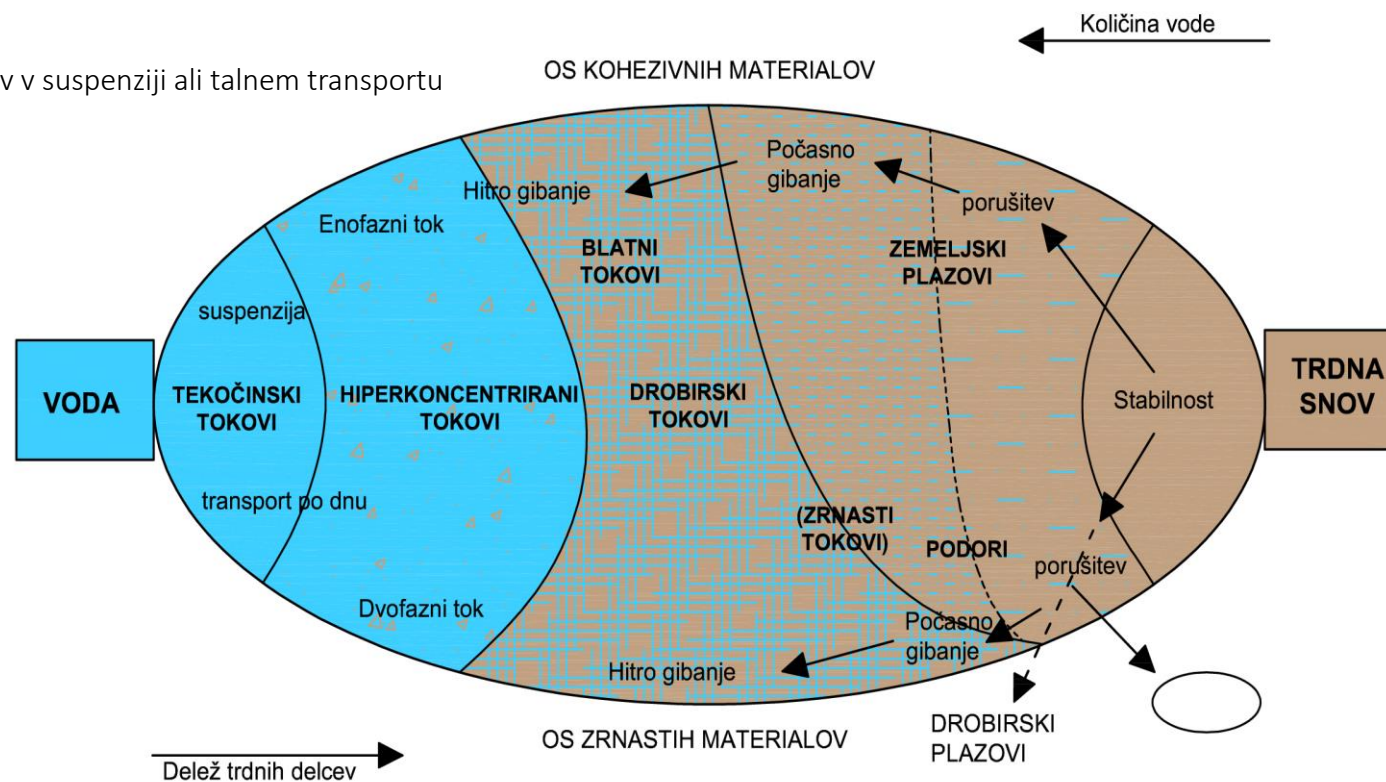




Hudourniški procesi

Pobočni procesi prispevajo material v vodotoke:

- nastajajo različni hiperkoncentrirani tokovi
 - vrste in zrnivosti materiala, ki ga voda prenaša,
 - razmerja med količino vode in deležem trdnih delcev v suspenziji ali talnem transportu

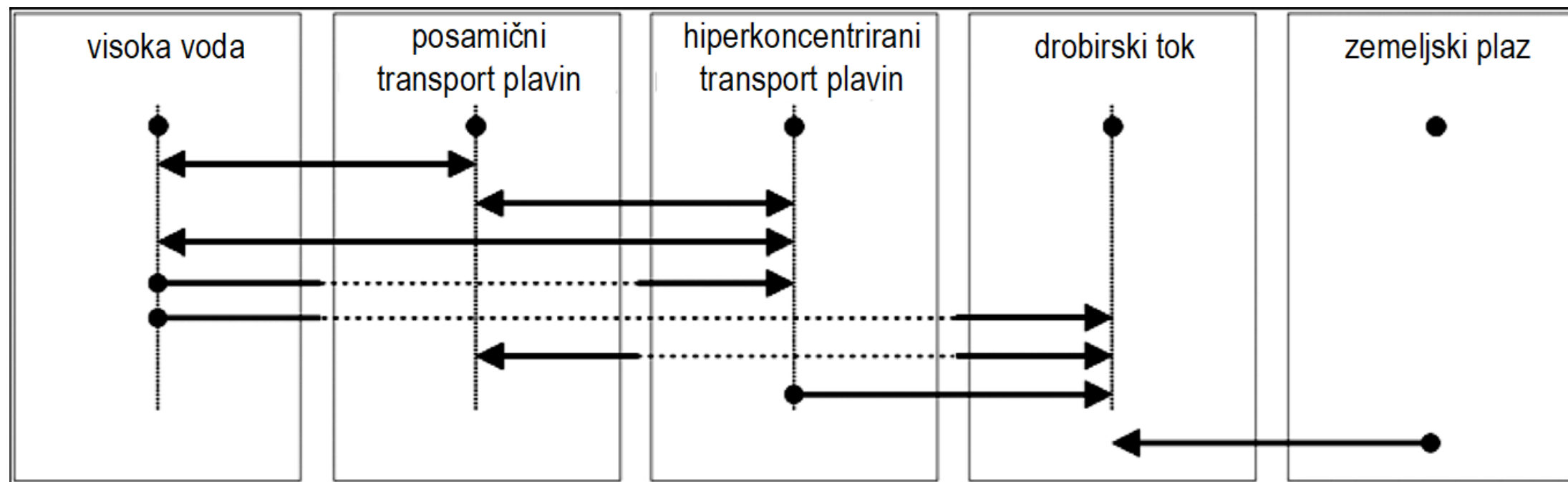






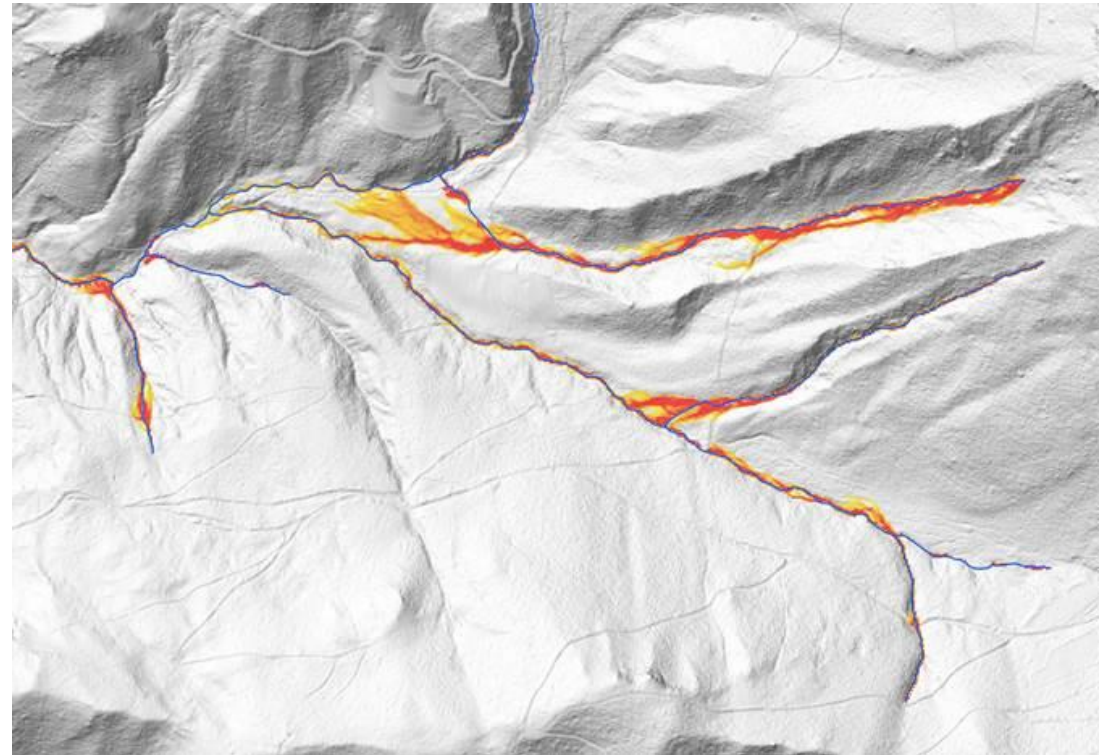
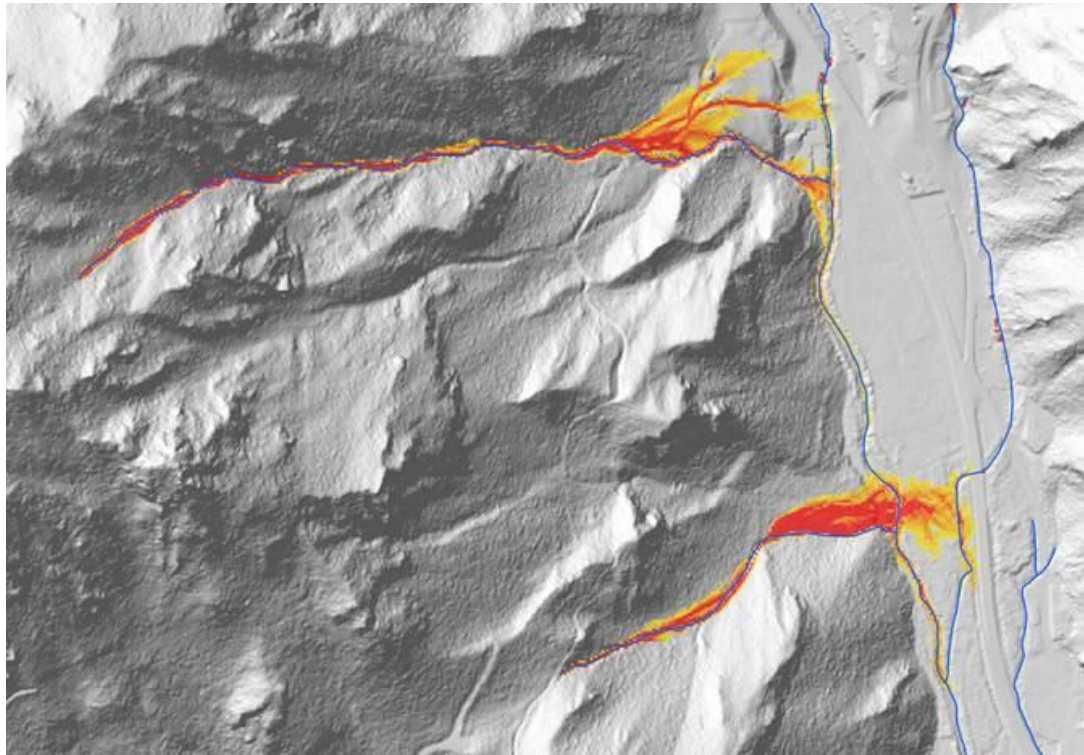
Hudourniški procesi

Prehajanje iz ene vrste procesa v drugega!

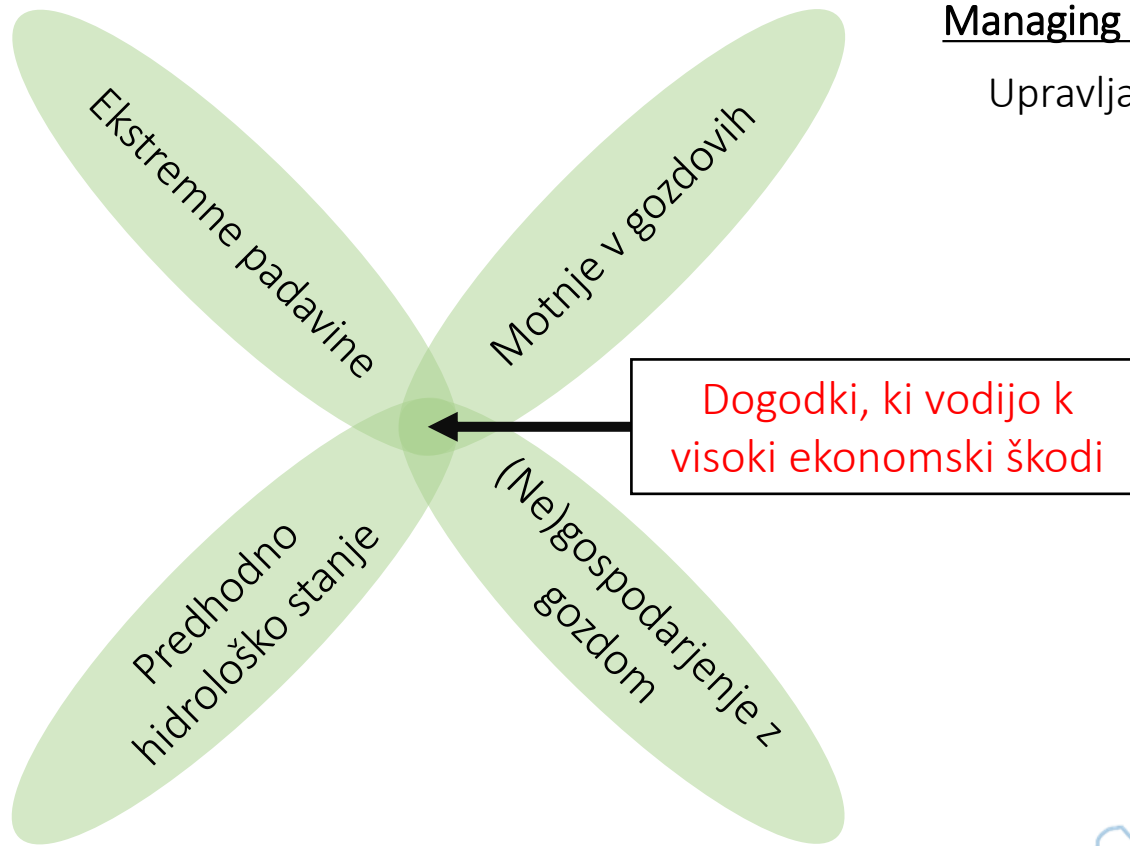


Hudourniški procesi

Prehajanje iz ene vrste procesa v drugega!



Hudourniški procesi tekom ujme 2023



Managing protective forest facing climate change compound events

Upravljanje varovalnih gozdov pod vplivom sestavljenih dogodkov

Interreg Alpine Space

1. november 2022 – 31. oktober 2025

12 projektnih partnerjev

6 evropskih držav (SI, AT, FR, GR, IT, CH)

INRAE (FR)

Univerza v Ljubljani (Milan Kobal)

Zavod za gozdove Slovenije (Kristina Sever)





Pomen gozdov za varovanje pred škodljivim delovanjem hudournih voda

Ogroženo območje	Pojavi	Območje	Vpliv gozdov na...
Erozijska območja	Hudourniki	Dovje	... odtok iz vodozbirnega območja
Plazljiva območja	Padajoče kamenje	Potoška gora	... premeščanje skalnih blokov
	Zemeljski plazovi	Kamnik	... na pojavljanje ter gibanje zemeljskih plazov
	Drobirski tokovi		
	Blatni tokovi		
	Zrnasti tokovi		
Plazovita območja	Snežni plazovi	Pokljuka	... intercepcijo snežnih padavin
		Dolina Trente	... proženje in gibanje snežnih plazov

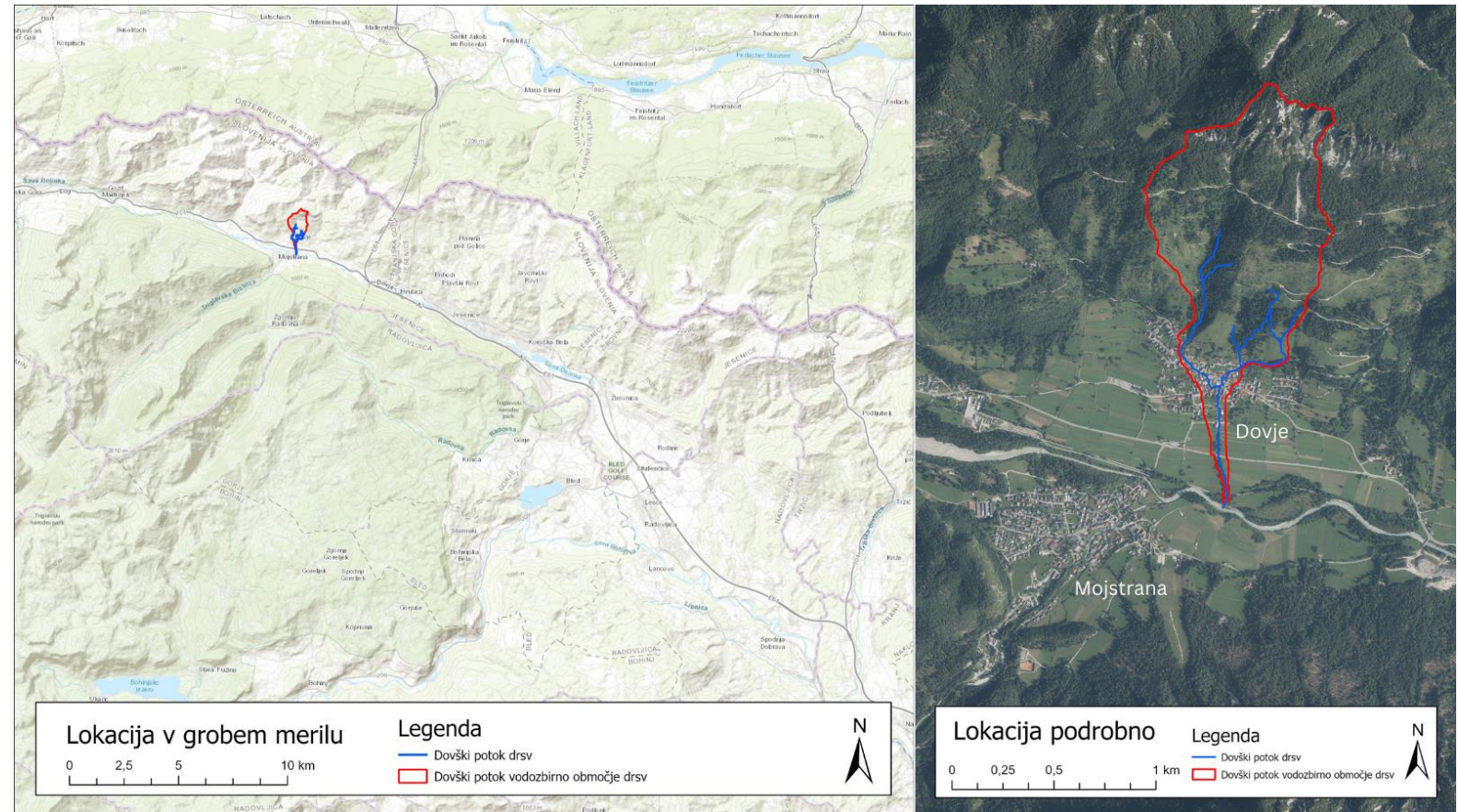
Hudourniki – odtok iz porečja

Območje raziskave:

- Dovški potok
- Mekina (2024)

Cilji raziskave:

- sanitarni posek
- hidrološko modeliranje
- hidravlično modeliranje





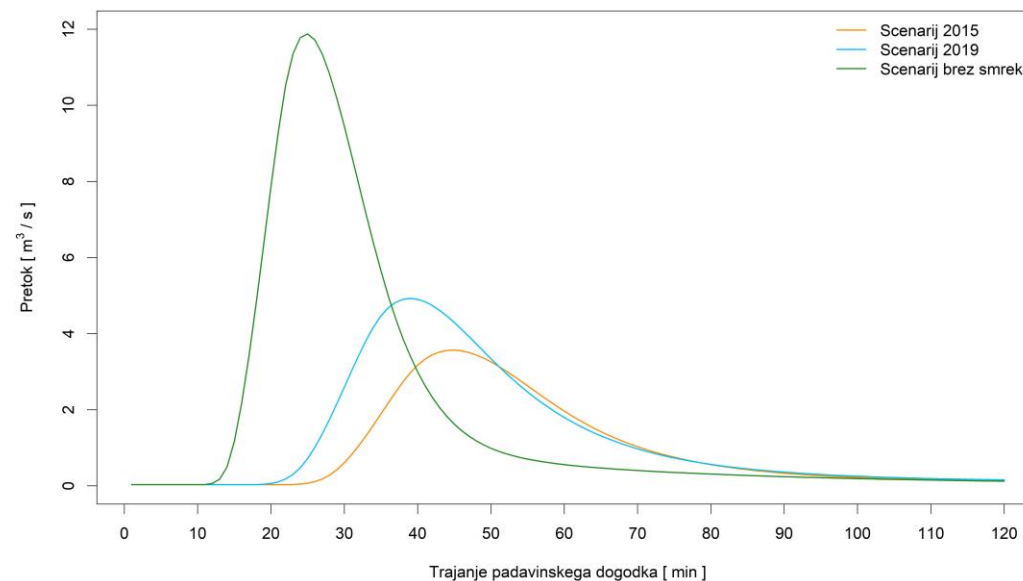




Hudourniki – odtok iz porečja

Posek zaradi podlubnikov in/ali vetroloma 2015-2021: **10.344 m³**

Pridobitev podatka	Q ₁₀₀ [m ³ /s]	H _{Amin} [m]	n [let]
Projekt 1961 (Kresnik)	6,0	1,00	21,8
Kresnik (obstoječe stanje)	5,8	0,98	25,0
ZEMOKOST 2015	3,6	0,74	168,2
ZEMOKOST 2019	4,9	0,89	49,0
ZEMOKOST brez smreke	11,9	1,50	1,4







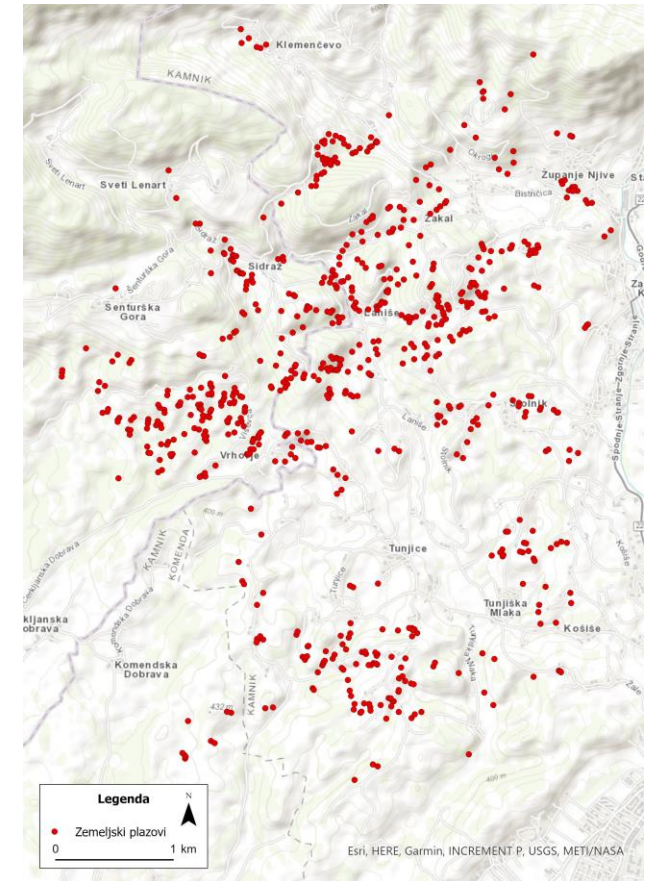
Zemeljski plazovi: Drobirski & blatni & zrnasti tokovi

Območje raziskave:

- del porečja Kamniške Bistrice
- poligone zemeljskih plazov smo povzeli po Ferjan (2024)

Zemeljske plazove smo razdelili v tri kategorije:

1. celotna površina zemeljskega plazu se nahaja na kmetijskih zemljiščih
2. celotna površina zemeljskega plazu se nahaja v gozdu
3. na območju plazu so prisotna tako kmetijska zemljišča kot gozdovi





Zemeljski plazovi: Drobirski & blatni & zrnasti tokovi

Gozdne vlake:

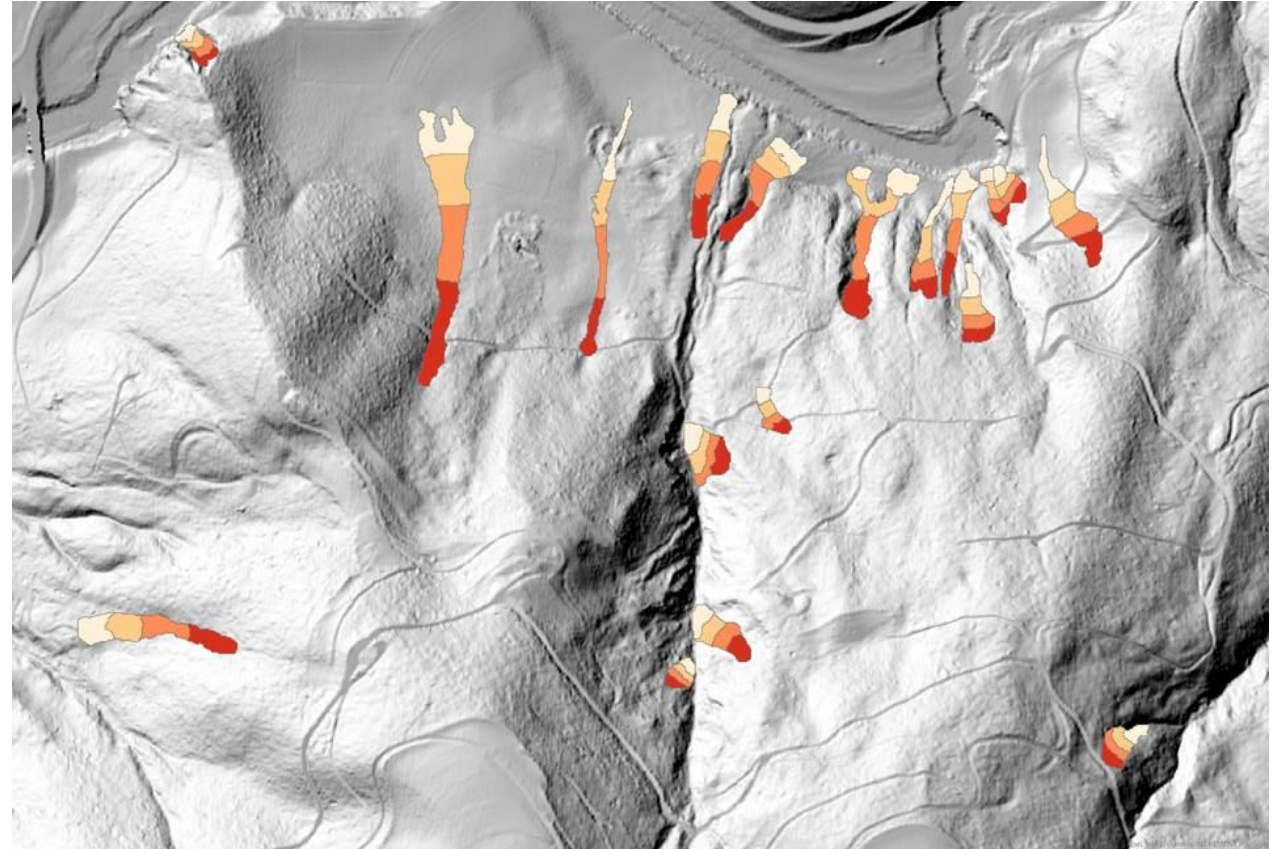
- evidenca o gozdnih prometnicah na ZGS

Naklona pobočja:

- digitalni model višin 1 × 1 m

Izvorno območje:

- zgornja ¼ zemeljskega plazu



Zemeljski plazovi: Drobirski & blatni & zrnasti tokovi

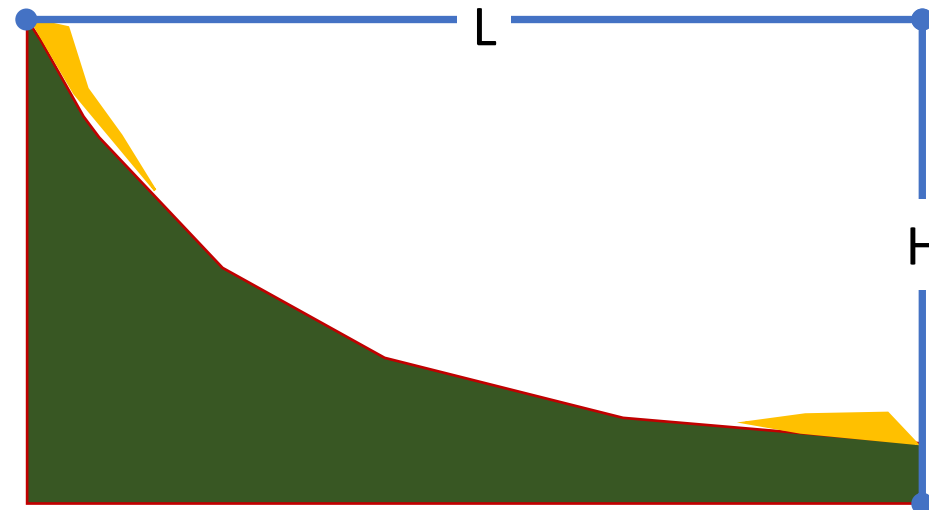
Glede na rabo tal (kmetijska zemljišča, gozdovi) smo primerjali:

1. gostoto zemeljskih plazov
2. prisotnost gozdne vlake na območju zemeljskega plazu
3. naklon pobočja
4. L/H razmerje (dolžina/višina zemeljskega plazu)
5. delež gozdov na območju zemeljskega plazu

Zemeljski plazovi: Drobirski & blatni & zrnasti tokovi

Glede na rabo tal (kmetijska zemljišča, gozdovi) smo primerjali:

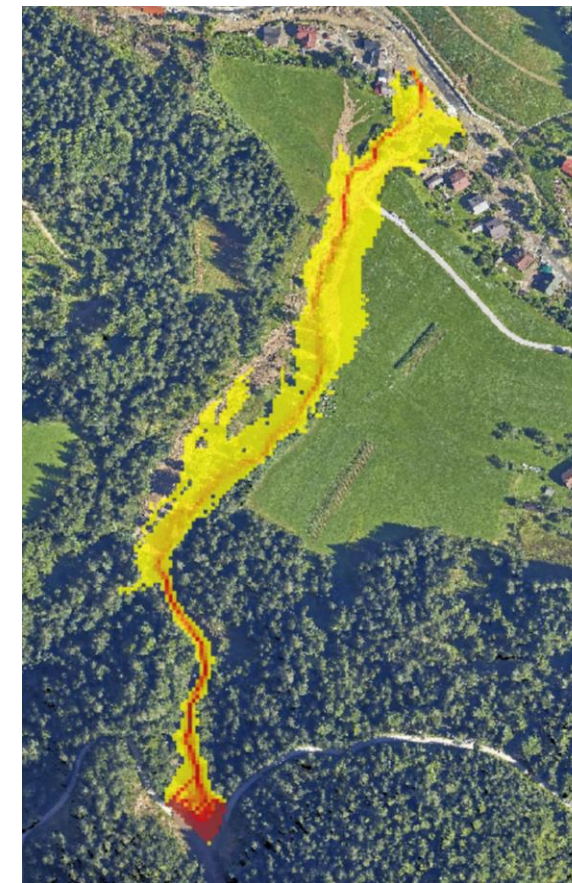
1. gostoto zemeljskih plazov
2. prisotnost gozdne vlake na območju zemeljskega plazov
3. naklon pobočja
4. L/H razmerje (dolžina/višina zemeljskega plazov)
5. delež gozdov na območju zemeljskega plazov



Zemeljski plazovi: Drobirski & blatni & zrnasti tokovi

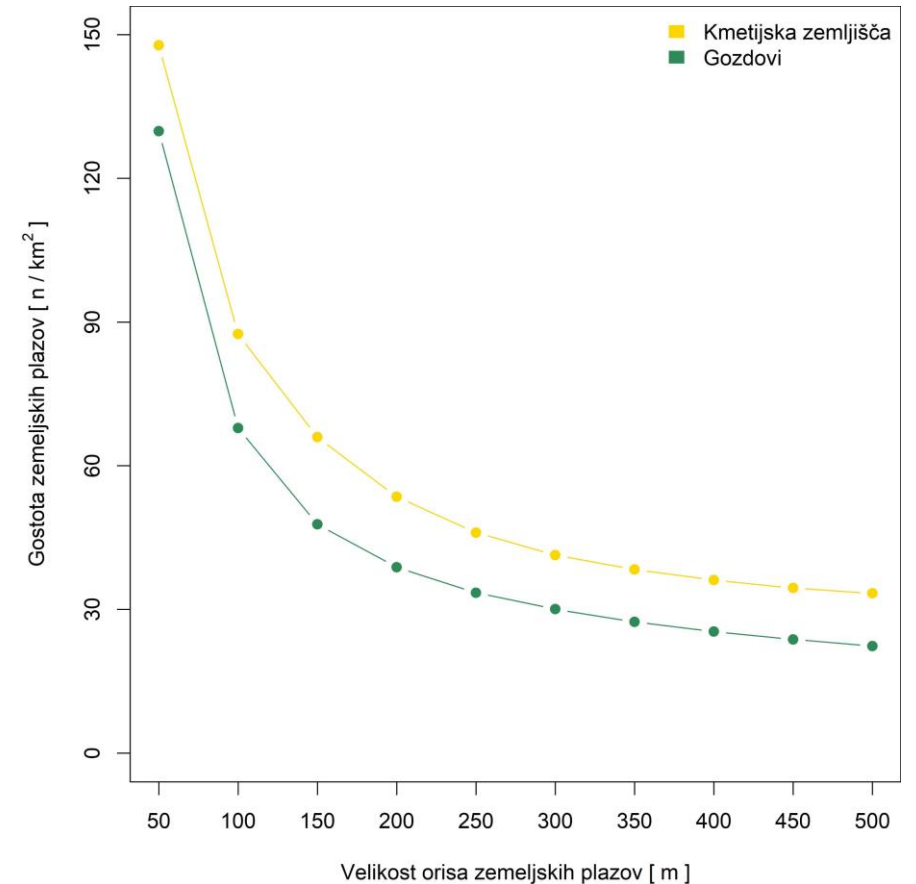
V analizo je bilo vključenih 721 zemeljski plazov:

- 260 izključno v gozdovih
- 182 izključno na kmetijskih zemljiščih
- 276 zemeljskih plazov pa se nahaja tako na kmetijskih zemljiščih kot gozdovih
- 4 zemeljski plazovi se nahajajo izven kmetijskih zemljišč in gozdov



Zemeljski plazovi: Drobirski & blatni & zrnasti tokovi

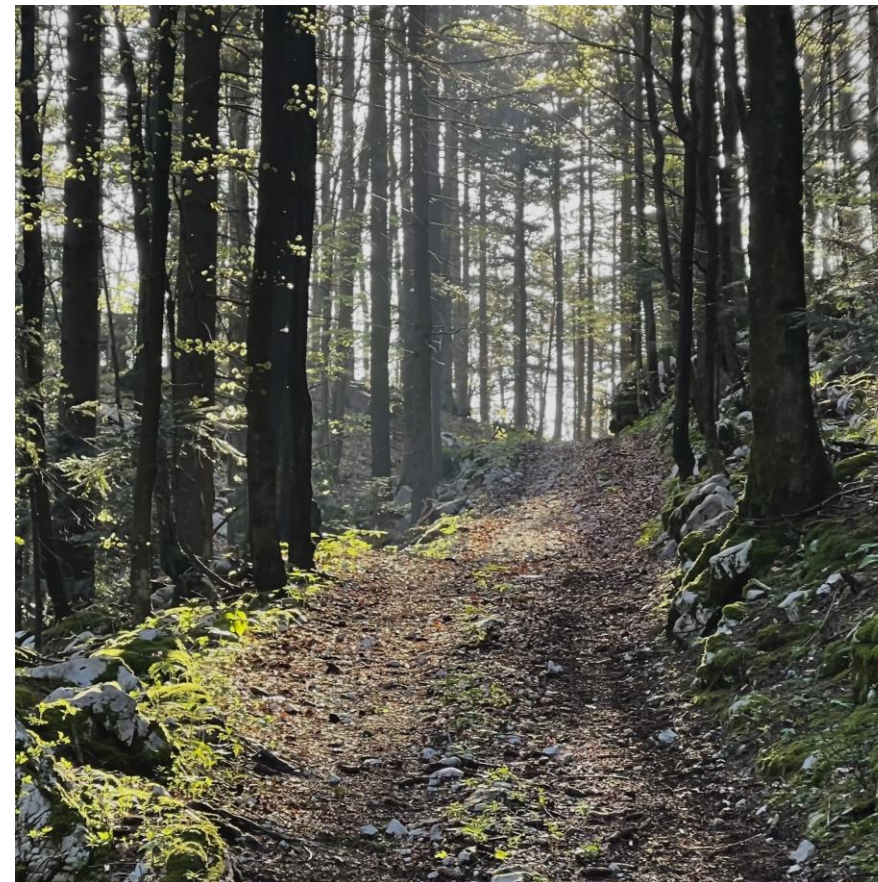
Relativna razlika v gostoti zemeljskih plazov narašča z naraščanjem velikosti orisa, in sicer iz **12,1 %** na **33,0 %** pri velikosti orisa 500 m.



Zemeljski plazovi: Drobirski & blatni & zrnasti tokovi

474 zemeljskimi plazovi ima območje proženja v gozdu:

- 7,0 % plazov morda sproženih zaradi gozdne vlake
- zelo verjetno pa je ta delež manjši, ker zgolj prisotnost gozdne vlake ni vedno glavni vzrok za sprožitev



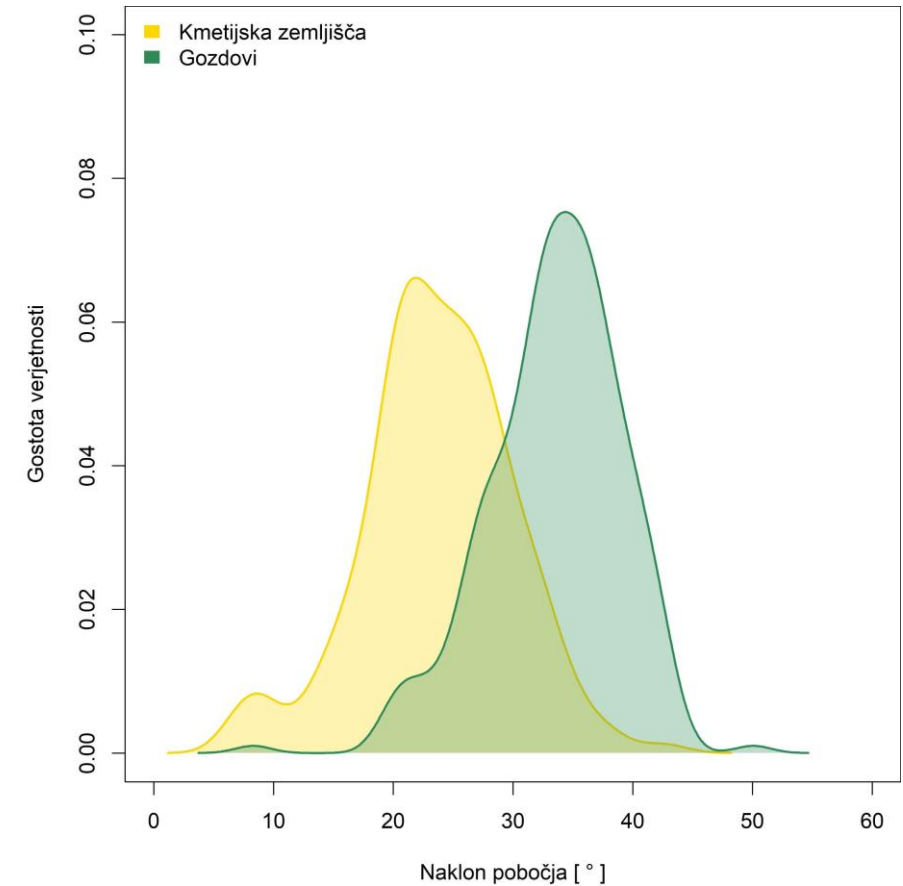
Zemeljski plazovi: Drobirski & blatni & zrnasti tokovi

Povprečna vrednost naklona, kjer se nahajajo plazovi:

- v gozdu **33,5°**
- na kmetijskih zemljiščih **23,7°**

Največ plazov:

- na kmetijskih zemljiščih naklon 21,9°
- v gozdu naklon 34,3°



Zemeljski plazovi: Drobirski & blatni & zrnasti tokovi

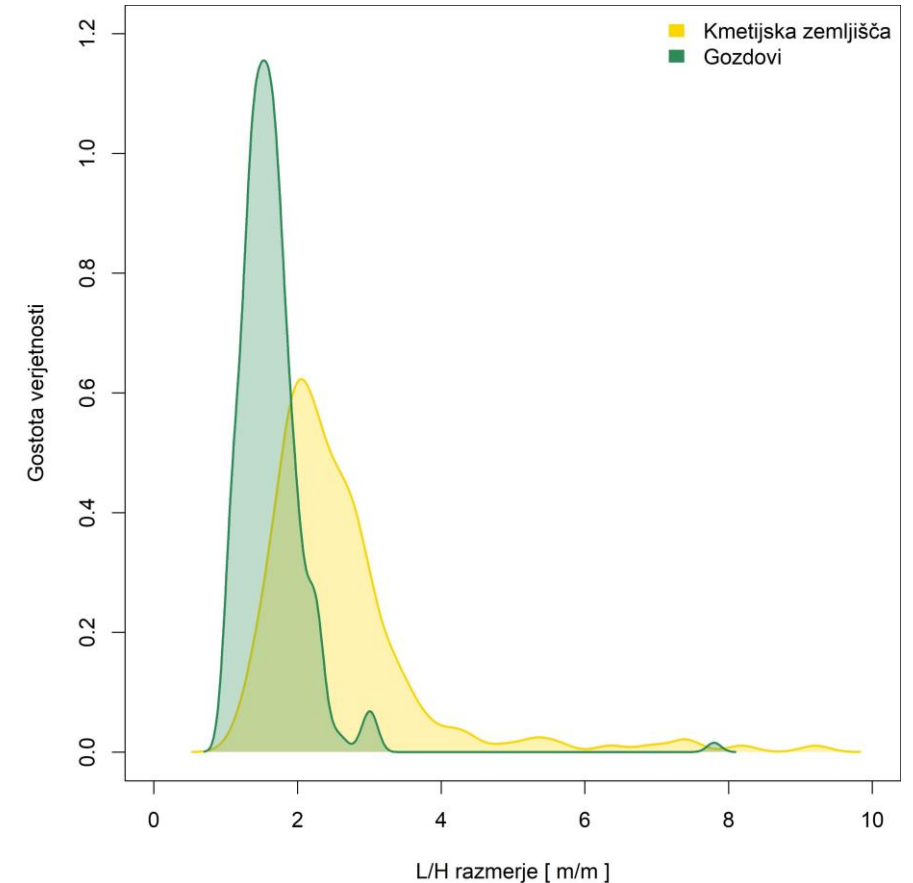
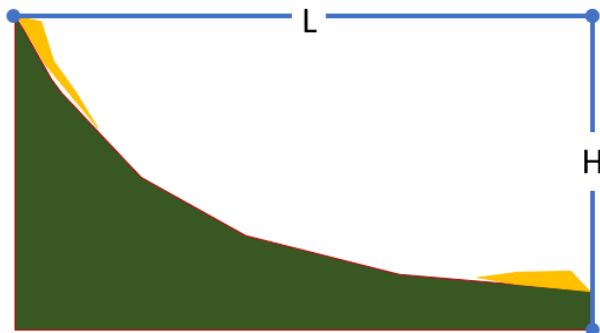
Naklon [°]	Kmetijska zemljišča [%]	Gozdovi [%]	Razlika [%]
5,0	0,0	0,0	0,0
10,0	4,4	0,4	4,0
15,0	8,2	0,4	7,9
20,0	23,6	1,5	22,1
25,0	58,8	7,3	51,5
30,0	85,7	24,6	61,1
35,0	97,3	57,3	39,9
40,0	99,5	89,2	10,2
45,0	100,0	99,6	0,4
50,0	100,0	99,6	0,4
55,0	100,0	100,0	0,0

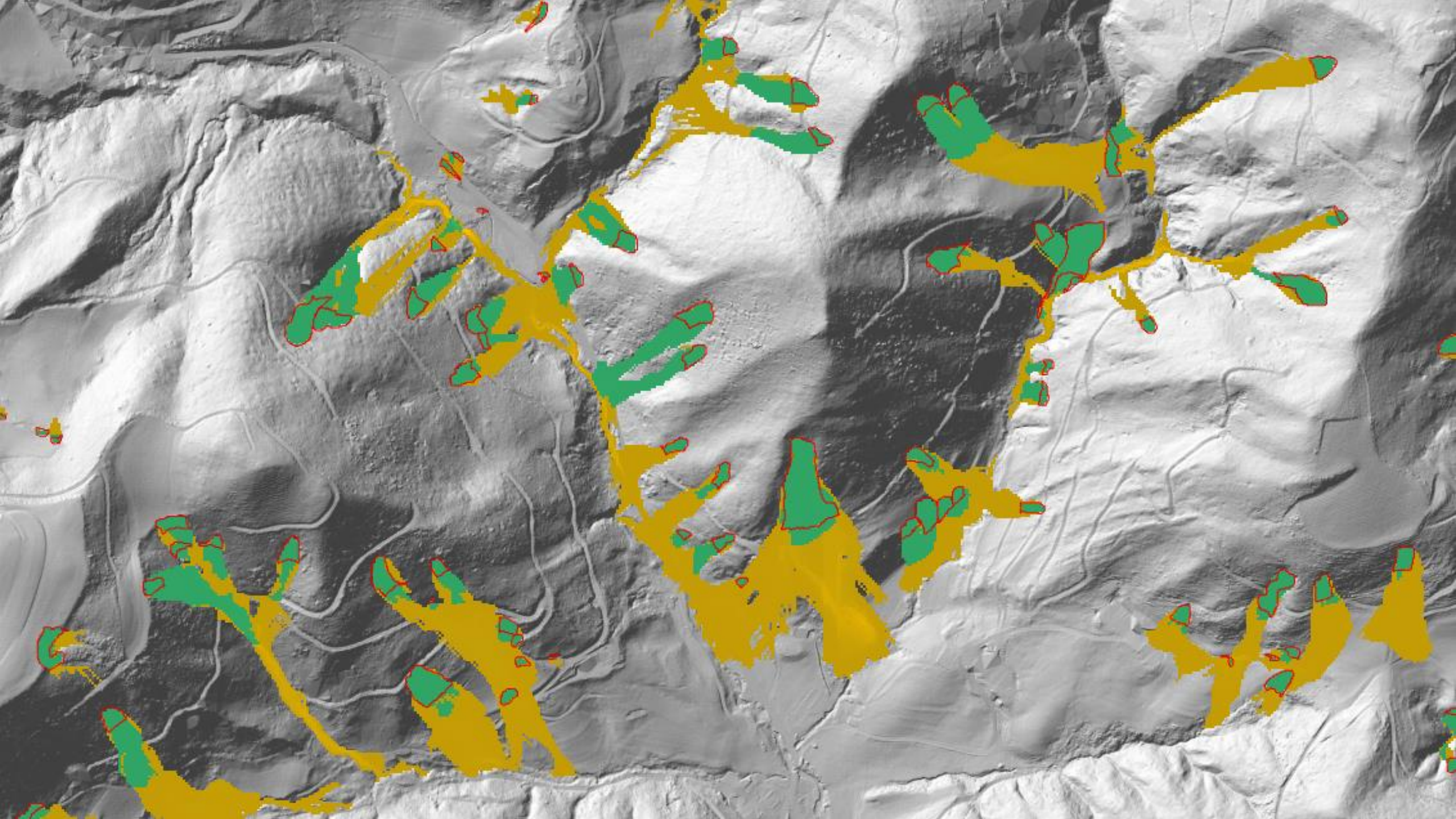
Zemeljski plazovi: Drobirski & blatni & zrnasti tokovi

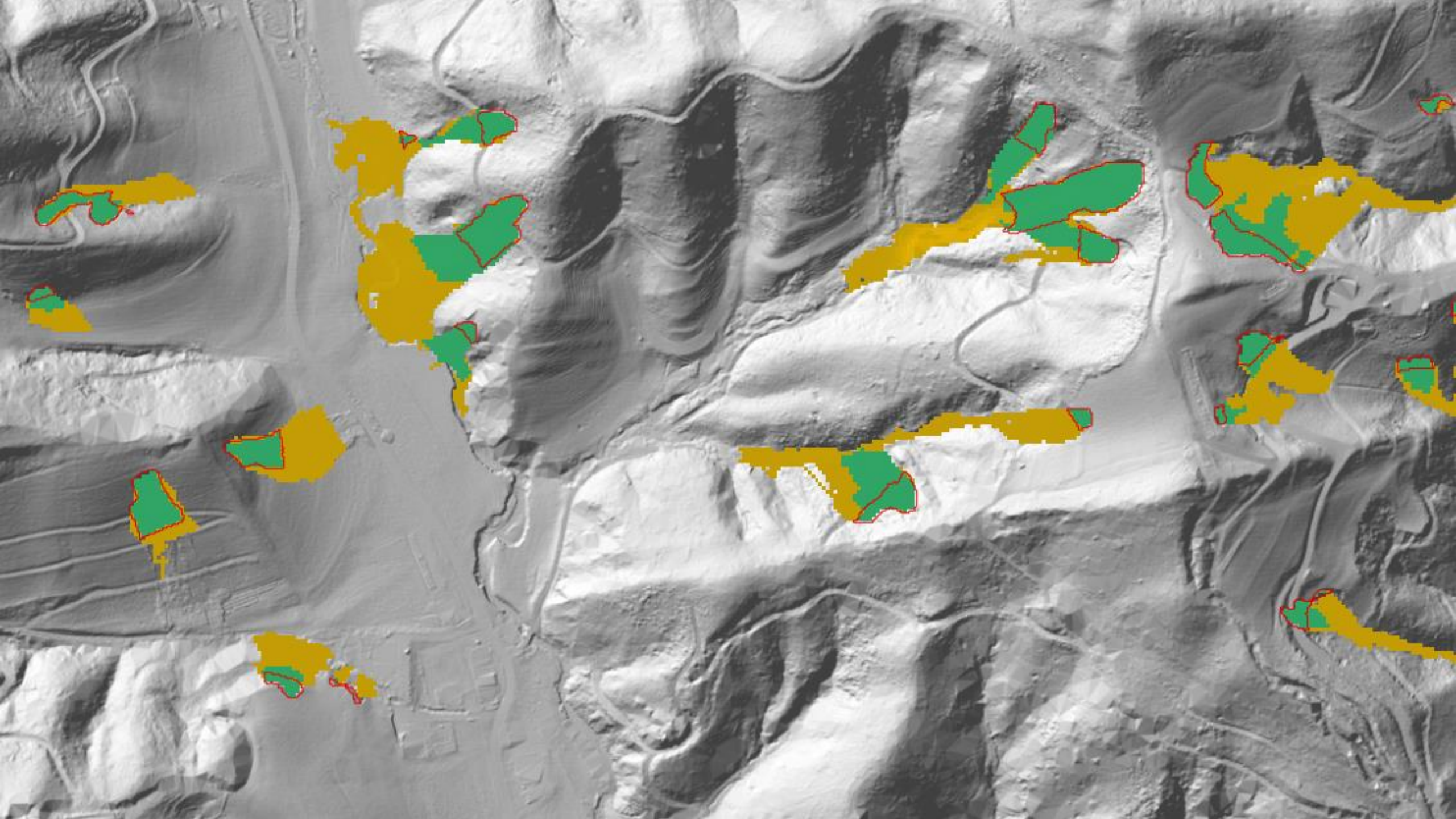
L/H razmerje je pomemben kazalnik za razumevanje dinamike plazov, saj nam pove, kako daleč se plaz premakne glede na višino pobočja, s katerega se je sprožil.

Povprečno L/H razmerje je:

- 2,6 za kmetijska zemljišča
- 1,6 za gozdove





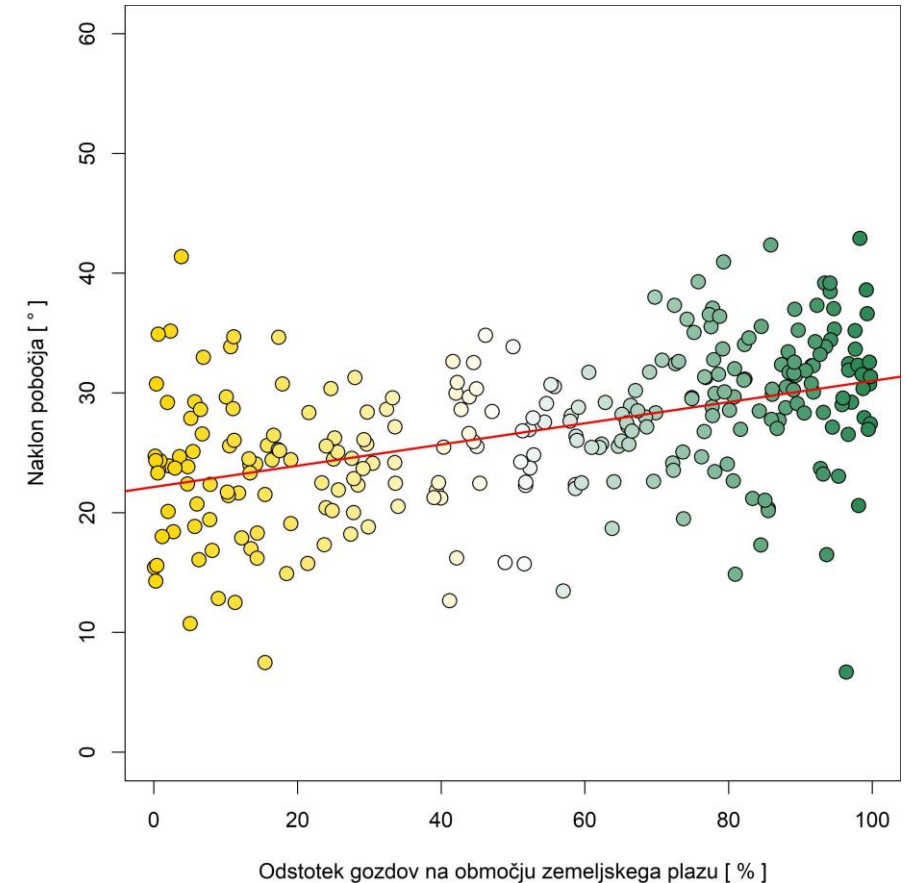


Zemeljski plazovi: Drobirski & blatni & zrnasti tokovi

Za vsako dodatno enoto (**10 %**) povečanja deleža gozdov na območju zemeljskega plazu, se povprečni naklon pobočja, kjer se pojavljajo zemeljski plazovi, poveča za **1°**.

Večji delež gozdov na območju zemeljskega plazu povezan s strmejšimi pobočji, kar pomeni, da gozdnata območja prispevajo k stabilnosti strmejših pobočij:

- plazovi se na gozdnatih območjih pojavljajo na strmejših pobočjih v primerjavi s kmetijskimi zemljišči.



Snežni plazovi

Območje proženja

Območje premeščanja

Območje odlaganja

Objava	Naklon	Prečna ukrivljenost	Vzdolžna ukrivljenost	Hrapavost	Usmerjenost	Nadmorska višina	Oddaljenost od grebena	Veter	TWI	Vegetacija
Voellmy (1955)	x									
Maggioni et al. (2002)	x	x			x		x			
Ghinoi and Chung (2005)	x			(x)	x	x	x			(x)
Barbolini et al. (2011)	x	x								x
Andres and Chueca Cia (2012)	x	x				x				x
Pistocchi and Notarnicola (2013)	x	x	x		x		x		x	x
Bühler et al. (2013)	x	x		x						
Chueca Cia et al. (2014)	x	x				x				x
Veitinger et al. (2016)	x			x				x		x



Snežni plazovi

Povečanje kota energijske črte α

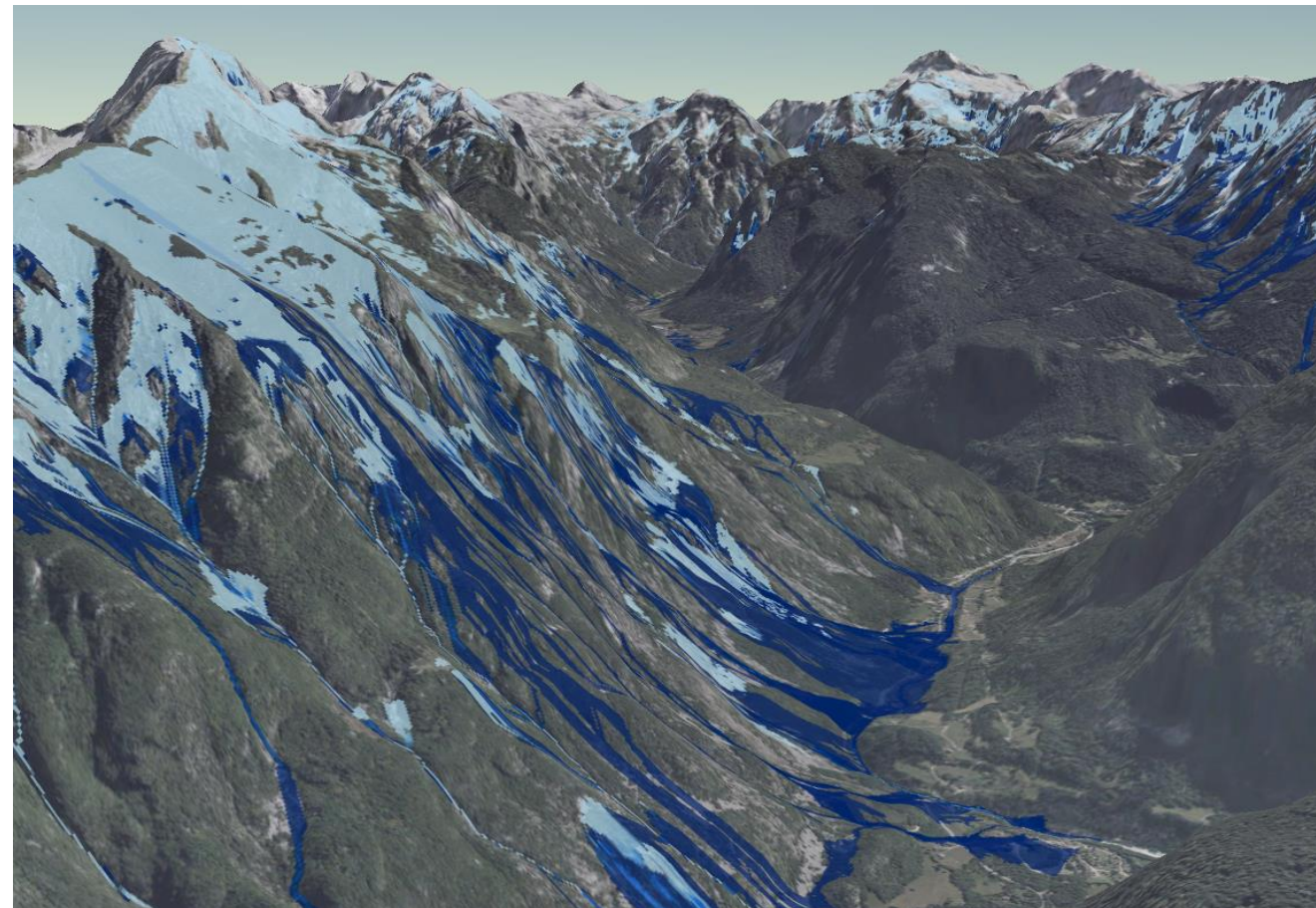
Izračun varovalnega učinka gozda

1. parameter MFS

- vrsta pobočnega masnega premika
- razvojna faza sestoja
- drevesna sestava

2. parameter FSI

- vrsta pobočnega masnega premika
- sestojni sklep
- gostota sestoja
- zgornja sestojna višina



Snežni plazovi

Območje raziskave:

- Pokljuka
- Mencin (2022)

Cilji raziskave:

- intercepcija snežnih padavin





Snežni plazovi

Metode raziskave:

- 07. 11. 2022 skeniranje
- 24. 11. 2022 skeniranje



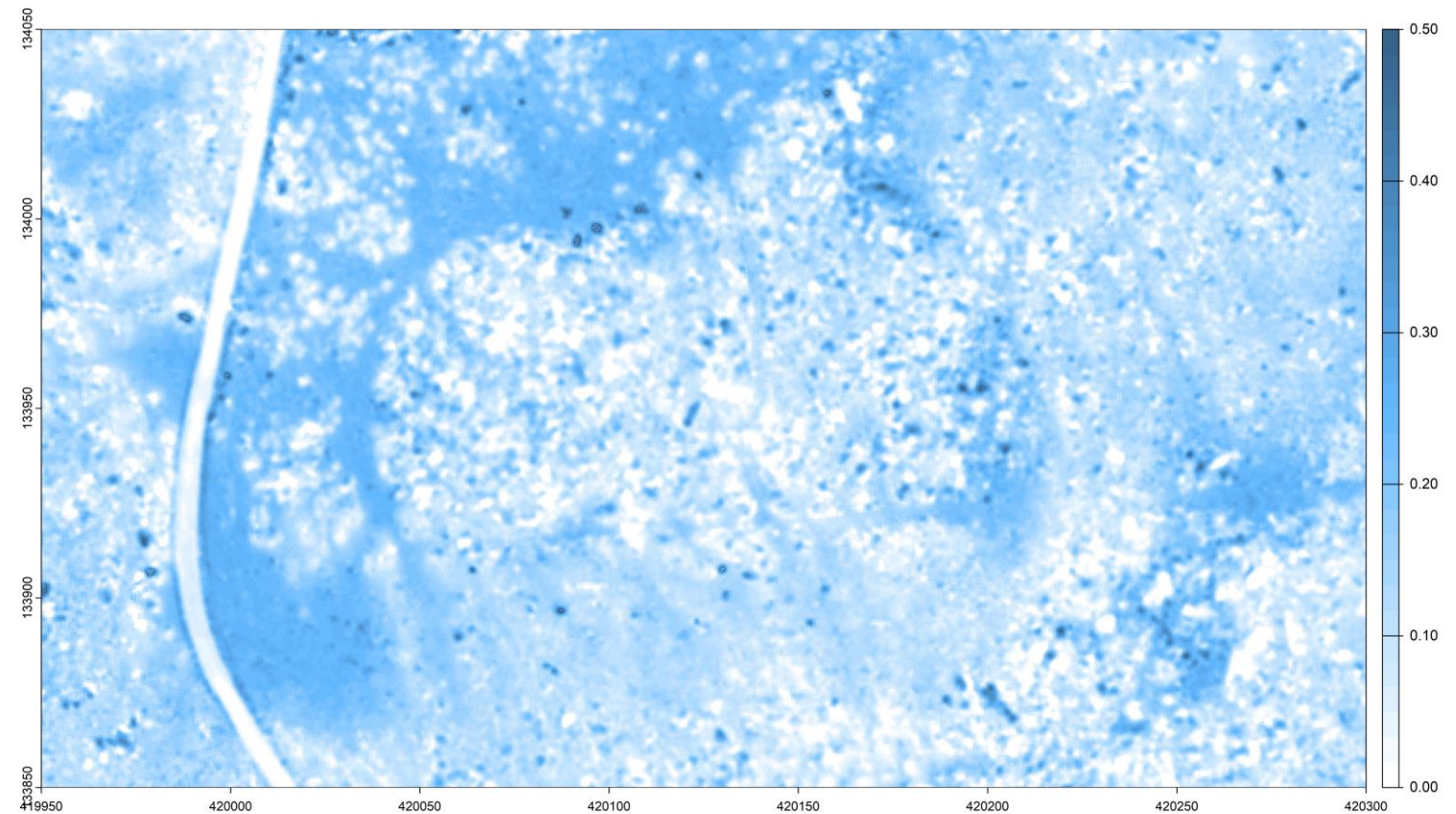
Snežni plazovi

Višina snežne odeje:

- razlika v DMV

Intercepcija snežih padavin (SI):

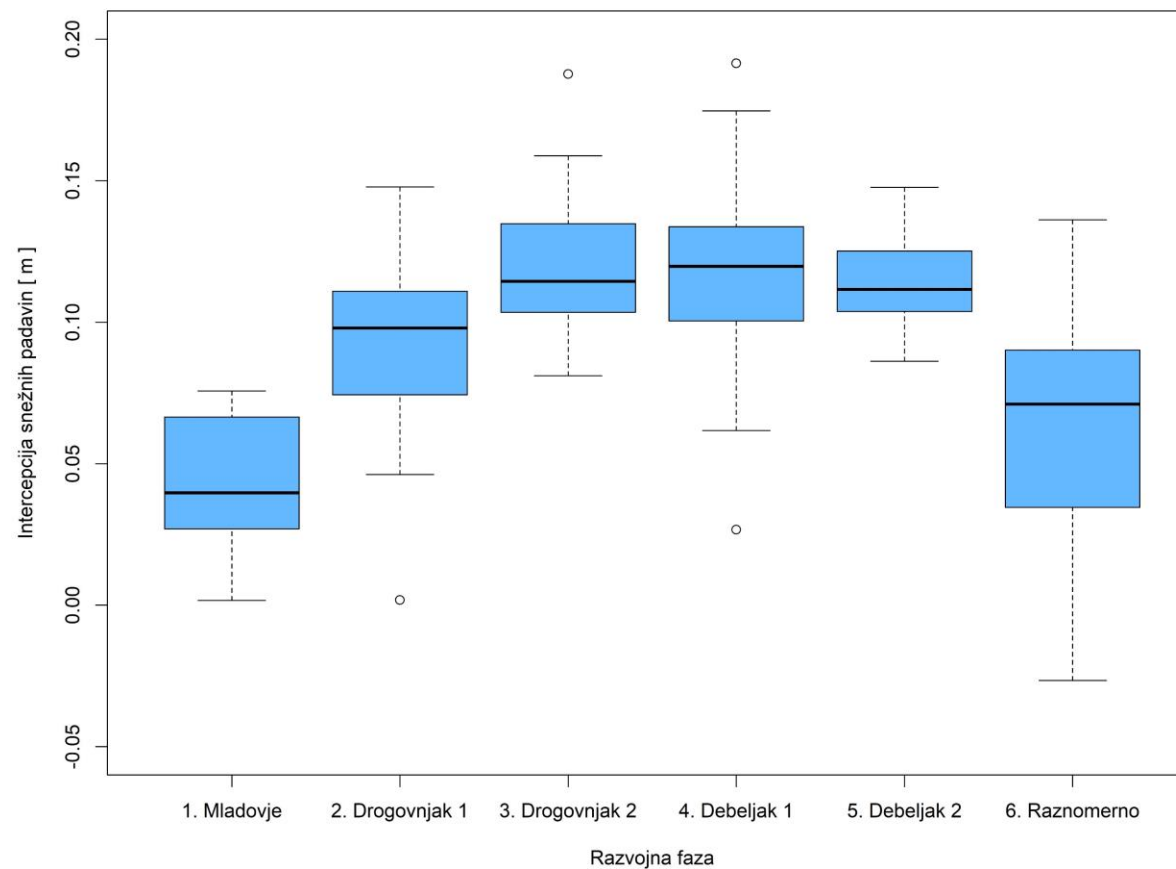
- $SI = SD_{open} - SD_{forest}$



Snežni plazovi

Na intercepcijo snežnih padavin vpliva:

- Razvojna faza
- Sestoni sklep
- Velikost in dolžina krošenj
- Koeficient intercepcije snežnih padavin





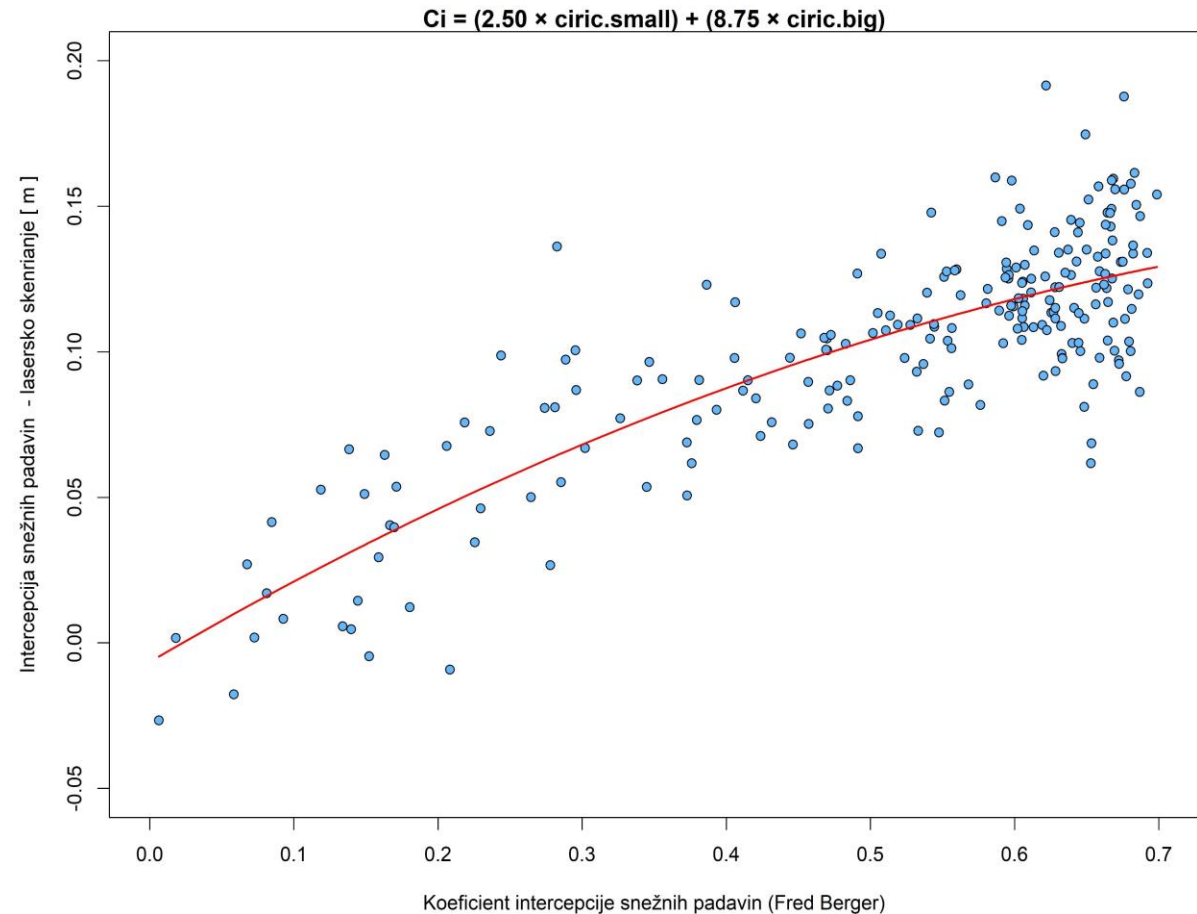
Snežni plazovi

Koeficient intercepcije snežnih padavin

```
cc.t <- 2.50
```

```
cc.s <- 8.75
```

```
 $C_i = (0.270 \times cc.t) + (0.437 \times cc.s)$ 
```



Padajoče kamenje

Območje raziskave:

- Potoška gora
- Študentje 2. letnika MSc (2022)

Varovalni učinek gozdov na:

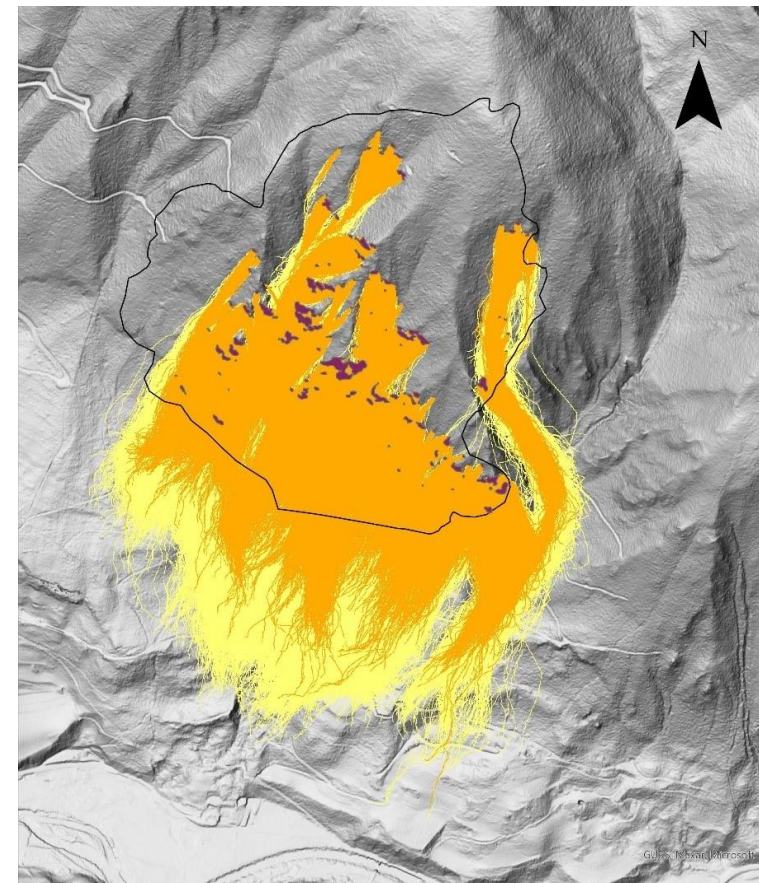
- izvorna območja padajočega kamenja
- območja gibanja padajočega kamenja



Padajoče kamenje

Rockyfor3D - simulacija gibanja skalnih blokov:

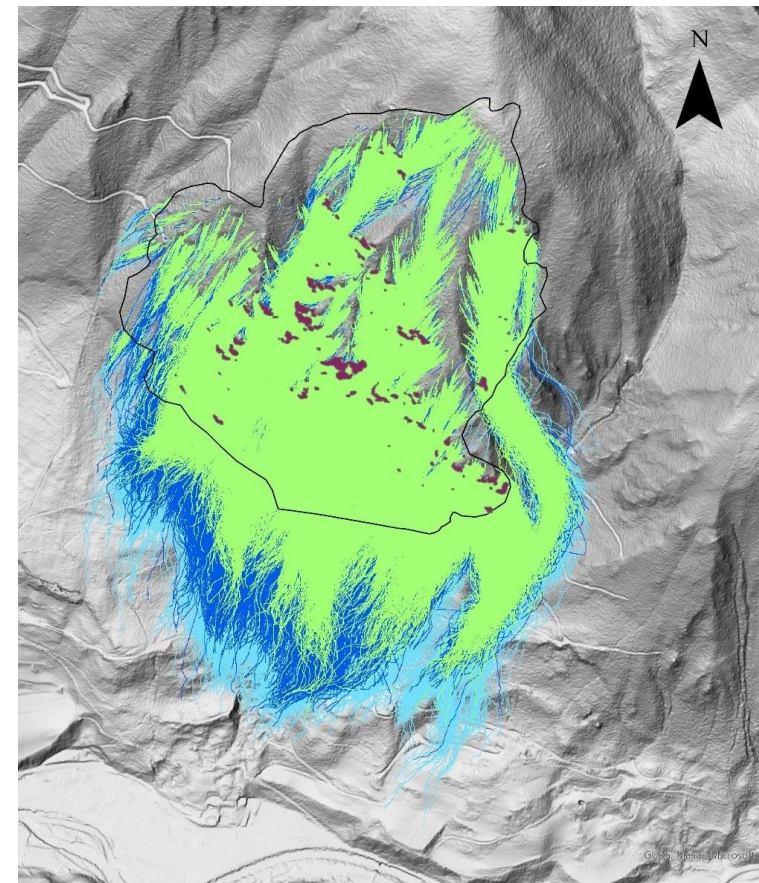
Scenarij	Varovalni učinek gozda	
	Izvirno območje	Območje premeščanja in odlaganja
Scenarij 1	DA	NE
Scenarij 2	DA	DA



Padajoče kamenje

Rockyfor3D - simulacija gibanja skalnih blokov:

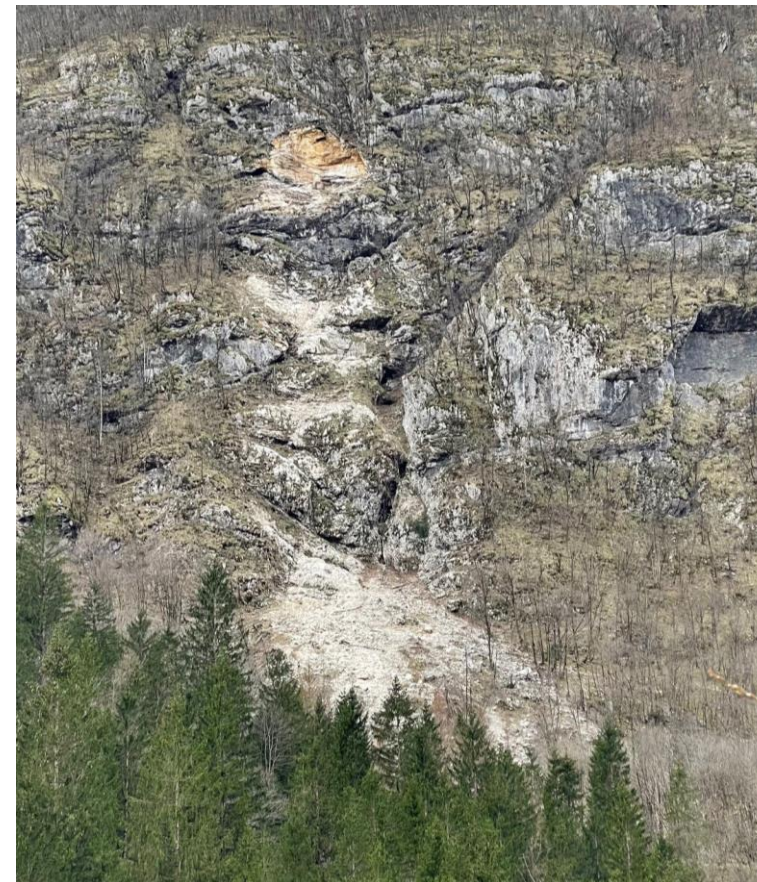
Scenarij	Varovalni učinek gozda	
	Izvirno območje	Območje premeščanja in odlaganja
Scenarij 1	DA	NE
Scenarij 2	DA	DA
Scenarij 3	NE	DA (gozd na požarišču ostane)
Scenarij 4	NE	DA (gozd na požarišču posekamo)
Scenarij 5	NE	DA (gozd posekamo tudi izven pogorišča)



Padajoče kamenje

Varovalni učinek gozda:

- izpostavljenost hribine toplotnemu stresu
- krajše transportne poti skalnih blokov
- nižje kinetične energije skalnih blokov (cenejši podajno lovilni sistemi)
- nižji odboji skalnih blokov od podlage (cenejši podajno lovilni sistemi)
- ...
- ponekod širše območje odlaganja
- ...





Hvala za pozornost