

INOVATIVNI RAZVOJ KARATA KLIZIŠTA ZA PRILAGODBU DRUŠTVA KLIMATSKIM PROMJENAMA

FESTIVAL ZNANOSTI

Rijeka, 26.4.2023.

Doc. dr. sc. Petra JAGODNIK

Sveučilište u Rijeci

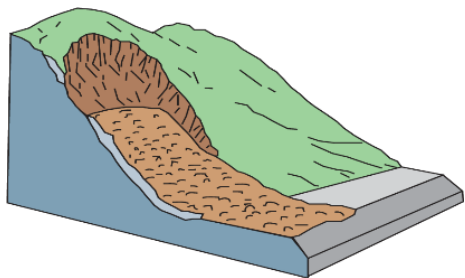
GRAĐEVINSKI FAKULTET

primijenjena
istraživanja klizišta
za razvoj mjera
ublažavanja
i prevencije rizika



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj

KLIZIŠTA



ŽIVJETI S KLIZIŠTIMA –
možemo li, i koliko
uspješno?



SUVREMENA ISTRAŽIVANJA

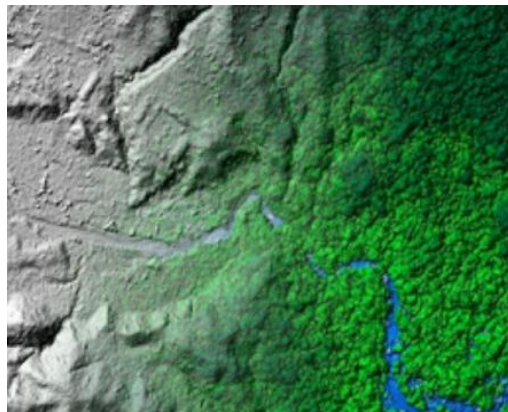


TEHNOLOGIJA

za prikupljanje prostornih
podataka.

ZNANOST

u razvoju metodologije
prepoznavanja i kartiranja
klizišta.

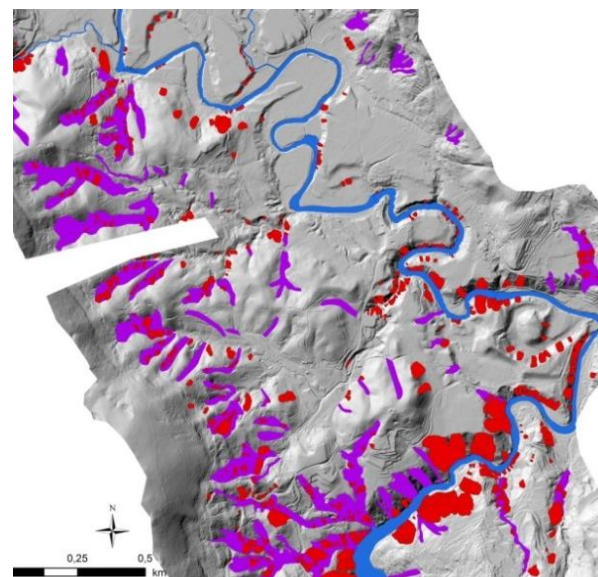


PRILAGODBA KLIMATSKIM PROMJENAMA



KARTE KLIZIŠTA

za održivo upravljanje prostorom.



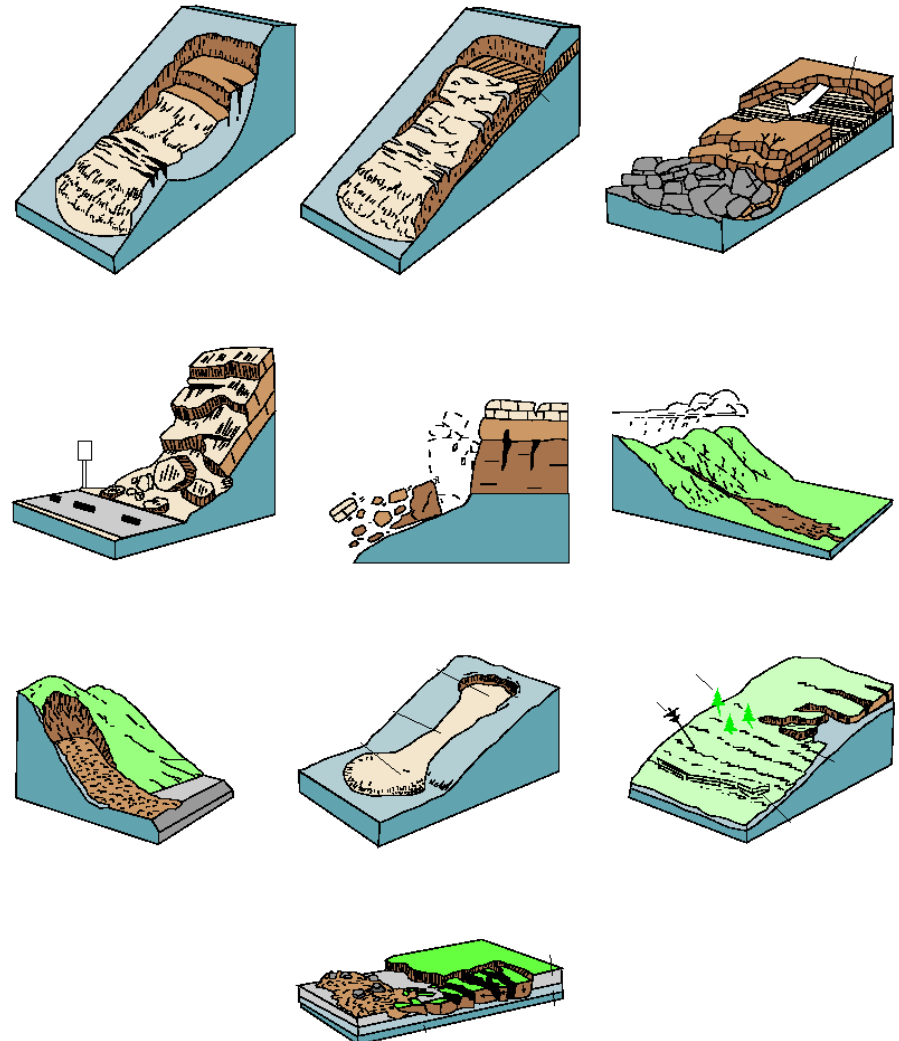
UKRATKO O KLIZIŠTIMA

ŠTO JE KLIZIŠTE?

Klizište je morfološka pojava nastala kao posljedica gibanja materijala niz padinu pod utjecajem gravitacije.

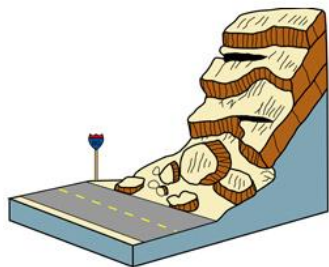
Pojam klizište podrazumijeva sve pokrete na padinama pri kojima se materijal giba pod utjecajem gravitacije, neovisno o načinu na koji se giba.

Svako **KLIZIŠTE** karakteriziraju njegov specifični **oblik** i **veličina**, kao posljedica načina gibanja, brzine gibanja i volumena pokrenutog materijala.



MEHANIZMI GIBANJA KLIZIŠTA

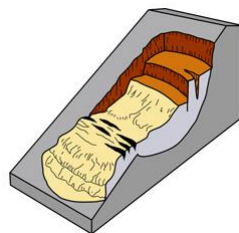
ODRONJAVANJE



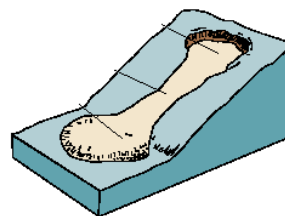
PREVRTANJE



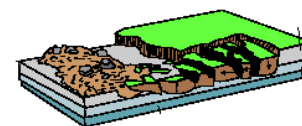
KLIZANJE



TEČENJE



BOČNO
RAZMICANJE



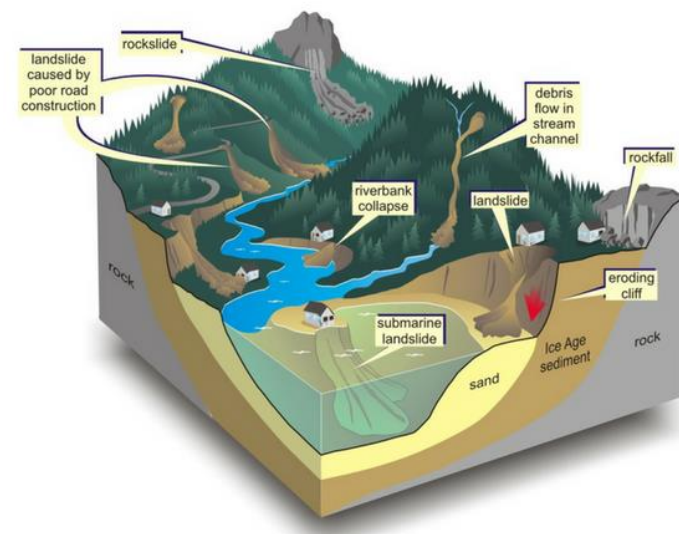
UZROCI KLIZIŠTA

PREDUVJETI KLIZIŠTA čine padinu osjetljivom na klizanje, ali ne iniciraju gibanje materijala.

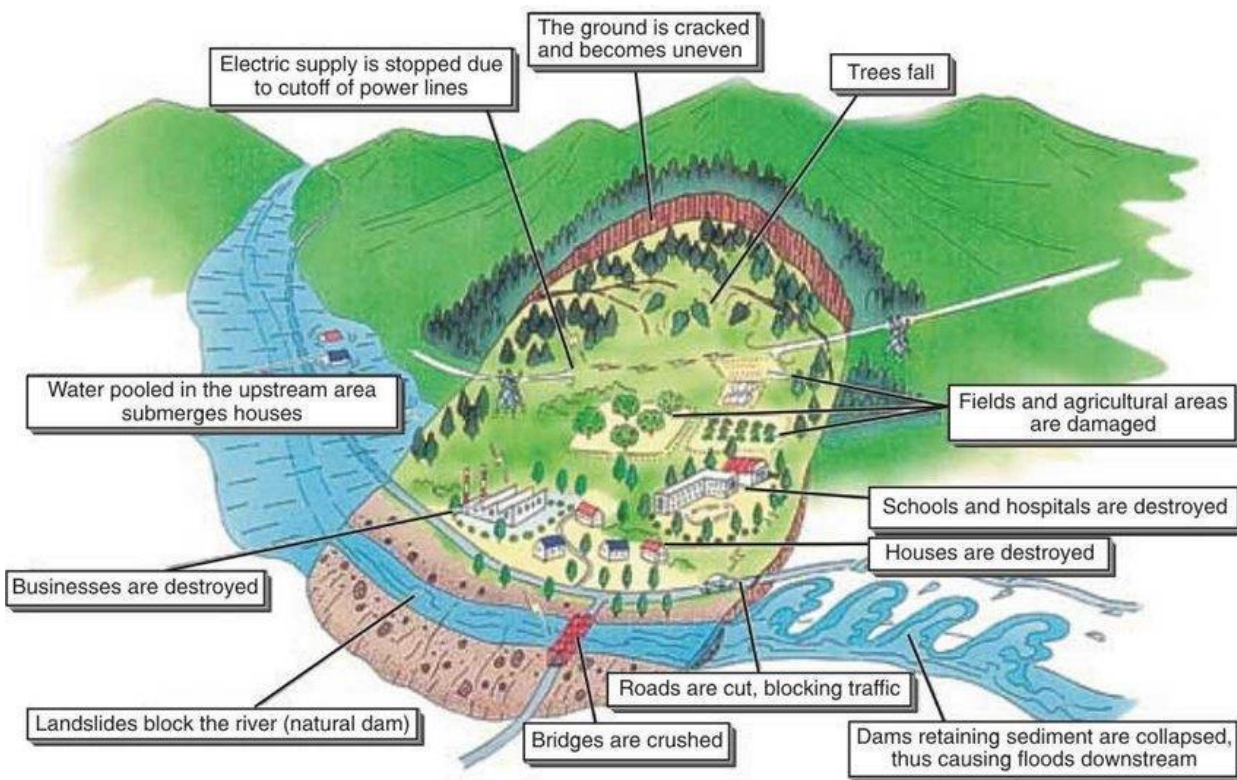
POKRETAČI KLIZIŠTA su procesi koji iniciraju gibanje, tj. padinu iz stanja granične ravnoteže dovode u aktivno nestabilno stanje.

Osnovni **preduvjet** za nastanak klizišta je **VRSTA MATERIJALA** koja izgrađuje padinu.

Klizišta najčešće **pokreću OBORINE**, a važni pokretači su i erozija tekućom vodom u nožici padine, slobodno otjecanje vode po površini padine, potresi, ljudske djelatnosti.



POSljedICE OD KLIZIŠTA



ŠTETE NA GRAĐEVINAMA I INFRASTRUKTURI.

ŠTETE NA POLJOPRIVREDNIM POVRŠINAMA.

EKONOMSKI GUBICI

UTJECAJ NA OKOLIŠ

GUBITAK ŽIVOTA I SOCIJALNA IZOLIRANOST



ELEMENTI AKTIVNIH KLIZIŠTA



ELEMENTI UMIRENIH KLIZIŠTA

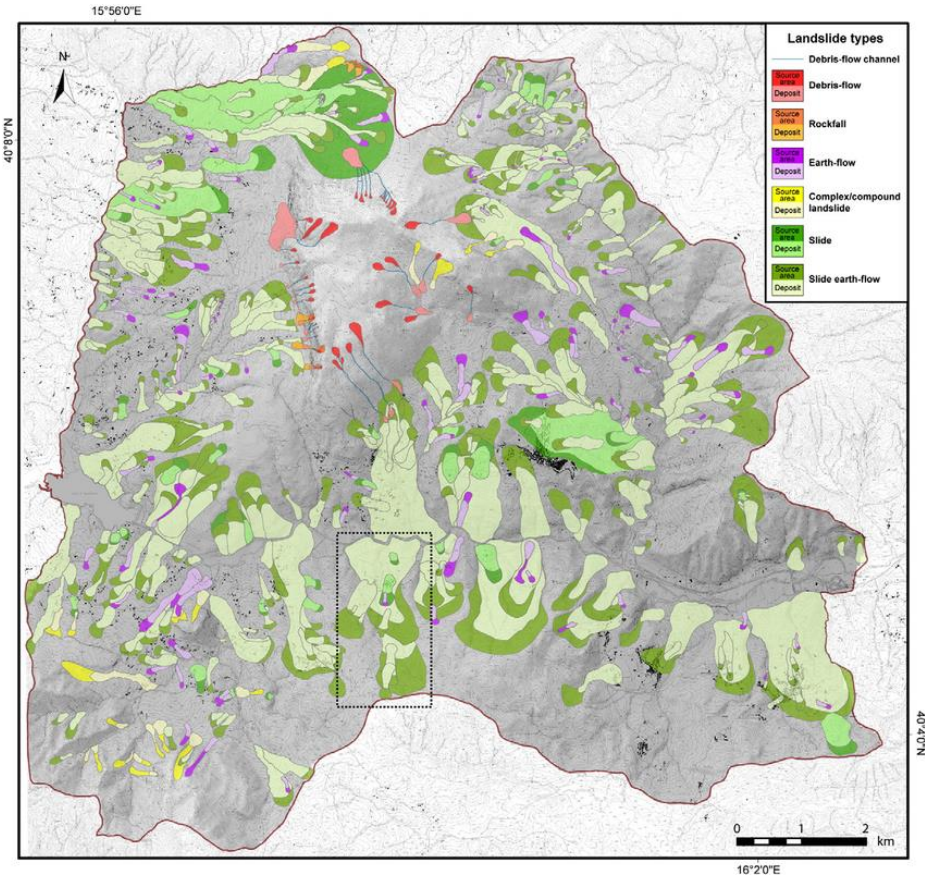
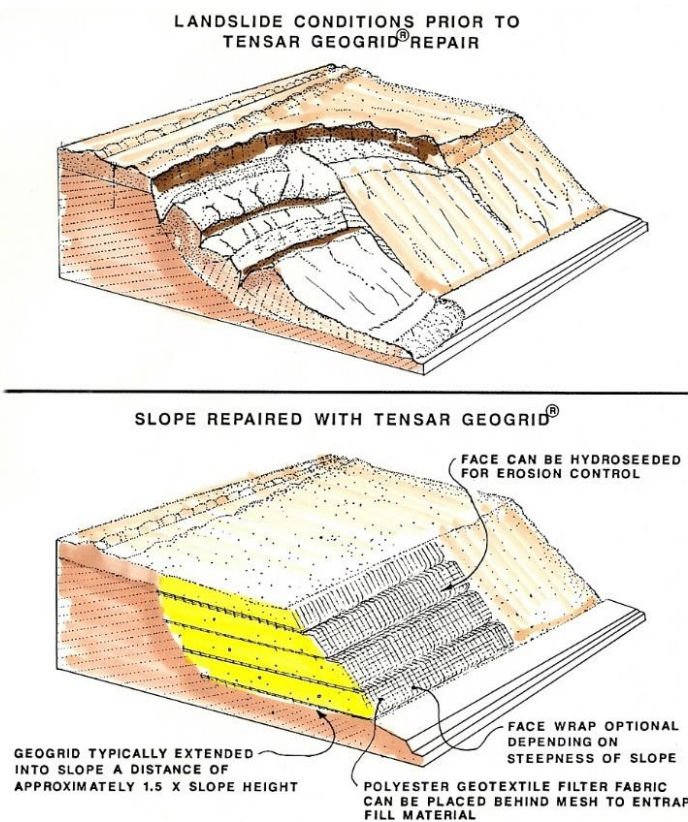


INOVATIVNA ISTRAŽIVANJA KLIZIŠTA

ZAŠTO ISTRAŽUJEMO KLIZIŠTA?

Sanacija pojedinačnih klizišta.

Prevenција nastanka novih klizišta, i
prevencija štete uslijed pojava klizišta.



DALJINSKA ISTRAŽIVANJA KLIZIŠTA

OD ŠUME
SE NE VIDI
DRVO



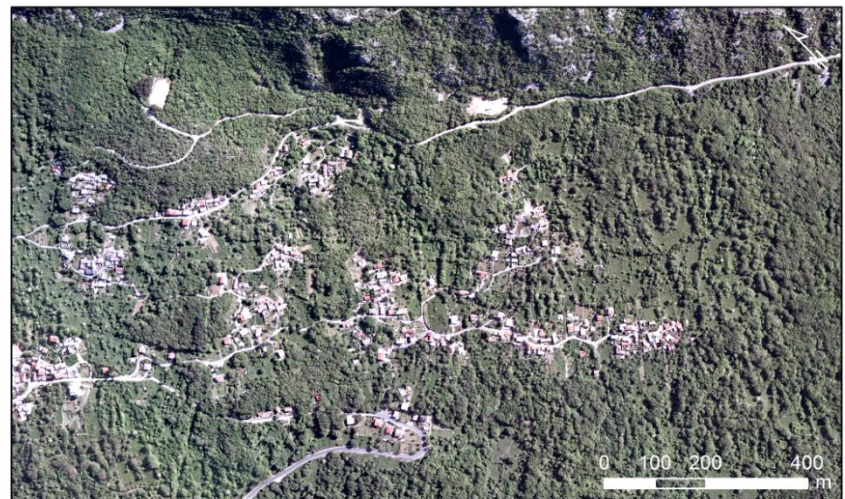
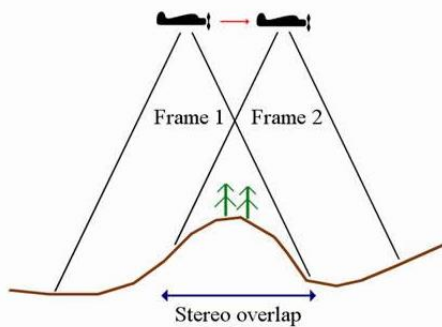
ILI?

OD ŠUME
SE NE VIDI
KLIZIŠTE

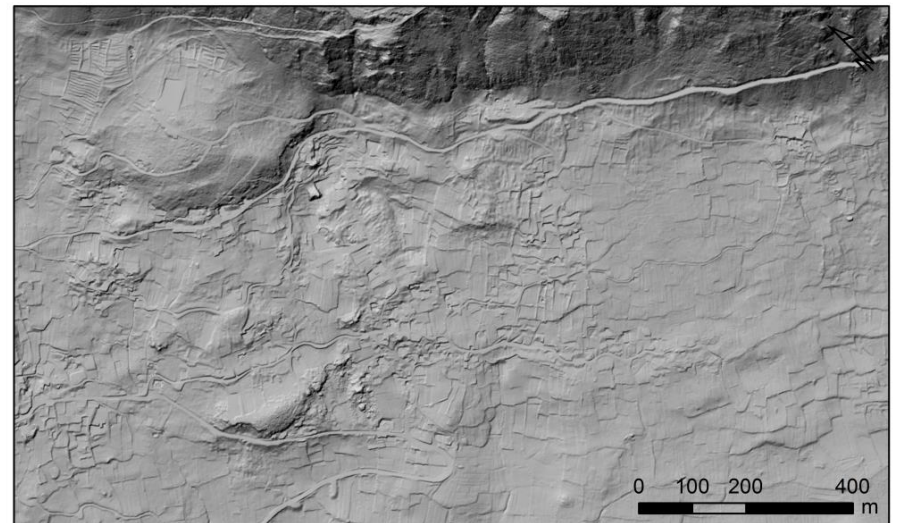
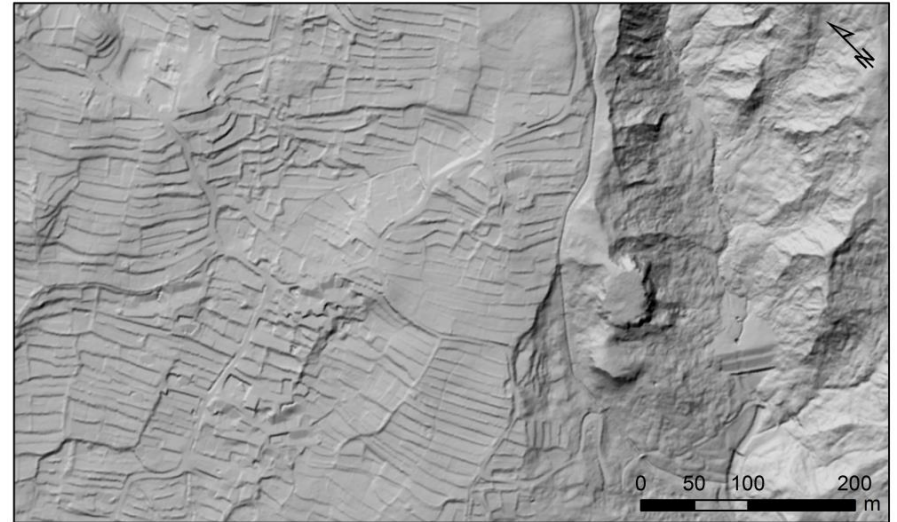
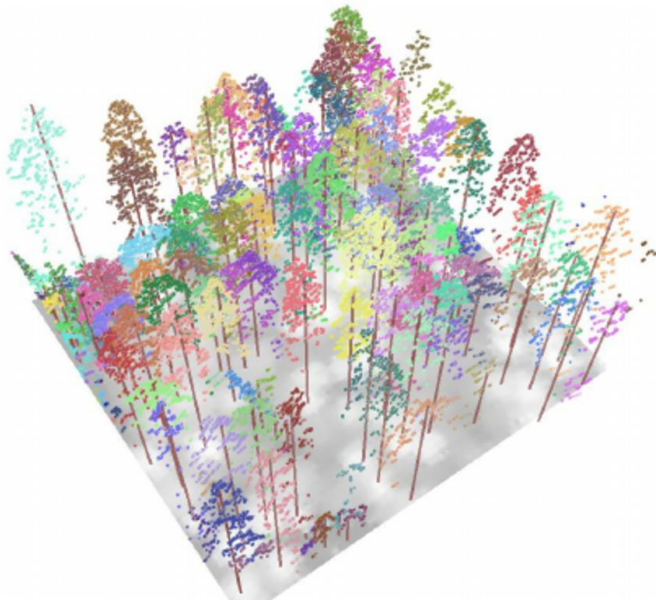


DALJINSKA ISTRAŽIVANJA KLIZIŠTA

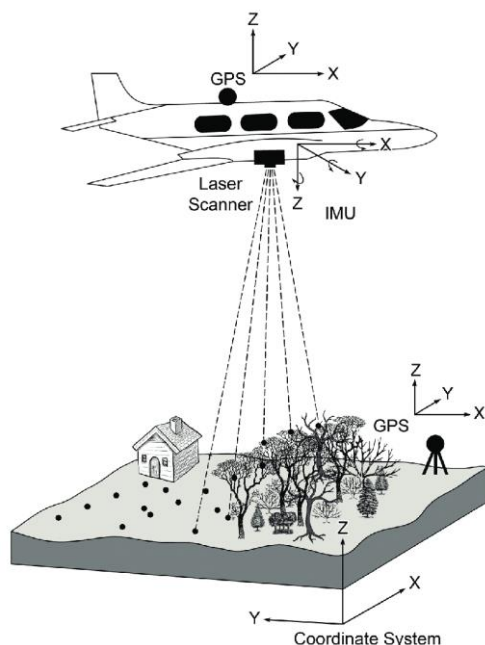
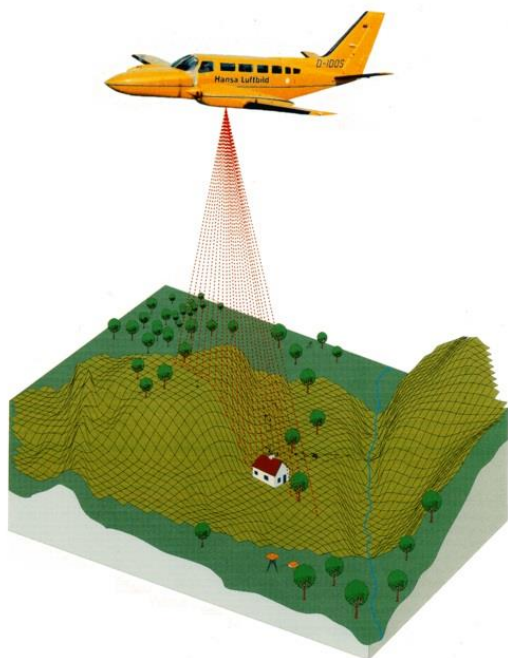
Stereoskopska
analiza avionskih
snimaka.



DALJINSKA ISTRAŽIVANJA KLIZIŠTA

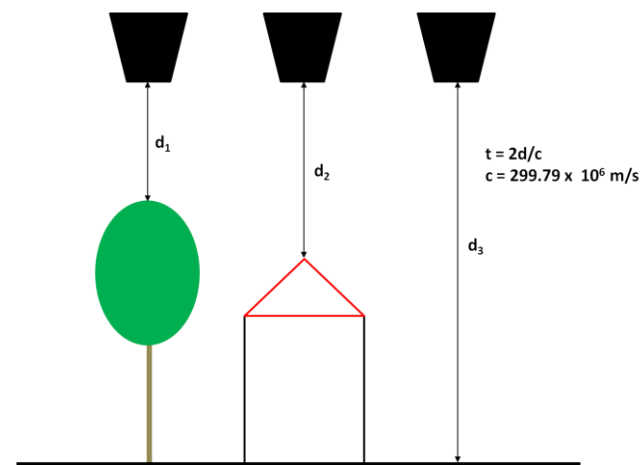


**POGLED POD
ŠUMU**



Laserska zraka odaslana iz mjernog instrumenta kreće se brzinom svjetlosti, reflektira od objekta snimanja i vraća natrag do mjernog instrumenta.

Kombinacija izmjerene udaljenosti i kuta s određenog stajališta daje koordinate određene točke u prostoru.



TEHNOLOGIJA: LASERSKO SKENIRANJE IZ ZRAKA – LIDAR

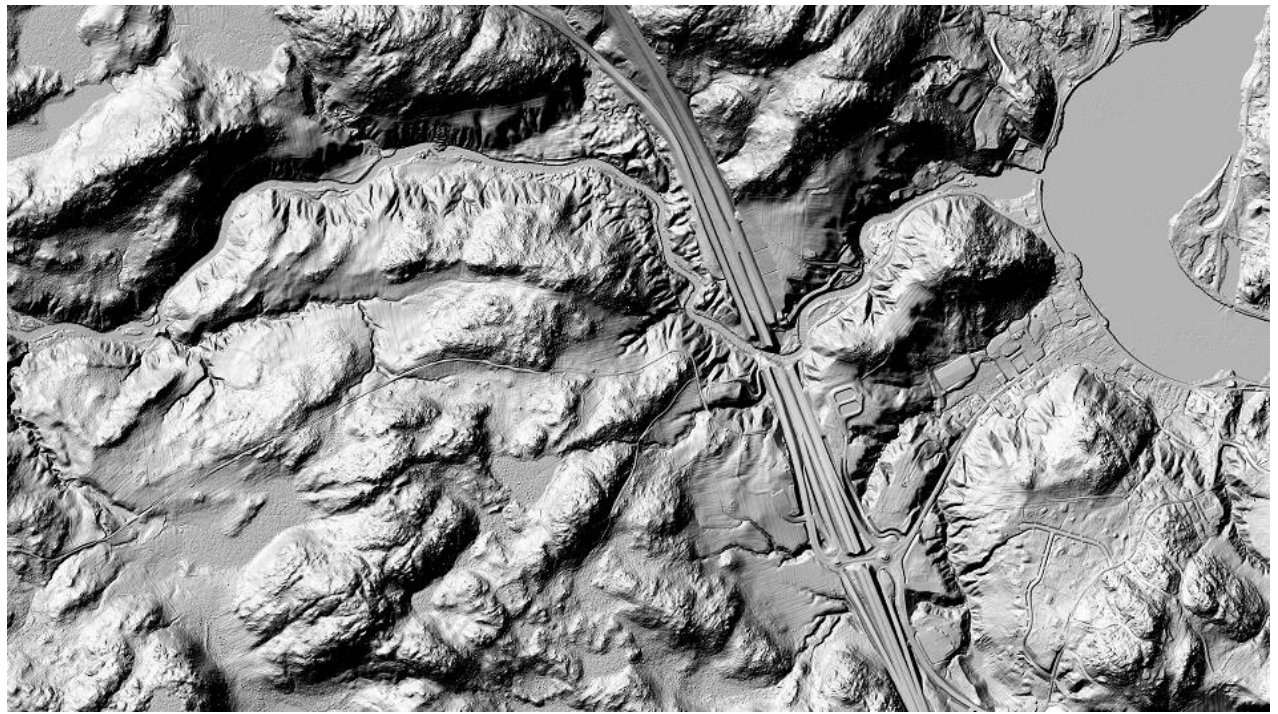
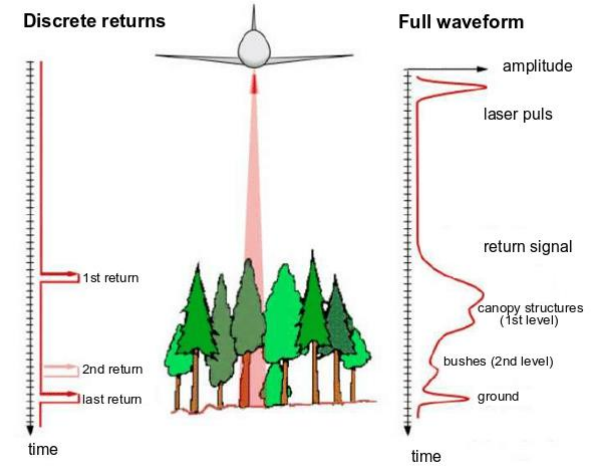
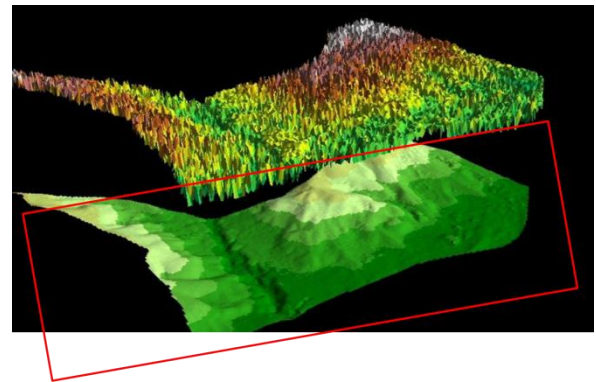
OBLAK TOČAKA



KLASIFIKACIJA FILTRIRANJE

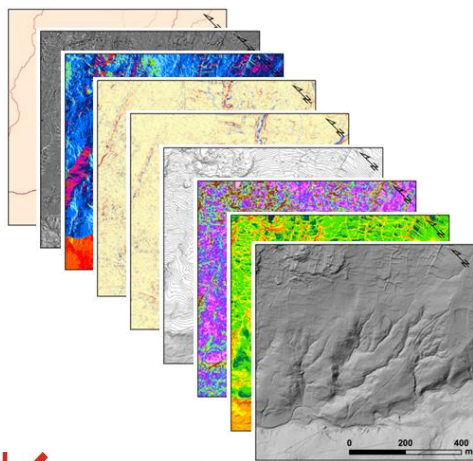


DIGITALNI MODEL RELJEFA



U POTRAZI ZA KLIZIŠTIMA

**RAČUNALNA
OPREMA**



**OKO,
ZNAJJE,
VJEŠTINA**



VRIJEME



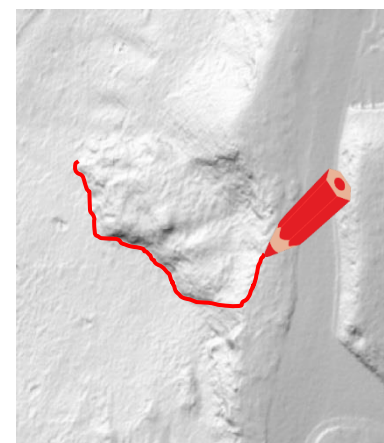
**VOLJA,
STRPLJENJE,
DOSLJEDNOST**



IDENTIFIKACIJA I KARTIRANJE KLIZIŠTA

IDENTIFIKACIJA: prepoznavanje elemenata klizišta na topografskim podlogama izvedenima iz DMR-a.

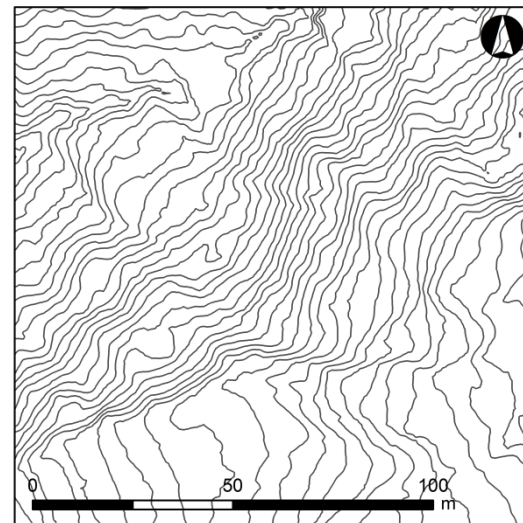
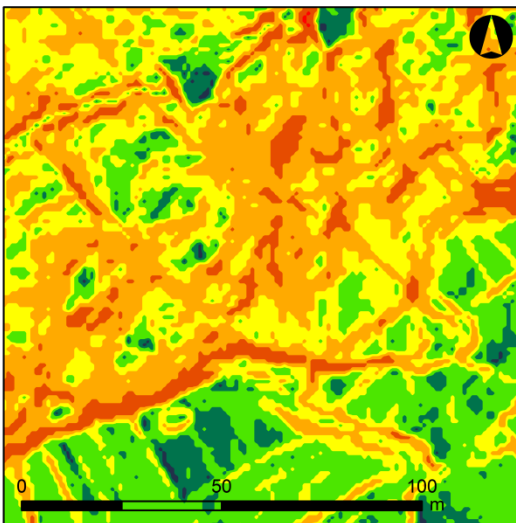
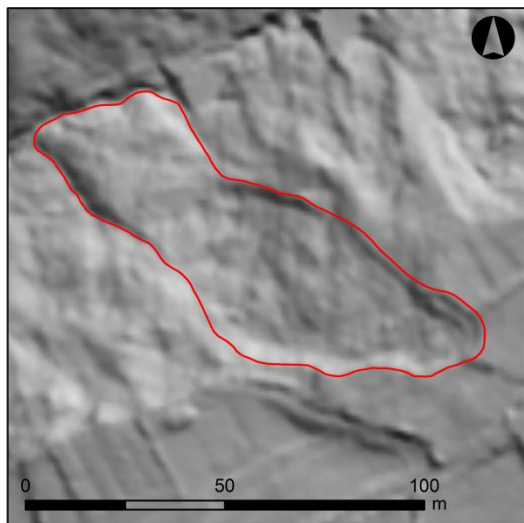
KARTIRANJE: iscrtavanje granice klizišta.



IDENTIFIKACIJA I KARTIRANJE KLIZIŠTA

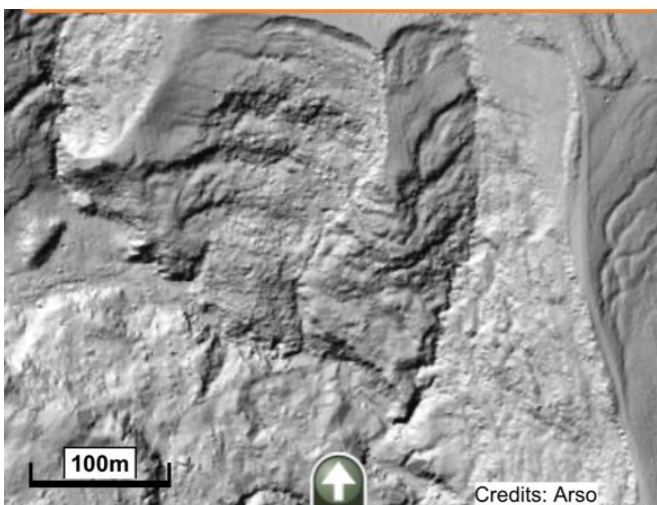
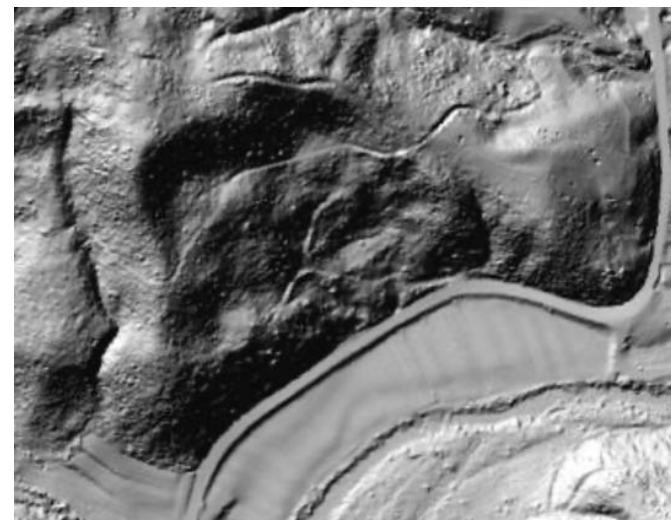
IDENTIFIKACIJA: prepoznavanje elemenata klizišta na topografskim podlogama izvedenima iz DMR-a.

KARTIRANJE: iscrtavanje granice klizišta.



IDENTIFIKACIJA I KARTIRANJE KLIZIŠTA

Klizišta na karti
osjenčanog reljefa
izvedenoj iz
1-m LiDAR DMR-a
Republike Slovenije.



KARTE KLIZIŠTA

VRSTE KARATA KLIZIŠTA

KARTA INVENTARA KLIZIŠTA

- primjena karte na lokalnoj razini u sektorima upravljanje rizicima, prostorno planiranje i upravljanje vodama



- prikazuje prostorni položaj klizišta, njihove granice i veličinu – **GDJE SU KLIZIŠTA?**

KARTA PODLOŽNOSTI NA KLIZANJE

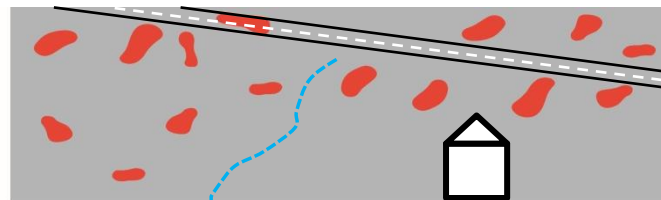
- primjena karte na regionalnoj i lokalnoj razini u sektorima upravljanje rizicima, prostorno planiranje i upravljanje vodama



- prikazuje vjerojatnost pojave klizišta u budućnosti – **GDJE ĆE SE POJAVITI KLIZIŠTA?**

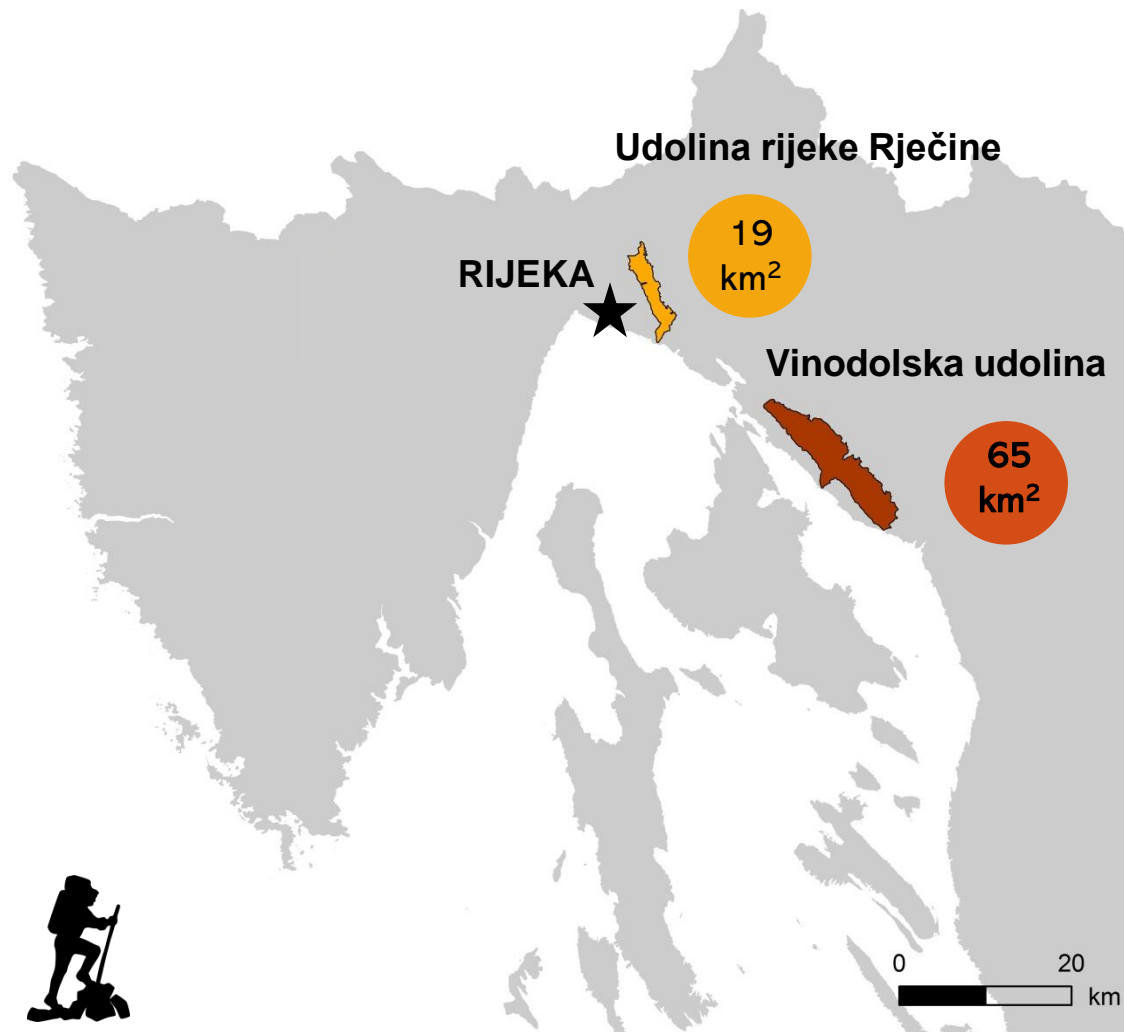
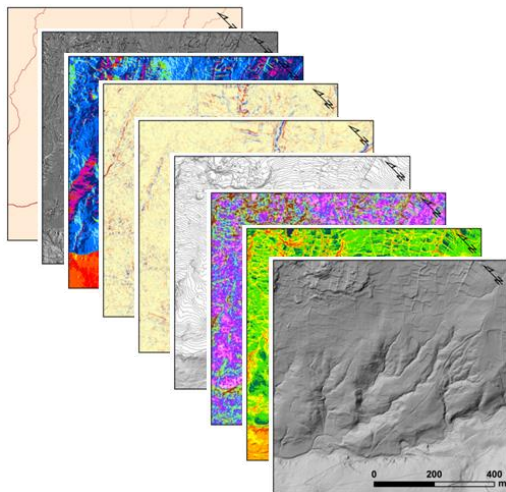
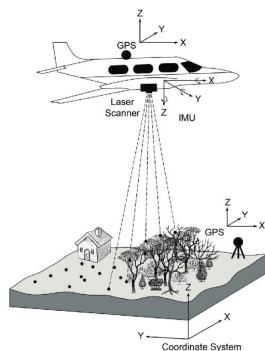
KARTA UGROŽENOSTI OD KLIZIŠTA

- primjena karte na lokalnoj razini u sektorima upravljanje rizicima i upravljanje vodama



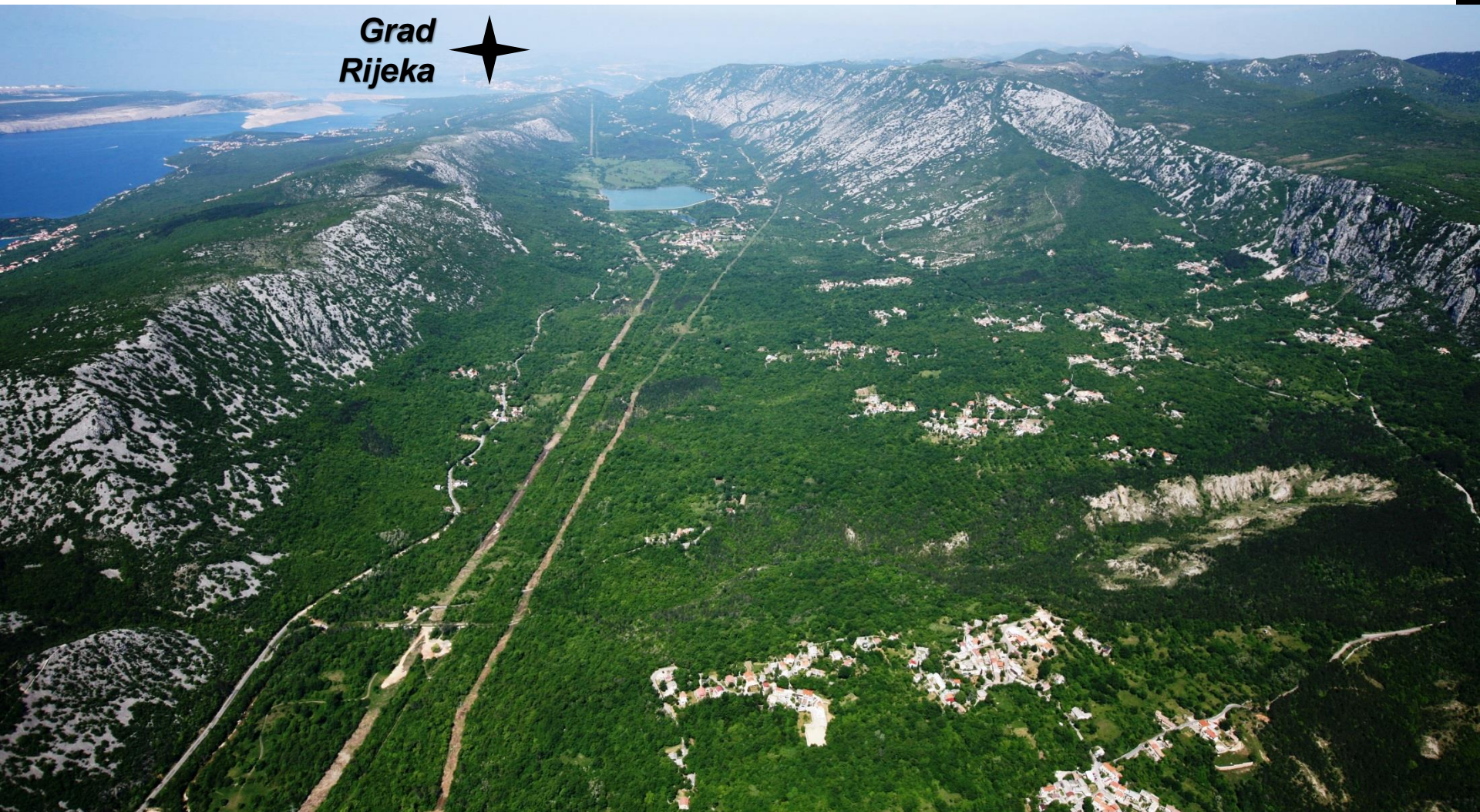
- prikazuje ugroženost (materijalnih) dobara klizištima – **KOLIKO SU ELEMENTI POD RIZIKOM UDALJENI OD KLIZIŠTA?**

INVENTARI KLIZIŠTA



VINODOLSKA UDOLINA

*Grad
Rijeka*



Brojna su mala, plitka klizišta, veličine od 10-ak do 100-tinjak m².

Izazivaju oštećenja prometnica i kuća.

Značajan izazov predstavljaju **REAKTIVIRANA KLIZIŠTA**, koja se na jednoj te istoj lokaciji pojavljuju zbog nepovoljnih inženjerskih svojstava geološke podloge.

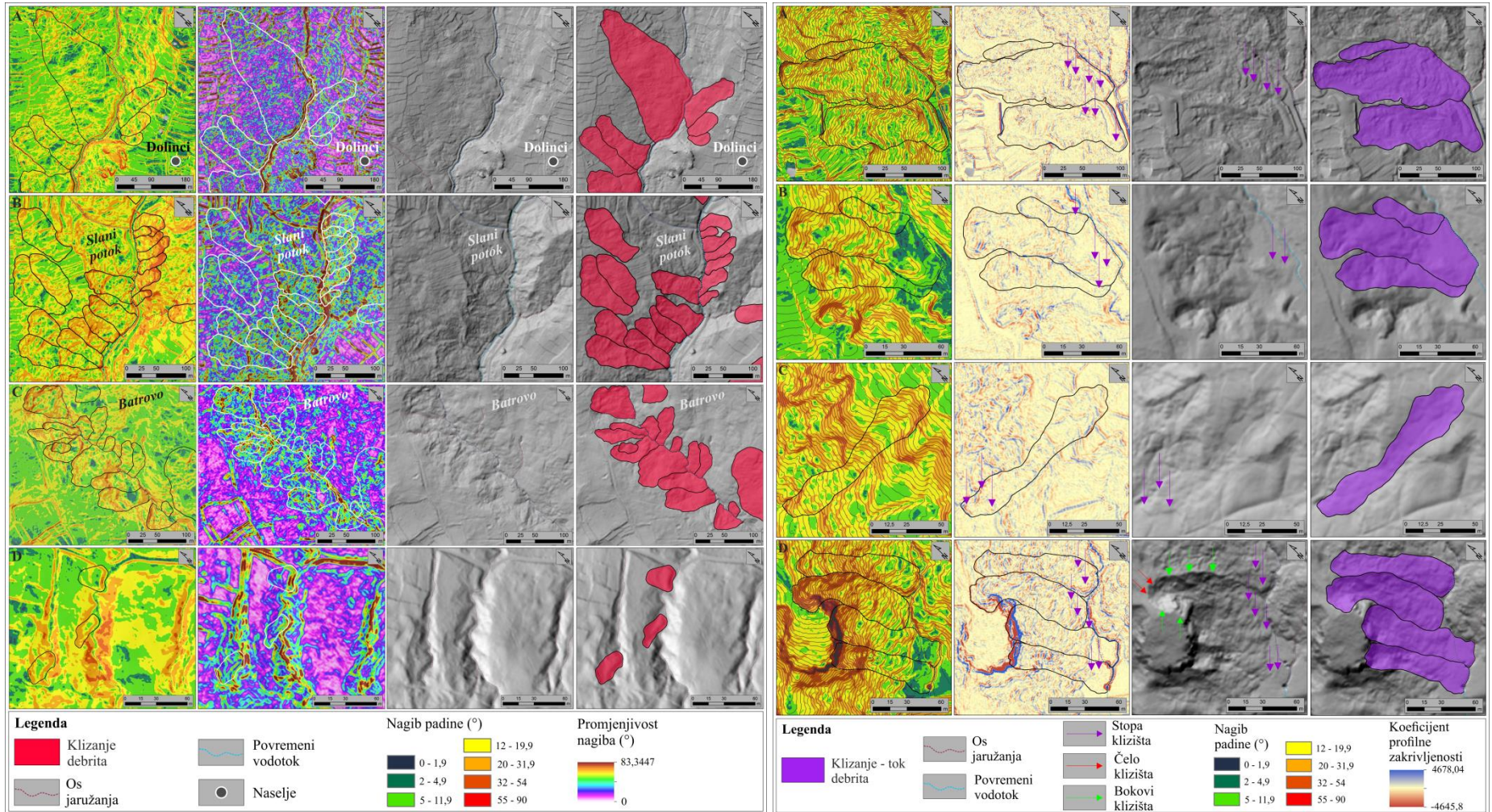
Pri tome je iznimno važan sve više izražen utjecaj klimatskih promjena.

 PRIMJER



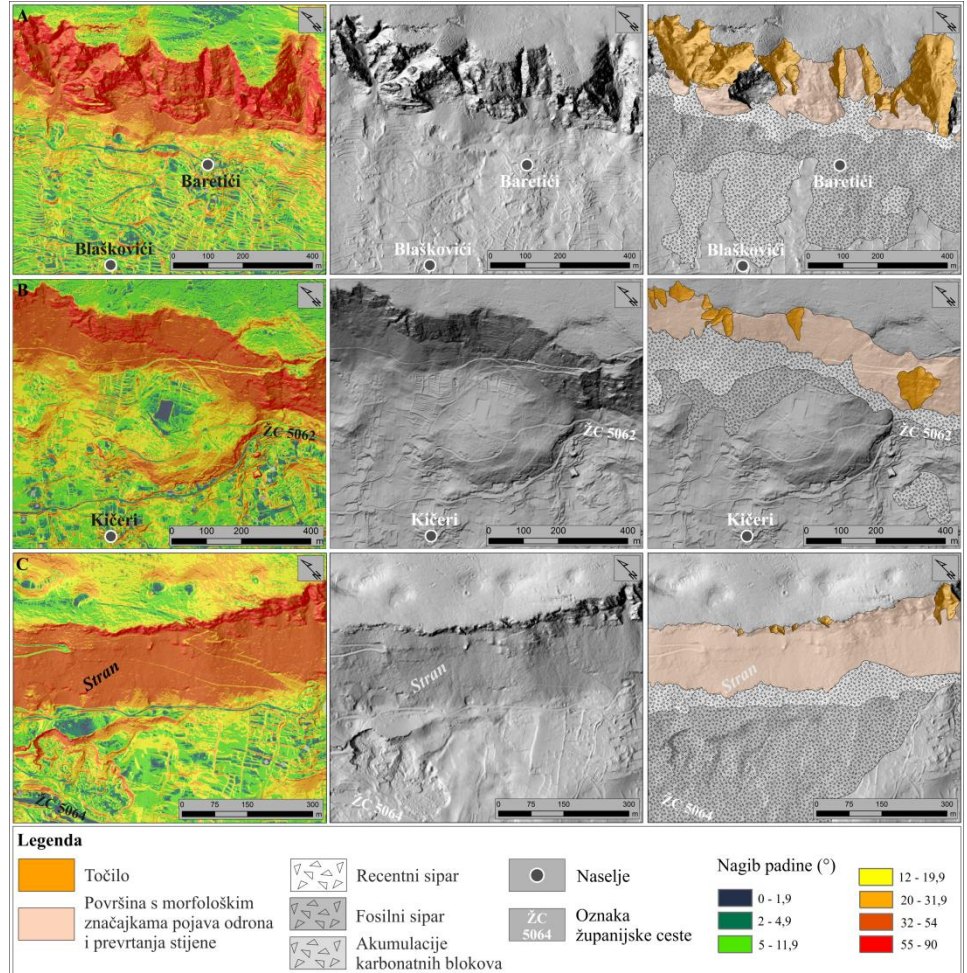
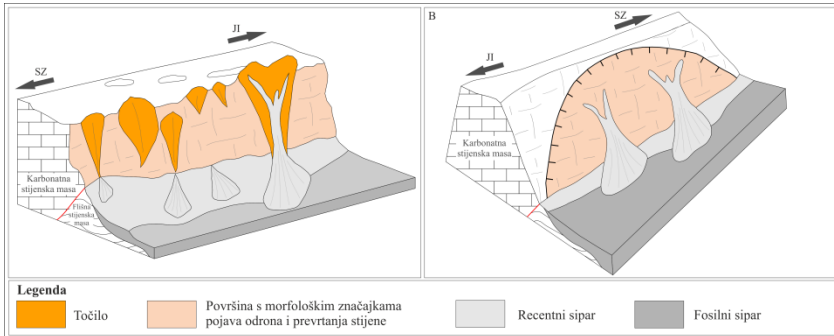
VINODOLSKA UDOLINA

KLIZANJE DEBRITA; KLIZANJE-TOK DEBRITA



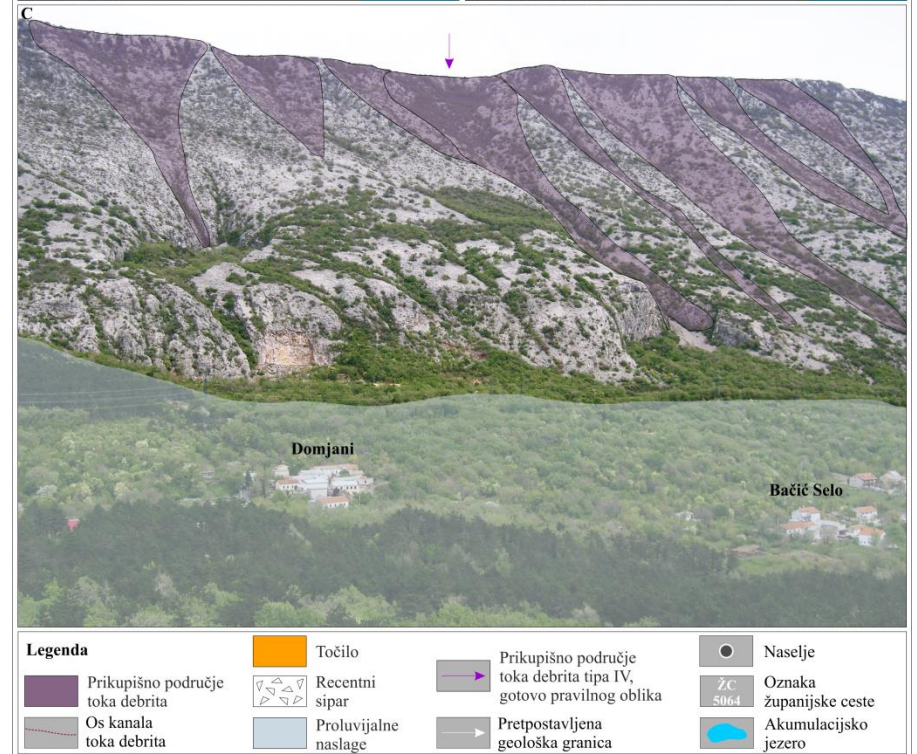
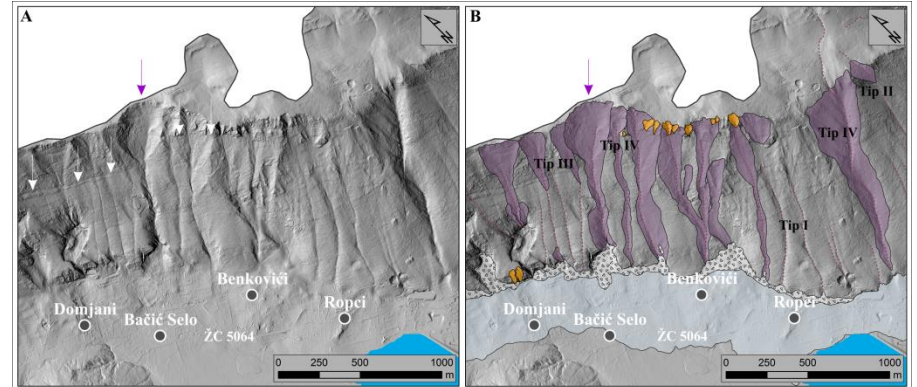
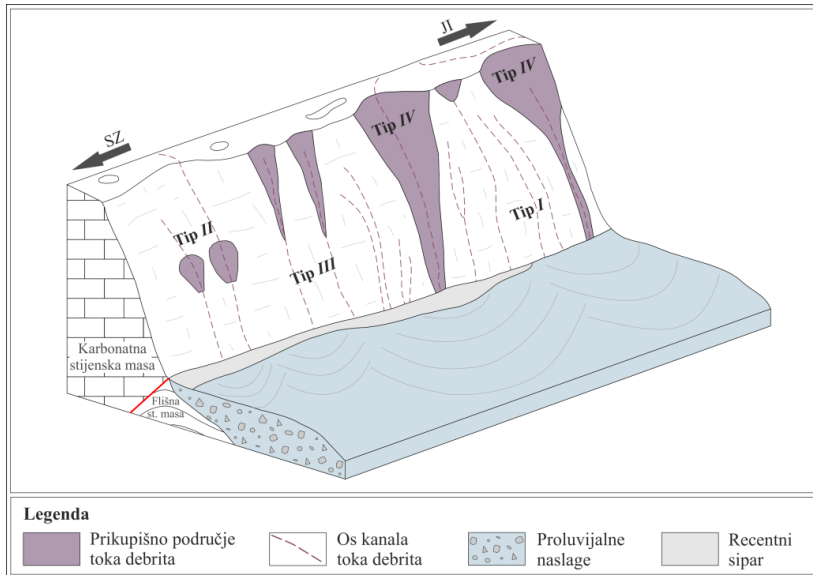
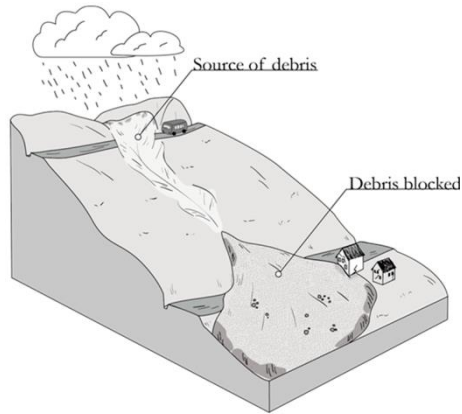
VINODOLSKA UDOLINA

ODRON STIJENE, PREVRTANJE STIJENE



VINODOLSKA UDOLINA

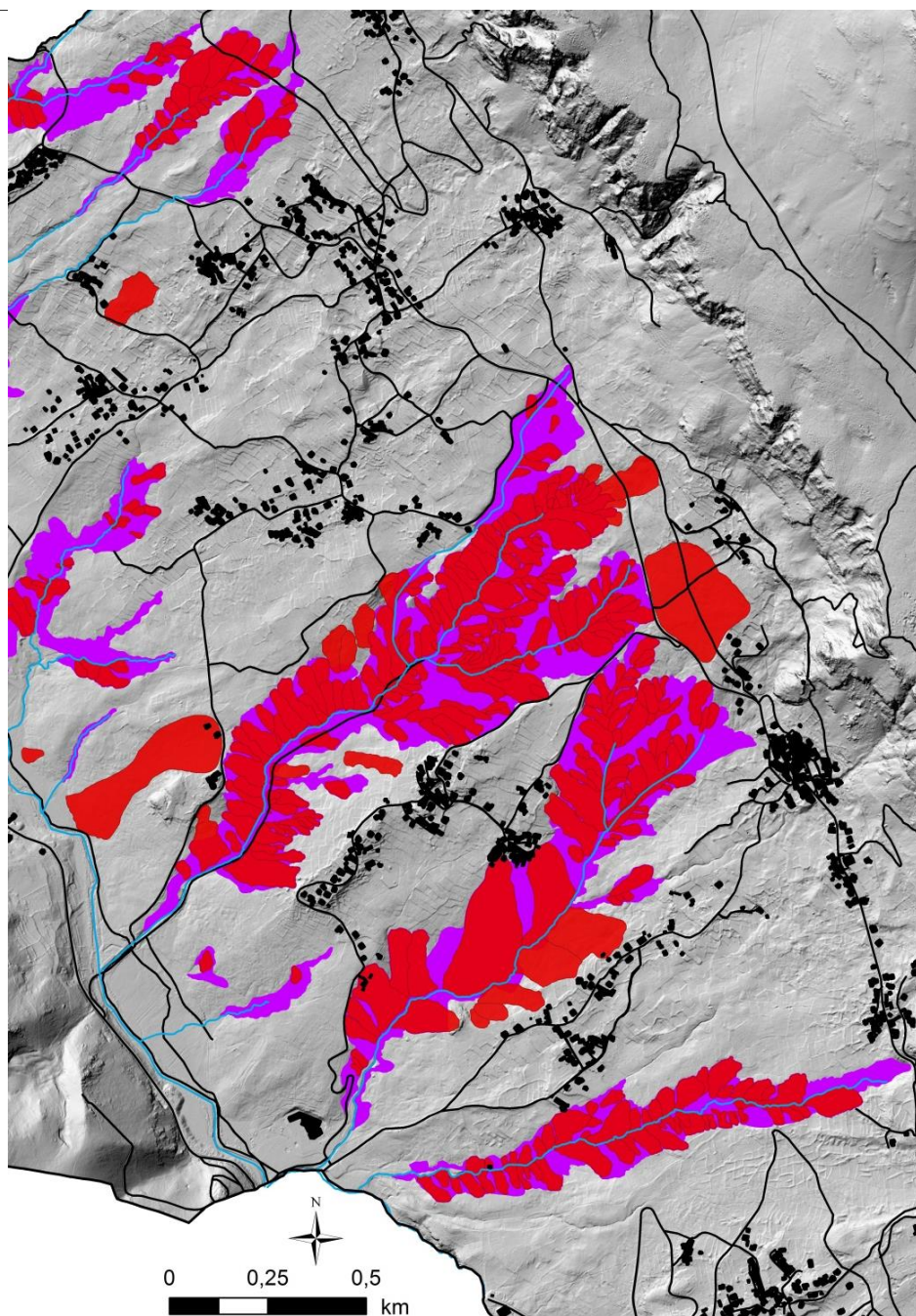
TOK DEBRITA



VINODOLSKA UDOLINA

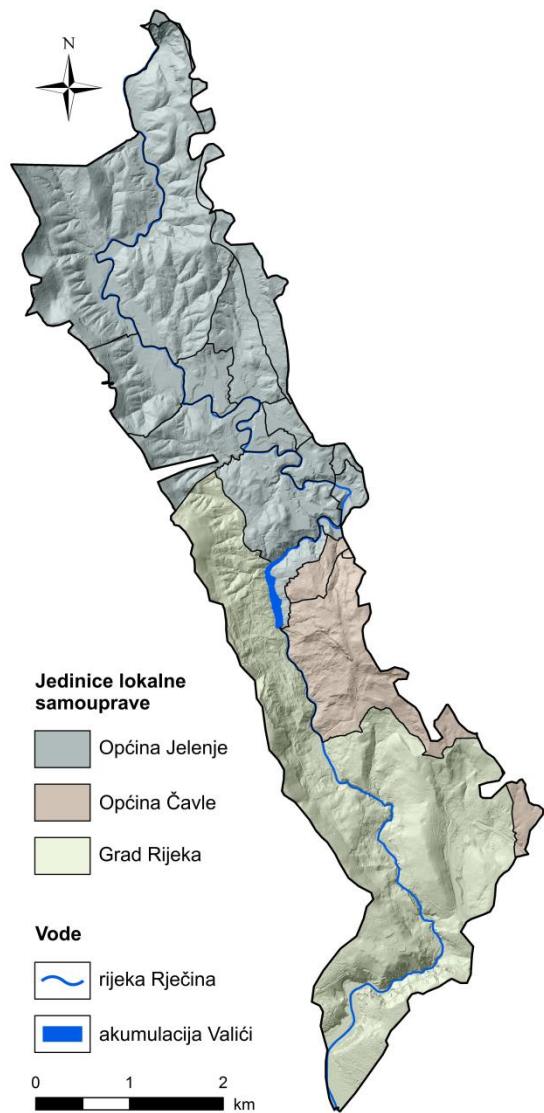
POVIJESNI INVENTAR KLIZIŠTA

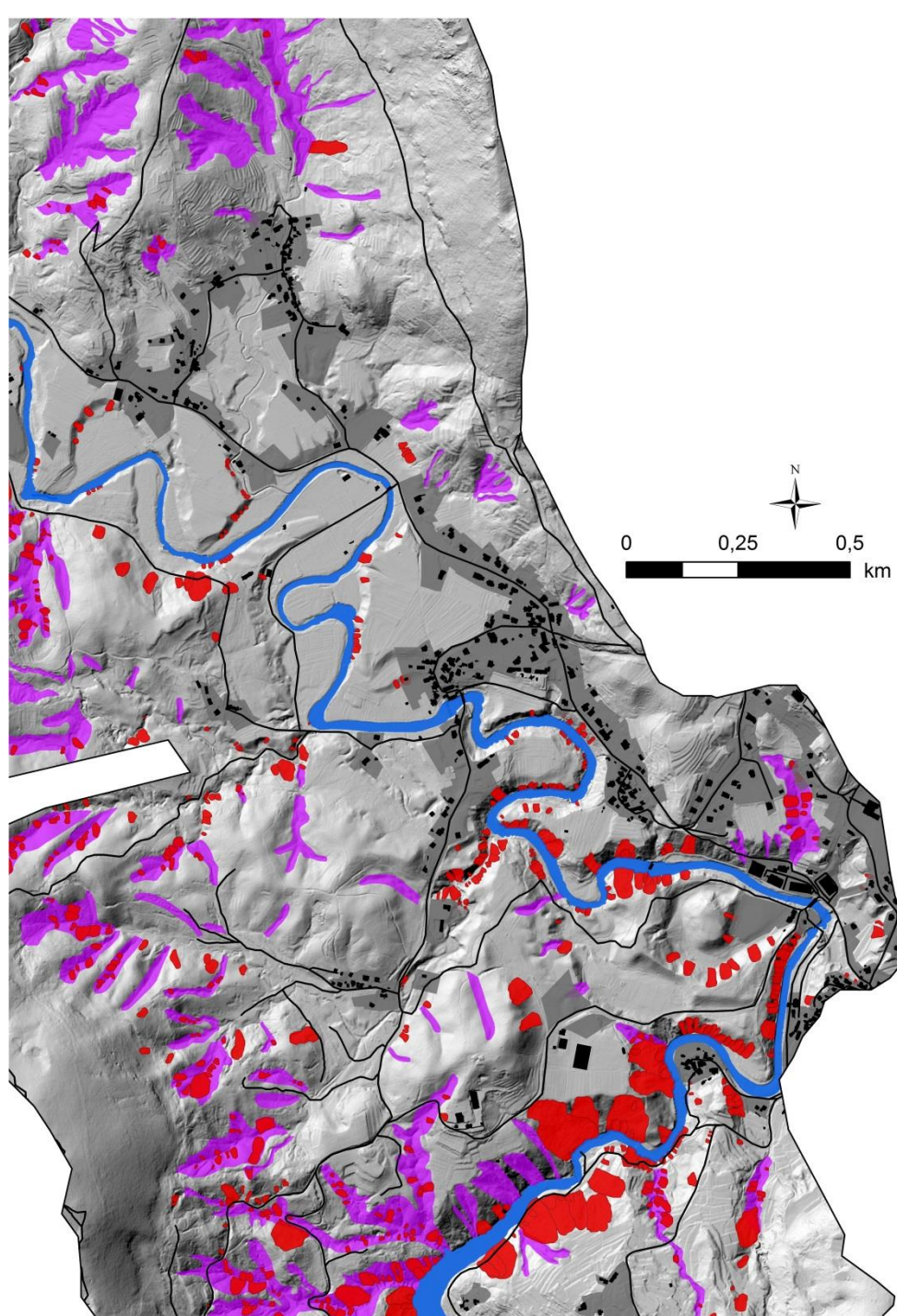
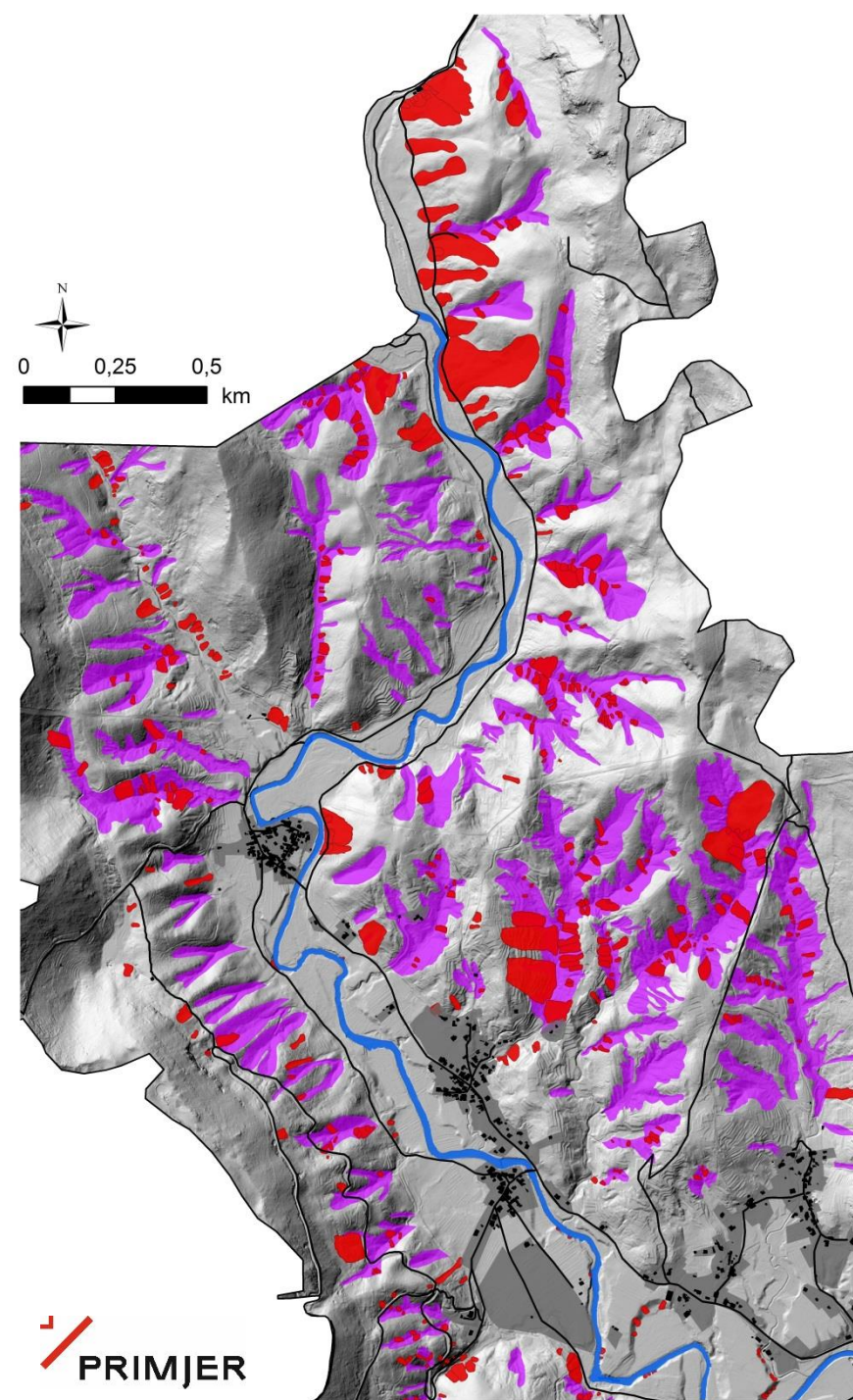
- 633 poligona klizišta
- $P_{\text{tot}} = 1.41 \text{ km}^2$
- $P_{\text{min}} = 65 \text{ m}^2$
- $P_{\text{max}} = 49\,462 \text{ m}^2$
- $P_{Q3} = 2\,457 \text{ m}^2$
- 7.5 km^2 (12 %) Vinodolske udoline zauzimaju klizišta



UDOLINA RIJEKE RJEČINE

19
km²

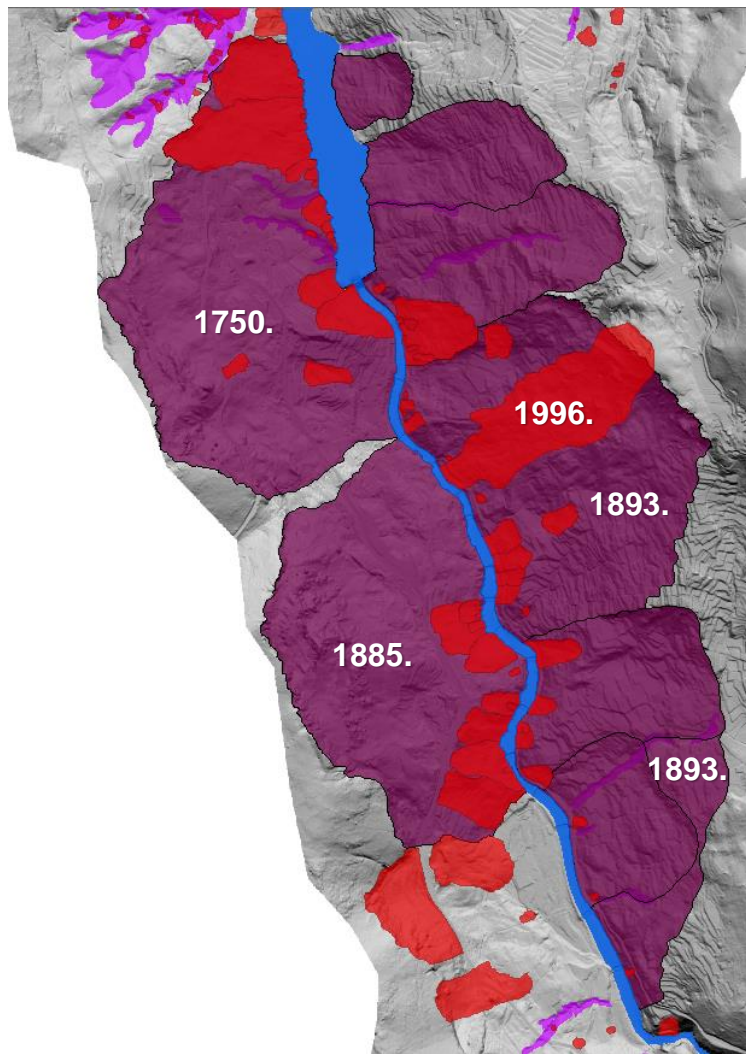




UDOLINA RIJEKE RJEČINE



**Klizište Valići,
2014.**

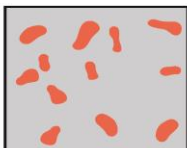


**Klizište Grohovo,
1996.**

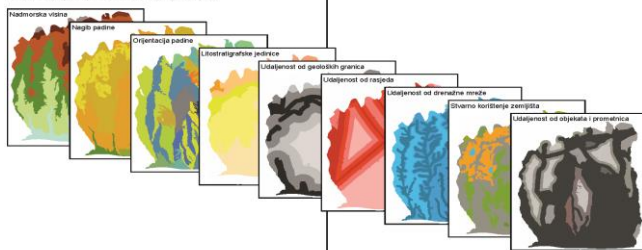
PODLOŽNOST NA KLIZANJE

- analiza odnosa između klizišta i preduvjeta (faktora) klizanja

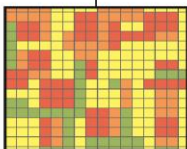
KARTA INVENTARA KLIZIŠTA



PREDUVJETI KLIZANJA

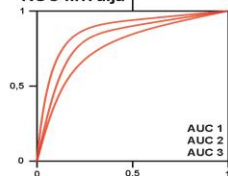


KARTA
PODLOŽNOSTI NA
KLIZANJE



Stabilne padine
Uvjetno stabilne padine
Uvjetno nestabilne padine
Nestabilne padine

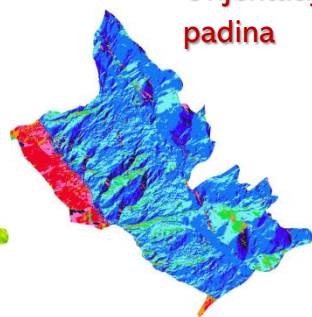
ROC krivulja



Nagib padina



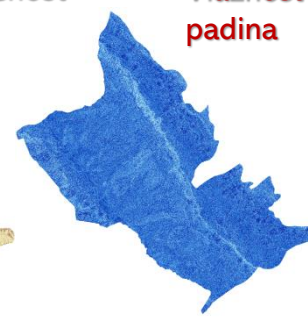
Orijentacija padina



Zakrivljenost padina



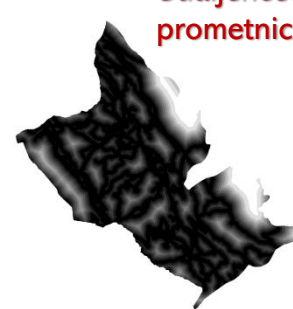
Vlažnost padina



Namjena zemljišta



Udaljenost od prometnica



Litološke jedinice



PRIMORSKO-GORANSKA ŽUPANIJA

Karta zoniranja podložnosti na klizanje na klizanje M 1:25.000

Podložnost na klizanje

-  niska podložnost
-  srednja podložnost
-  visoka podložnost

Karta zoniranja podložnosti na klizanje Primorsko-goranske županije

Sanja Bernat Gazibara, Martin Krkač, Petra Jagodnik, Željko Arbanas, Snježana Mihalić Arbanas




ORIGINALNO MJERILO KARTE:
1:25.000

DATUM IZRADE:
ožujak 2023.

PARTNERI:
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci

PROJEKT:
Primjenjena istraživanja klizišta za
razvoj mjera ublažavanja i prevencije
rizika (PRI-MJER), K.K.05.1.1.02.0020

Legenda

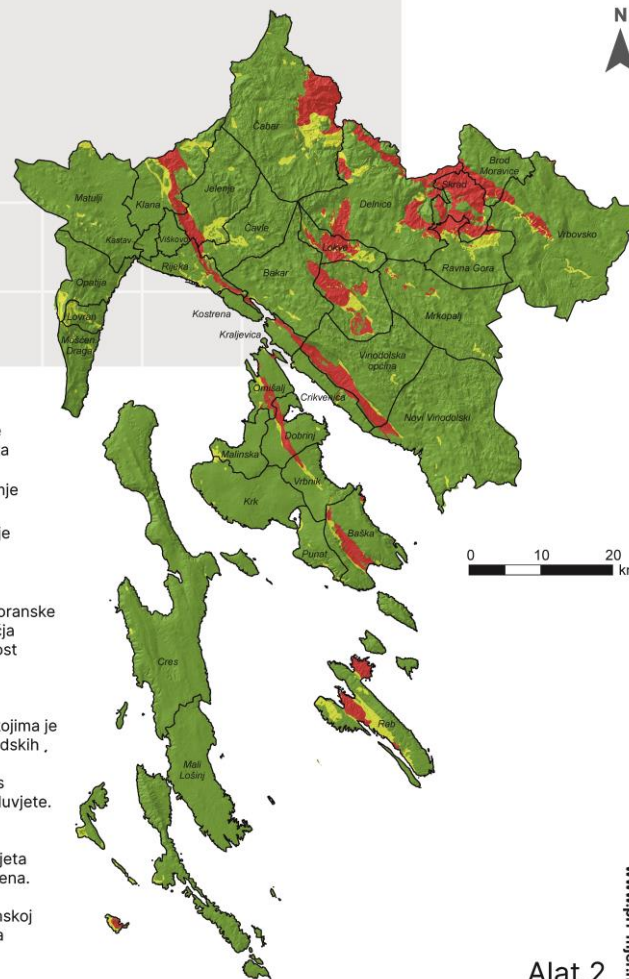
-  zona niske podložnosti na klizanje (moguća samo pojedinačna klizišta kao posljedica ljudskih aktivnosti)
-  zona srednje podložnosti na klizanje (niska gustoća klizišta)
-  zona visoke podložnosti na klizanje (niska gustoća klizišta)

Karta podložnosti na klizanje Primorsko-goranske županije prikazuje zoniranje cijelog područja županije s obzirom na prostornu vjerojatnost pojava klizišta, odnosno procesa klizanja i tečenja.

Razlikuju se tri vrste zona: zelene zone u kojima je pojava klizišta vrlo rijetka i posljedica je ljudskih aktivnosti; žute i crvene zone za koje je karakteristična određena gustoća klizišta s obzirom na prirodne (geomorfološke) preduvjete.

Zone podložnosti na klizanje određene su heurističkom metodom, na temelju preduvjeta klizanja, odnosno vrste stijena i nagiba terena. Validacija karte podložnosti na klizanje s evidentiranim klizištima u Primorsko-goranskoj županiji pokazala je visoku točnost modela (89 %).

Karta zoniranja podložnosti na klizanje M 1:25.000 alat je za prilagodbu klimatskim promjenama, nužan za razvoj mjera prevencije kako bi se spriječile buduće katastrofe. Zone podložnosti dobar su indikator područja s postojećim i potencijalnim opasnostima, a koji je potrebno koristiti u prostornom planiranju i upravljanju rizicima.



Karta podložnosti na klizanje dijela Vinodolske općine

Sanja Bernat Gazibara, Petra Jagodnik, Gabrijela Šarić, Marko Sinčić, Hrvoje Lukačić, Snježana Mihalić Arbanas



ORIGINALNO MJERILO KARTE:

1 : 5000

DATUM IZRADE:

ožujak 2023.

PARTNERI:

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci

PROJEKT:

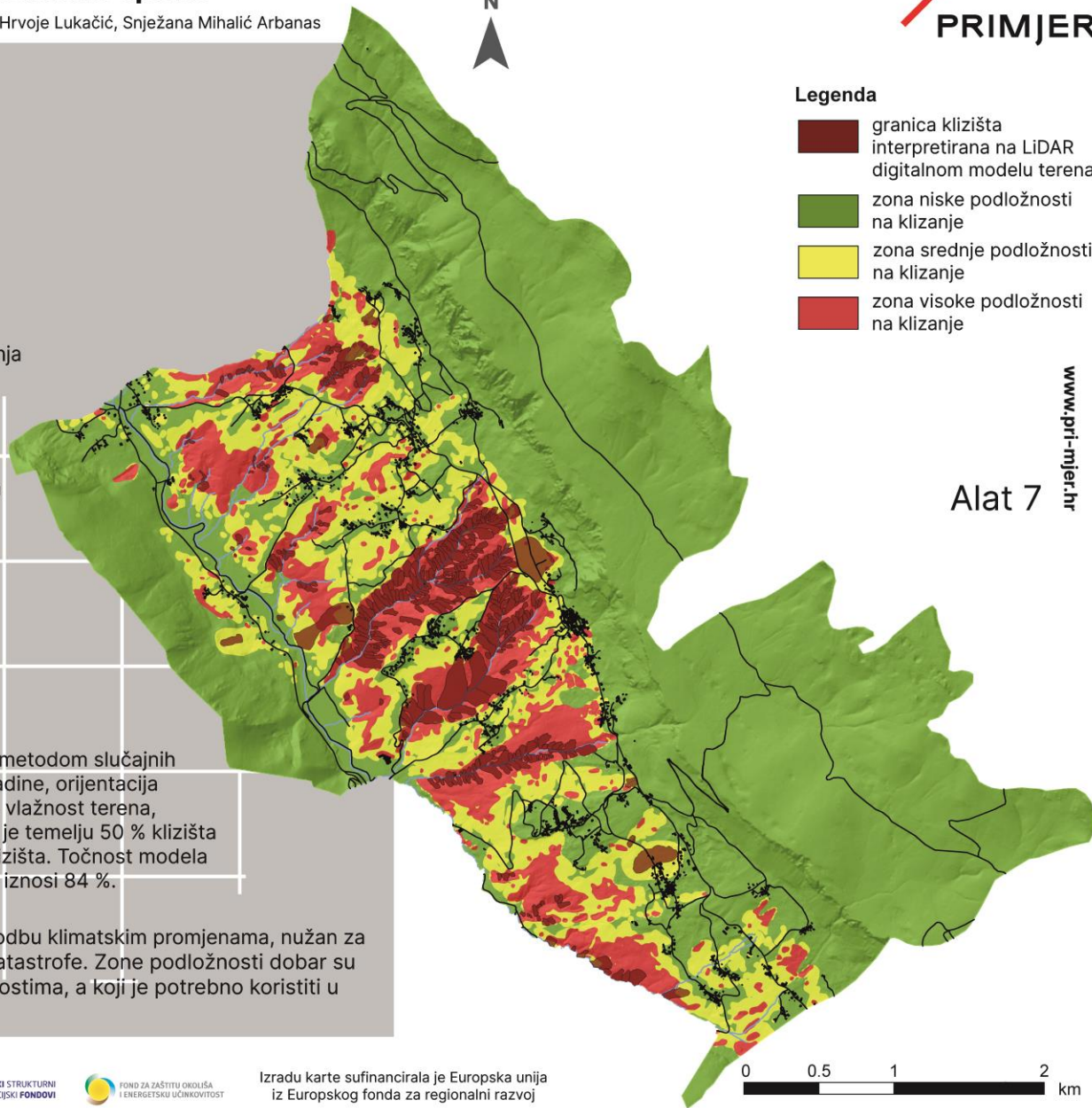
Primjenjena istraživanja klizišta za razvoj mjera ublažavanja
i prevencije rizika (PRI-MJER), K.K.05.1.1.02.0020

Karta podložnosti na klizanje dijela Vinodolske općine prikazuje zoniranje cijelog pilot područja s obzirom na prostornu vjerojatnost pojave klizišta, odnosno procesa klizanja i tečenja.

Razlikuju se tri vrste zona podložnosti na klizanje u kojima se očekuje pojava različite gustoće klizišta. U zoni niske podložnosti se nalazi manje od 1% kartiranih klizišta iz inventara. U zoni srednje podložnosti na klizanje nalazi se 14% kartiranih klizišta, dok zona visoke podložnosti na klizanje sadrži više od 85% kartiranih klizišta iz inventara.

Zone podložnosti na klizanje određene su statističkom metodom slučajnih šuma, na temelju sljedećih preduvjeta klizanja: nagib padine, orijentacija padine, zakrivljenost terena, inženjerskogeološki uvjeti, vlažnost terena, namjena zemljišta i udaljenost od prometnica. Izrađena je temelju 50 % klizišta iz inventara, a verificirana na temelju preostalih 50 % klizišta. Točnost modela podložnosti na klizanje iznosi 91 %, a predikcija modela iznosi 84 %.

Karta podložnosti na klizanje M 1:5000 alat je za prilagodbu klimatskim promjenama, nužan za razvoj mjera prevencije kako bi se spriječile buduće katastrofe. Zone podložnosti dobar su indikator područja s postojećim i potencijalnim opasnostima, a koji je potrebno koristiti u prostornom planiranju i upravljanju rizicima.



Legenda

- granica klizišta interpretirana na LiDAR digitalnom modelu terena
- zona niske podložnosti na klizanje
- zona srednje podložnosti na klizanje
- zona visoke podložnosti na klizanje

www.pri-mjer.hr

Alat 7



Sveučilište u Zagrebu
RUDARSKO
GEOLOŠKO
NAFTNI FAKULTET



Sveučilište
u Rijeci
Građevinski
fakultet



Europska unija
Zajedno do bolniva EU



EUROPSKI STRUKTURNI
I INVESTICIJSKI FONDovi



FOND ZA ZAŠTITU OKOLIŠA
I ENERGETSKU UČINKOVITOST

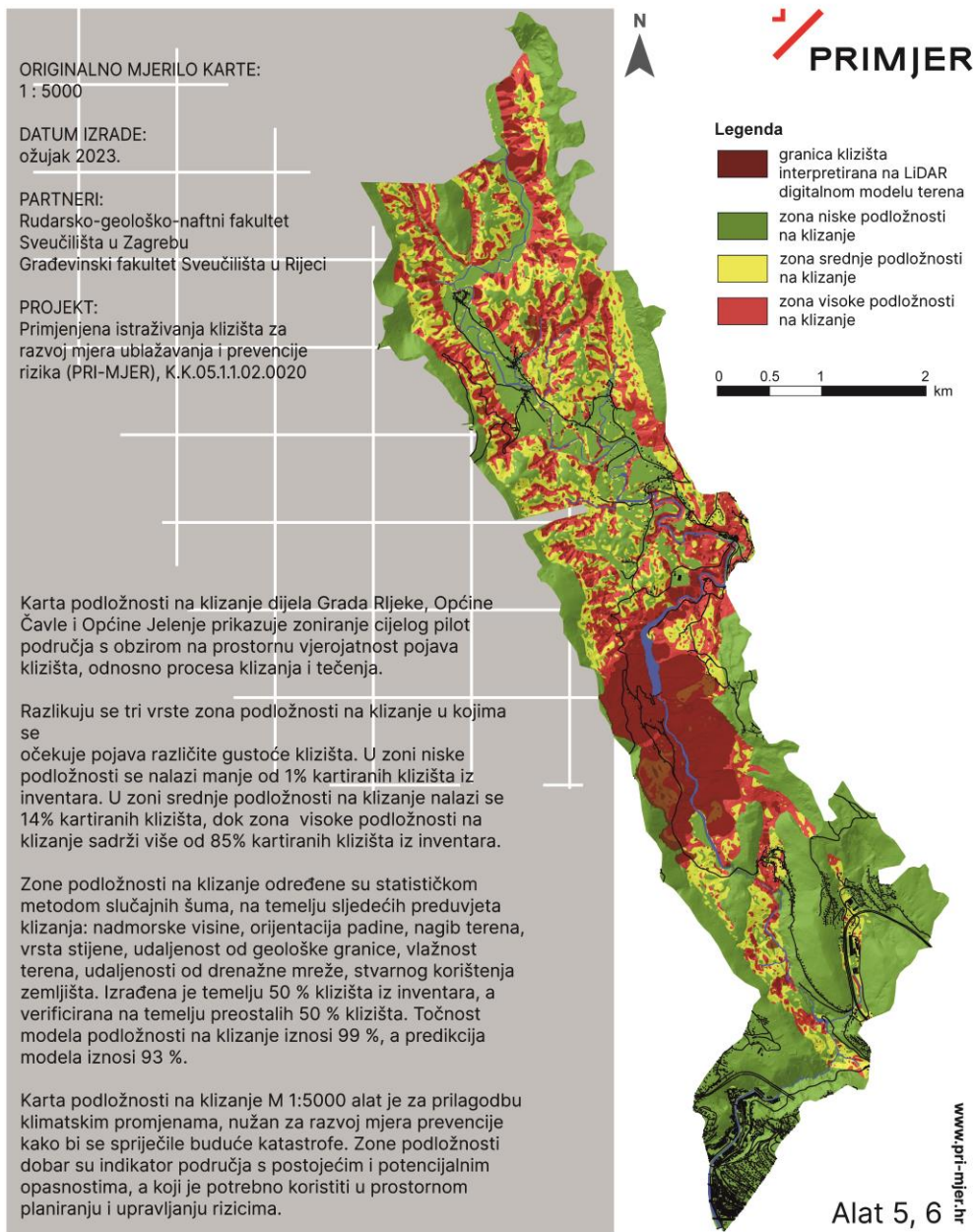
Izradu karte sufinancirala je Europska unija
iz Europejskog fonda za regionalni razvoj

0 0.5 1 2 km

OPĆINA JELENJE



IV. Izmjena i dopuna Prostornog plana uređenja Općine Jelenje – SLOJ KLIZIŠTA



Karta zoniranja rizika od klizišta Republike Hrvatske

Sanja Bernat Gazibara, Martin Krkač, Snježana Mihalić Arbanas

ORIGINALNO MJERILO KARTE:

1 : 100 000

DATUM IZRADE:

ožujak 2023.

PARTNERI:

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Sveučilišta u Zagrebu

Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci

PROJEKT:

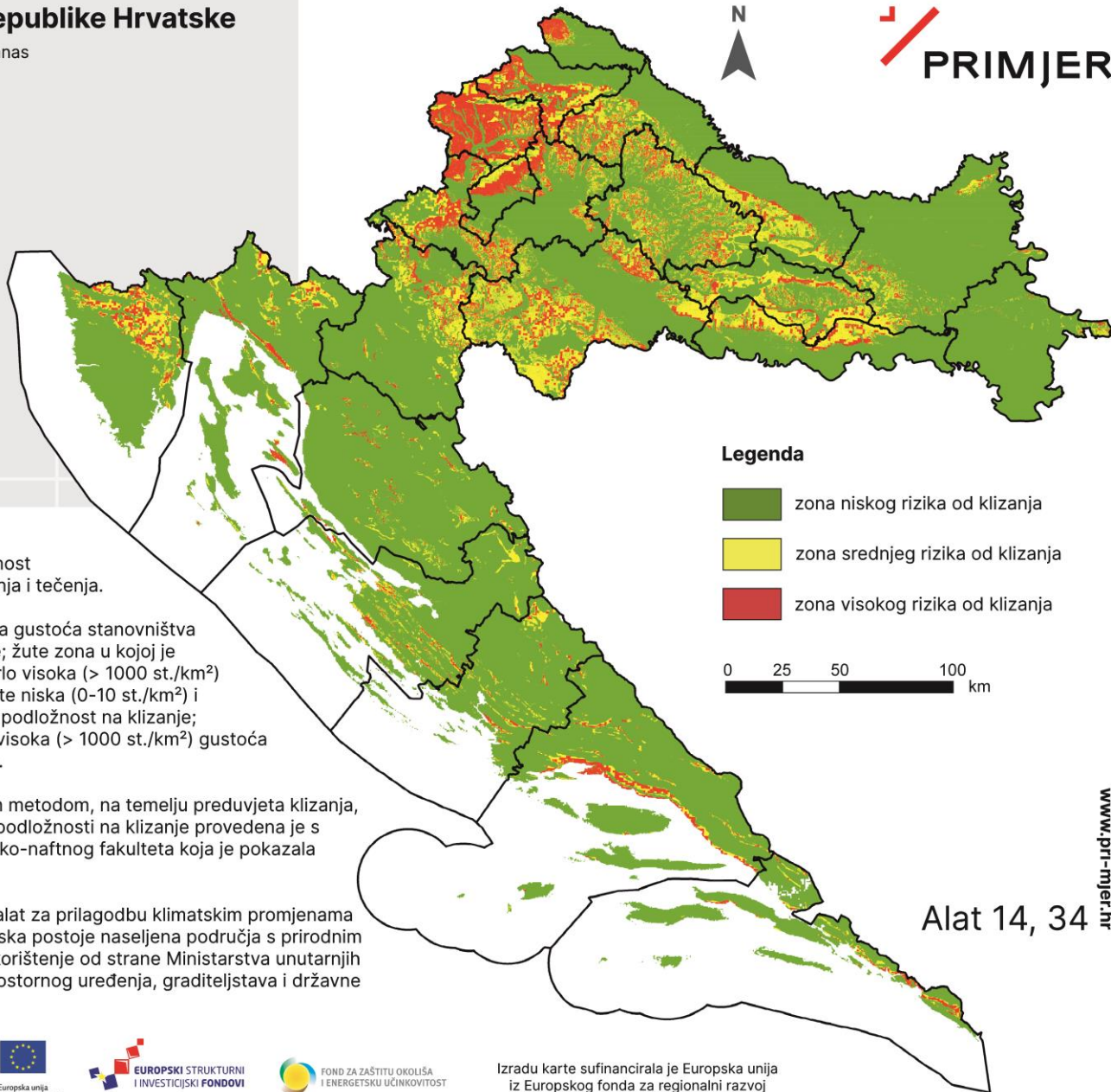
Primjenjena istraživanja klizišta za razvoj mjera
ublažavanja i prevencije rizika (PRI-MJER),
K.K.05.1.1.02.0020

Karta rizika od klizišta Republike Hrvatske prikazuje
zoniranje cijelog područja države s obzirom na ugroženost
stanovništva od pojave klizišta, odnosno procesa klizanja i tečenja.




Razlikuju se tri vrste zona: zelena zona u kojima je niska gustoća stanovništva (0-10 st./km²) i niska do srednja podložnost na klizanje; žute zona u kojoj je srednja (10-100 st./km²), visoka (100-1000 st./km²) i vrlo visoka (> 1000 st./km²) gustoća stanovništva i srednja podložnost na klizanje, te niska (0-10 st./km²) i srednja (10-100 st./km²) gustoća stanovništva i visoka podložnost na klizanje; crvena zona u kojoj je visoka (100-1000 st./km²) i vrlo visoka (> 1000 st./km²) gustoća stanovnika te srednja do visoka podložnost na klizanje.

Zone podložnosti na klizanje određene su heurističkom metodom, na temelju preduvjeta klizanja, odnosno vrste stijena i nagiba terena. Validacija karte podložnosti na klizanje provedena je s bazom klizišta Sveučilišta u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta koja je pokazala visoku točnost modela (88 %).

Karta zoniranja rizika od klizišta M 1:100.000 je nužan alat za prilagodbu klimatskim promjenama jer je pokazatelj da u svim županijama Republike Hrvatska postoje naseljena područja s prirodnim uvjetima za nastanak klizišta. Karta je namijenjena za korištenje od strane Ministarstva unutarnjih poslova - Ravnateljstvo civilne zaštite i Ministarstva prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine.



Legenda

-  zona niskog rizika od klizanja
-  zona srednjeg rizika od klizanja
-  zona visokog rizika od klizanja

0 25 50 100 km

Alat 14, 34

www.pri-mjer.hr



Sveučilište u Zagrebu
RUDARSKO
GEOLOŠKO
NAFTNI FAKULTET



Sveučilište
u Rijeci
Građevinski
fakultet



Europska unija
'Zajedno do boljitka EU'



Izradu karte sufinancirala je Europska unija
iz Europskog fonda za regionalni razvoj



primijenjena
istraživanja klizišta
za razvoj mjera
ublažavanja
i prevencije rizika

Hvala na pažnji



Sveučilište u Zagrebu
**RUDARSKO
GEOLOŠKO
NAFTNI FAKULTET**



Sveučilište
u Rijeci
**Građevinski
fakultet**



Europska unija
Zajedno do fondova EU



**EUROPSKI STRUKTURNI
I INVESTICIJSKI FONDOVI**



FOND ZA ZAŠTITU OKOLIŠA I
ENERGETSKU UČINKOVITOST

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj