



HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA

15. Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva

Opatija, 2021.



RANJIVOSTI OBALNOG PODRUČJA PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE ZBOG KLIMATSKIH PROMJENA

Igor Ružić

Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci:

doc.dr.sc. Igor Ružić; prof.emerit.dr.sc. Čedomir Benac; Andrea Tadić, mag.ing.aedif.; doc.dr.sc. Nino Krvavica;

JU Zavod za prostorno uređenje Primorsko-goranske županije:

Vedrana Petrović, mag.oec.spec.; Gorana Ljubičić, dipl.ing.arh.; Dado Jakupović, mag.geogr.

UVOD

- Rezultati istraživanja u sklopu projekta: Analiza ranjivosti obalnog područja Primorsko-goranske županije (PGŽ) zbog podizanja razine mora.
- Zajednička istraživanja:
 - Javna ustanova Zavod za prostorno uređenje Primorsko-goranske županije
 - Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet
- U okviru projekta provedena je procjena ranjivosti obalnog pojasa PGŽ-a uslijed klimatskih promjena i podizanja razine mora, koja je izražena indeksom ranjivosti obale (engl. *Coastal Vulnerability Index - CVI*) za čitavu obalu županije (1300 km)



UVOD

- U državama članicama Europske unije, posebna pažnja posvećuje se **upravljanju obalnim prostorom**.
- Temeljna pretpostavka je prikupljanje i sistematizacija podataka o obalnom pojasu (engl. ***mapping***).
- Na tim temeljima mogu se predlagati i izvoditi tehnički zahvati (engl. ***coastal engineering***) te vršiti upravljanje (engl. ***coastal zone management***).
- U tu svrhu izrađuju se detaljne studije procjene ranjivosti obalnog pojasa zbog već izraženih klimatskih promjena i očekivanog ubrzanijeg podizanja razine mora.

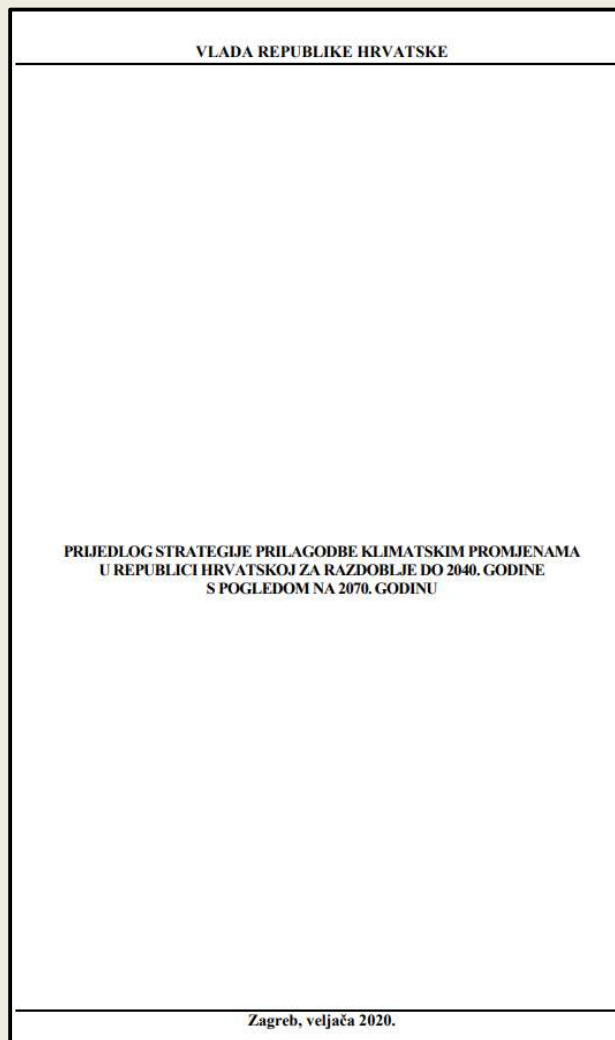


UVOD

- Porast razine mora - skupa posljedica klimatskih promjena za RH
- Gubitak kopna RH (UNDP, 2009.):
 - 100 milijuna kvadratnih metara (50 cm)
 - 112 milijuna kvadratnih metara (88 cm)
- Probleme koji će nastati uslijed porasta razine mora potrebno je rješavati pojedinačno
- Porast razine mora odvijat će se relativno sporo
- Troškovi prilagodbe ovisit će o kvaliteti **dugoročnog prostornog planiranja** (korekcije postojećih prostornih planova).



STRATEGIJA PRILAGODBE KLIMATSKIM PROMJENAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ ZA RAZDOBLJE DO 2040. GODINE S POGLEDOM NA 2070. GODINU



Razina mora. Procjene porasta razine mora nisu dobivene RegCM modelom, već su rezultati preuzeti iz IPCC AR5 i doneseni zaključcima temeljem istraživanja domaćih autora i praćenja dosadašnjeg kretanja promjena srednje razine Jadranskog mora. Prema rezultatima CMIP5 globalnih modela (iz IPCC AR5) za razdoblje sredinom 21. stoljeća (2046. – 2065.) očekivani porast globalne srednje razine mora uz RCP4.5 jest 19 – 33 cm, a uz RCP8.5 jest 22 – 38 cm. U razdoblju 2081. – 2100. za RCP4.5 porast bi bio 32 – 63 cm, a uz RCP8.5 45 – 82 cm. Ovaj porast globalne razine mora neće se ravnomjerno odraziti u svim područjima. Projekcije promjene razine Jadranskog mora do kraja 21. stoljeća (iz IPCC AR5 i domaćih izvora) daju okvirni porast u rasponu između 32 i 65 cm te je isti korišten i kod predlaganja mjera vezanih uz promjenu srednje razine mora. Međutim, valja naglasiti da su uz ove procjene vezane znatne neizvjesnosti, na koje već nailazimo i u izračunu razine mora za povijesnu klimu.

https://www.sabor.hr/sites/default/files/uploads/sabor/2020-02-07/135705/PRIJED_STRATEGIJE_PRILAGODBE_KLIMATSKIM_PROMJENAMA_2040..pdf

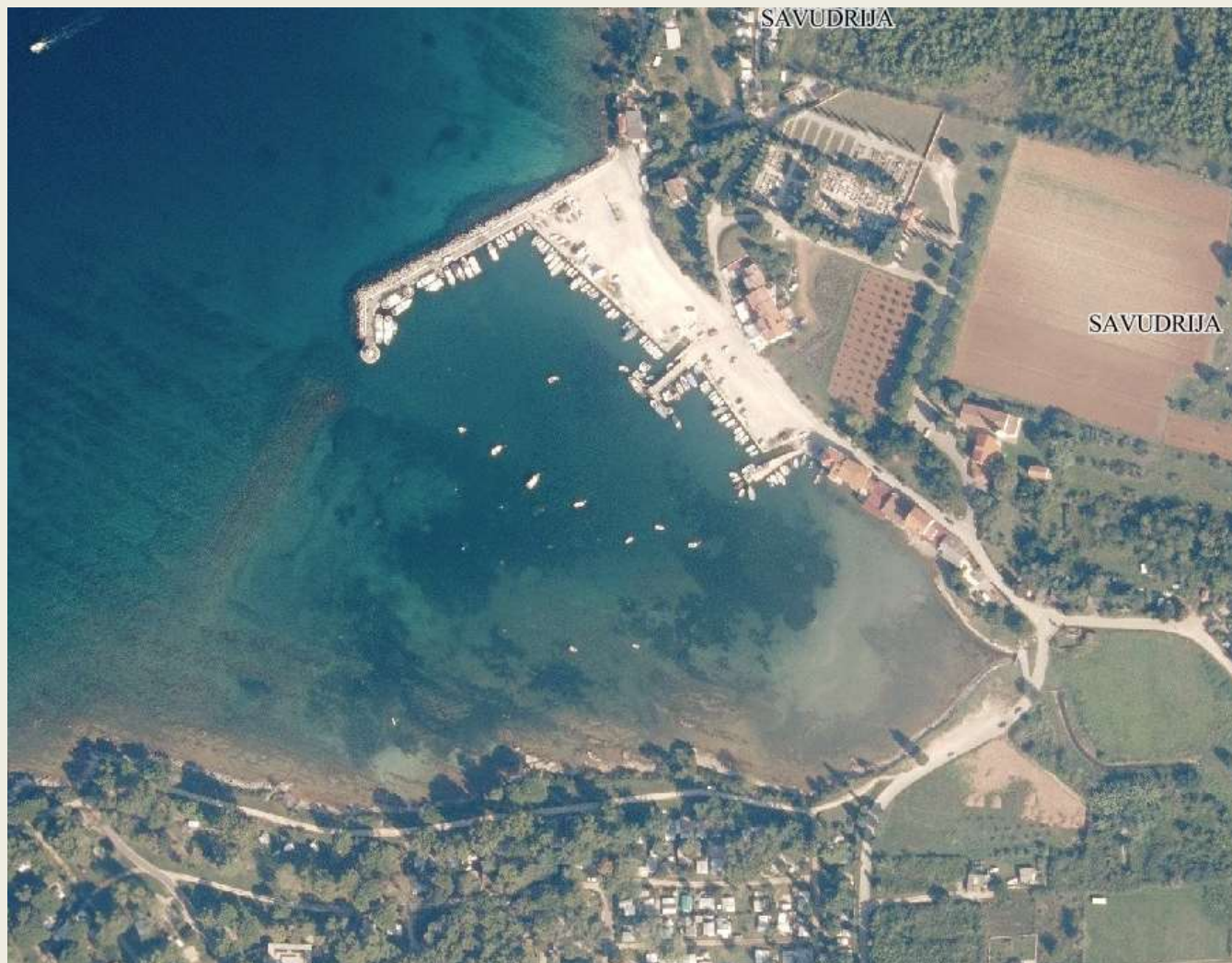


PORAST RAZINE JADRANSKOG MORA



Sukošan, Arheološki ostaci luka iz Rimskog doba – oko 2 m ispod današnje razine mora

PORAST RAZINE JADRANSKOG MORA



Savudrija, Arheološki ostaci antičkog lukobrana

Poplave izazvane visokim razinama mora (Cres, Mali Lošinj)



Poplave izazvane visokim razinama mora (Crikvenica, Opatija)



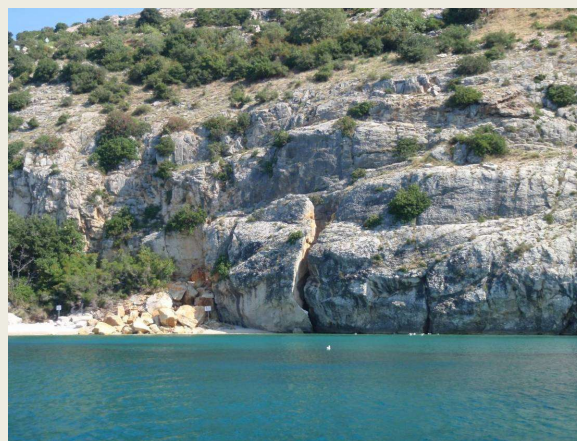
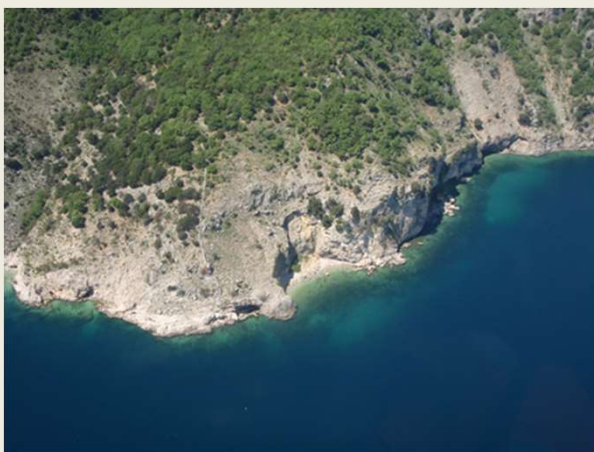
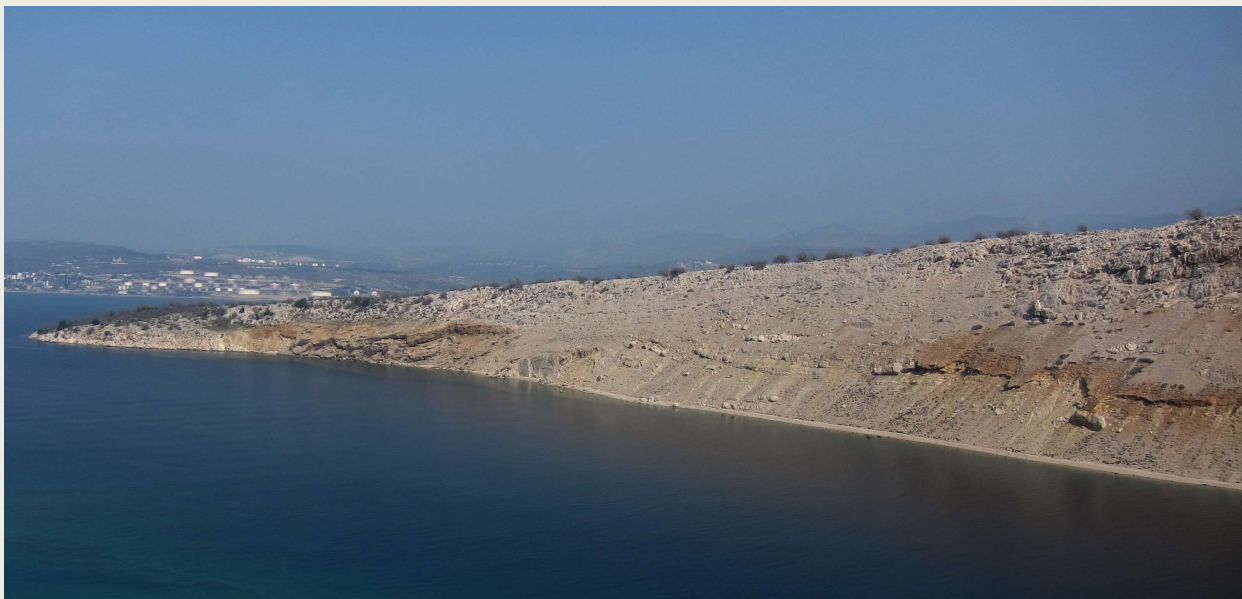
POPLAVE IZAZVANE VISOKIM RAZINAMA MORA (RIJEKA)



Igor Ružić

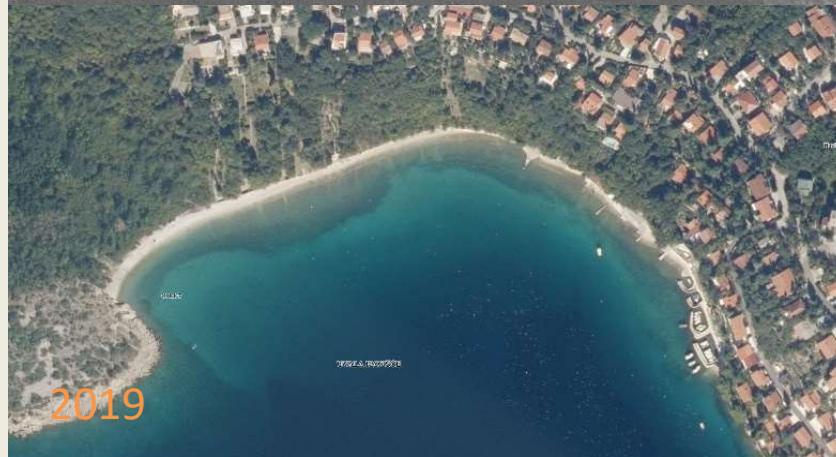
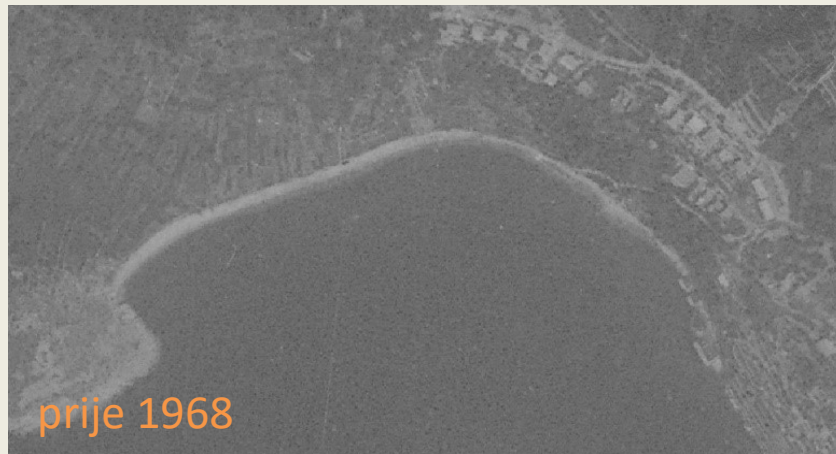


ZABILJEŽENA RANJIVOST - Odroni stijena



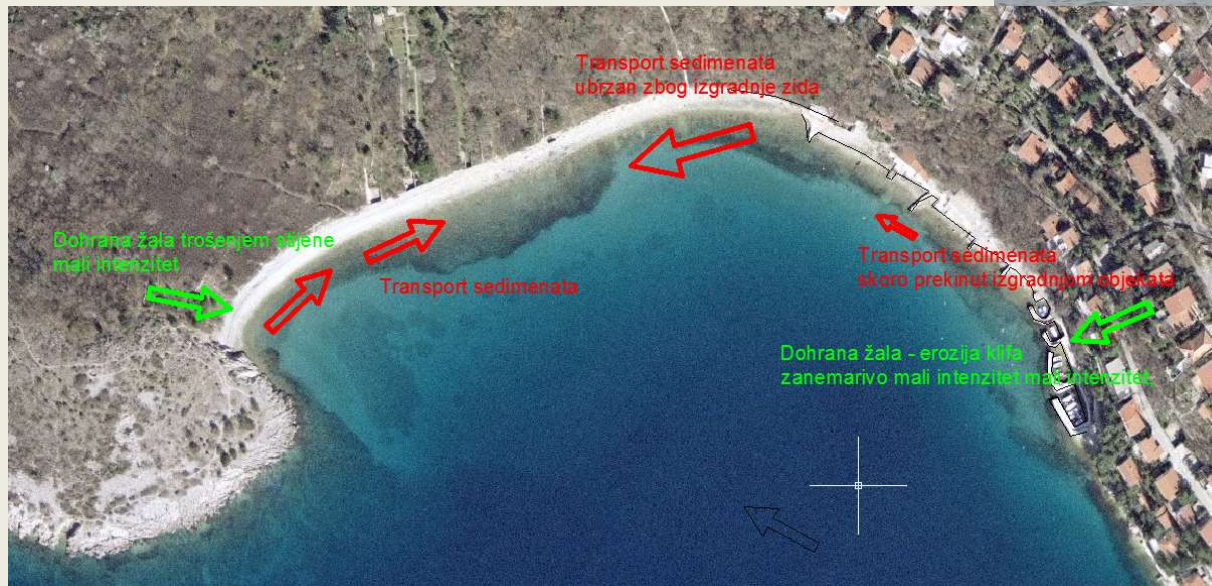
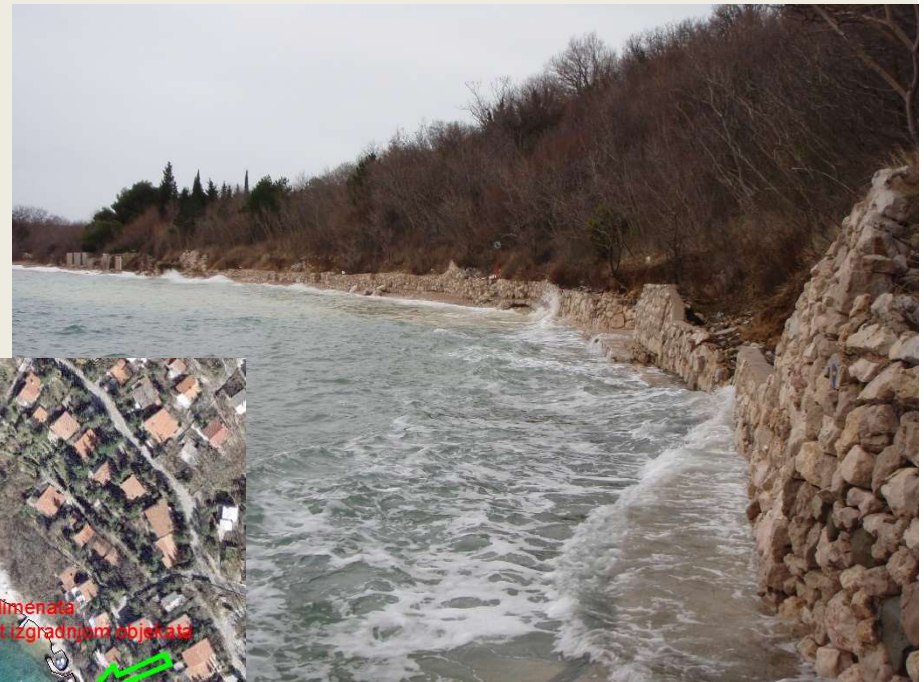
ZABILJEŽENA RANJIVOST - Odroni stijena - uvala Havišće

- Izgradnja na istočnom dijelu obale neposredno uz obalnu liticu
- Skupa sanacija
- Zaustavljen sustav dohrane žala



ZABILJEŽENA RANJIVOST - Odroni stijena - uvala Havišće

- Zaustavljen sustav dohrane žala
- Smanjeno tijelo žala u središnjem dijelu uvale
- Erozija nožice nasipa
- Opasnost od pojave klizišta



- Indeks obalne ranjivosti, CVI (engl. *Coastal Vulnerability Index*):
 - definicija ključnih varijabli
 - analiza i kvantifikacija varijabli
 - izračun CVI-ja
 - prikaz rezultata








- Pet reprezentativnih varijabli:
 - a. geološka građa
 - b. obalni nagib s obzirom na odrone i klizanja
 - c. značajna visina vala
 - d. obalno plavljenje
 - e. Žala
- Analize na svakih 25 m definirane obalne linije
- Prirodne značajke obale – razvedenost, velika duljina obale, heterogena građa
- Dostupnost podloga
 - orto-foto snimke (1 : 5 000)
 - topografske karte (1 : 25 000)
 - digitalni model terena – DEM (25 x 25 m)



METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Podindeksi obalne ranjivosti za analizirane varijable

	a - geološka građa	b - obalni nagib				c - značajna valna visina, H _s		d - plavljenje		Zbirni indeks ranjivosti obale, CVI	
		Karbonatne stijene		Siliciklastične stijene (fliš i les)		od [m]	do [m]	od [m]	do [m]	od	do
Ranjivost (CVI)		od [°]	do [°]	od [°]	do [°]	od [m]	do [m]	od [m]	do [m]	od	do
 Veoma niska (1)	Karbonatne stijene	0,0	11,99			0,0	0,99	5,0	>	0,0	1,79
 Niska (2)		12,0	19,99	0,0	4,99	1,0	1,49	3,5	4,99	1,8	2,19
 Umjerena (3)	Fliš	20,0	31,99	5,0	11,99	1,5	1,99	2,3	3,49	2,2	2,61
 Visoka (4)	Naplavine: šljunak, obluci	32,0	69,99	12,0	19,99	2,0	2,49	1,3	2,29	2,6	3,07
 Veoma visoka (5)	Naplavine: pijesak, mulj; les; crvenica	70,0	90,00	20,0	90,00	2,5	>	0,0	1,29	3,1	4,20

Formula - Indeks ranjivosti obale (CVI)

$$CVI = \sqrt{\frac{a^2 + b^2 + c^2 + d^2 - e^2}{5}}$$

a – geološka građa

b – nagib obale

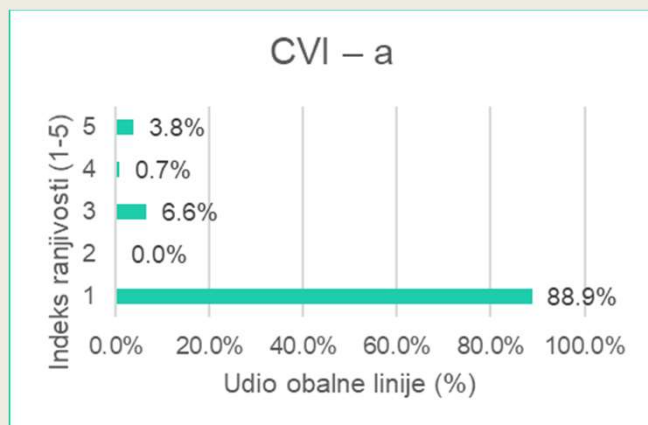
c – značajna visina vala

d – plavljenje

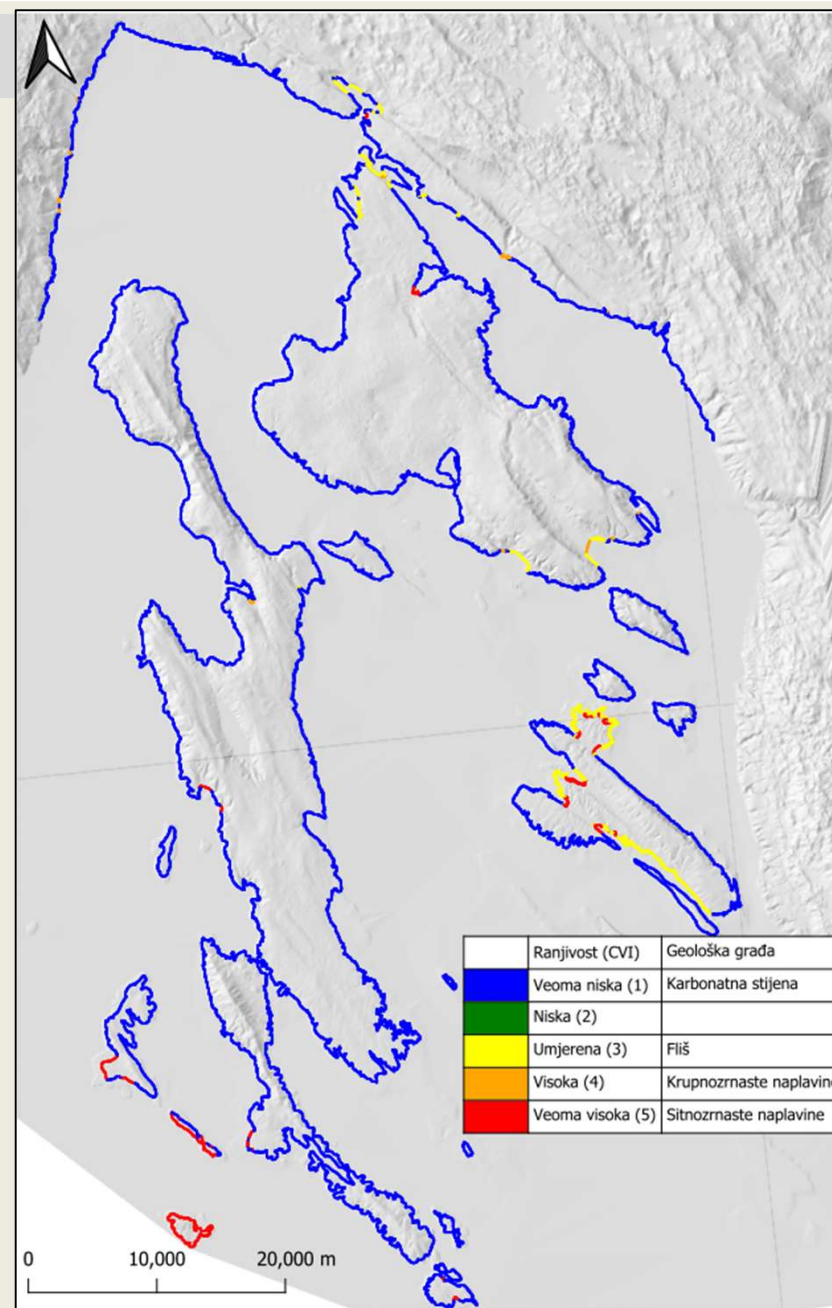
e – žalo



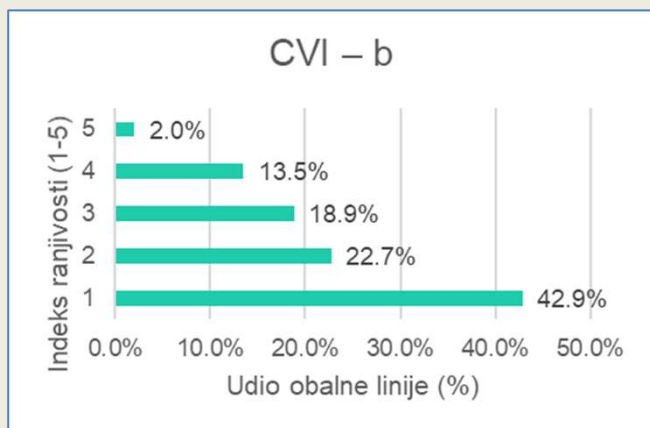
REZULTATI - Geološka građa



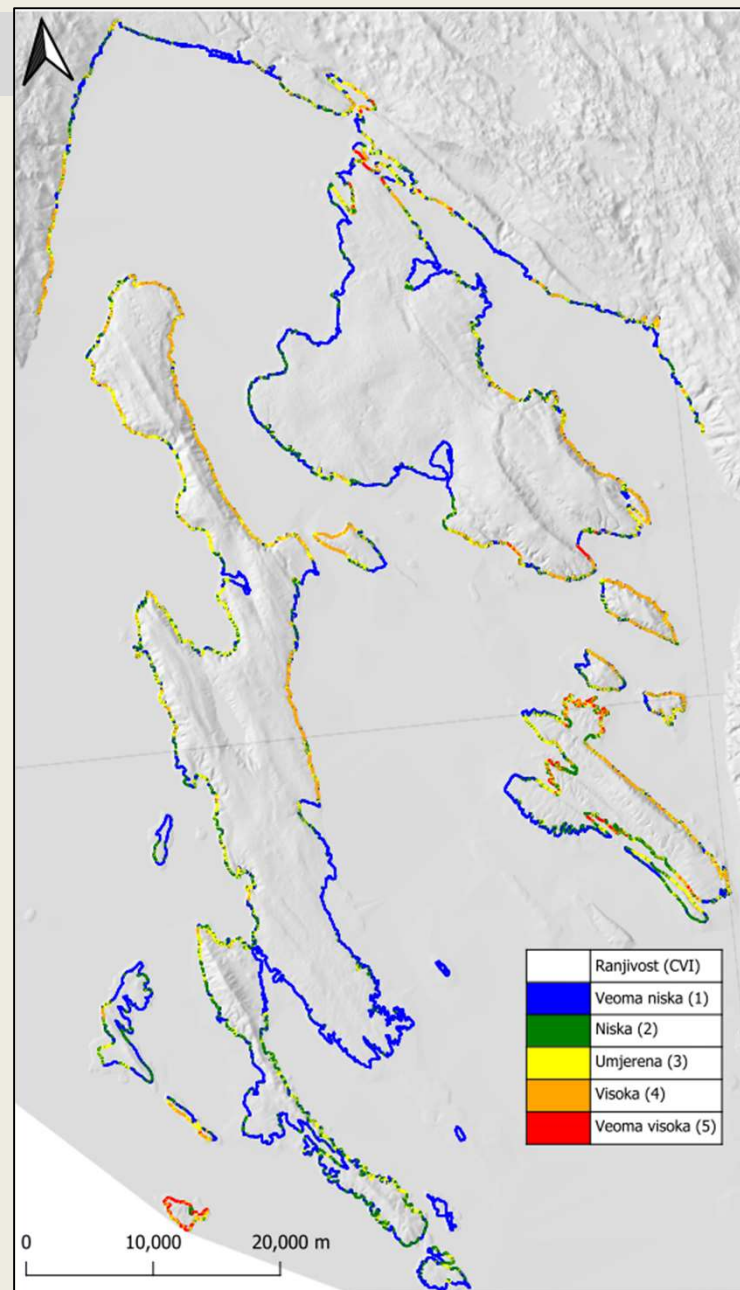
Prosječna vrijednost ranjivosti: 1,31



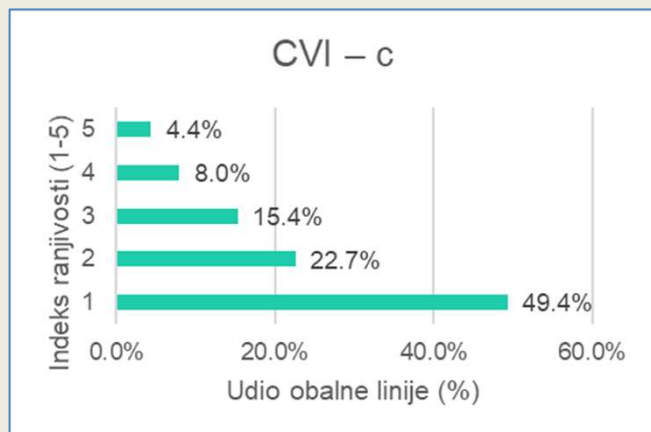
REZULTATI - Obalni nagib (odroni i klizanje)



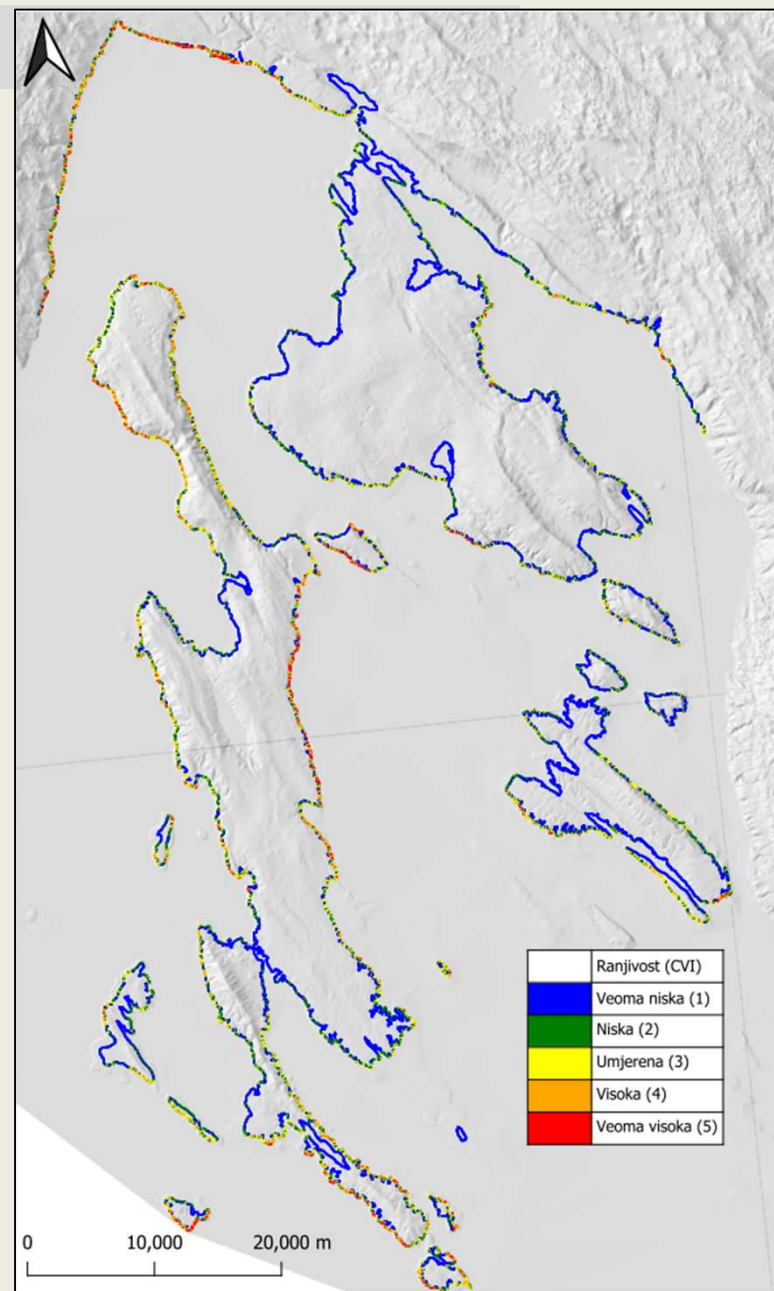
Prosječna vrijednost ranjivosti: 2,09



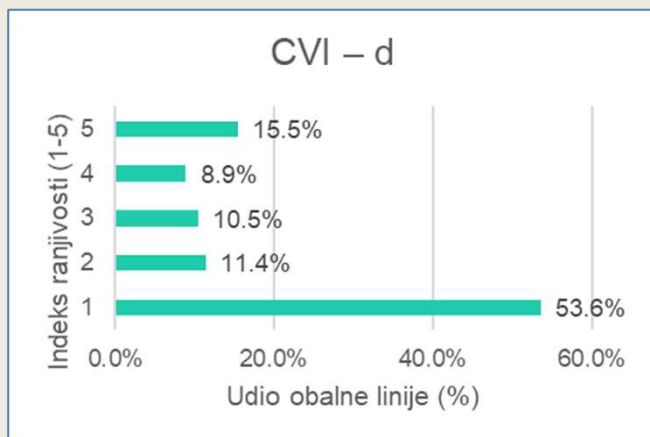
REZULTATI - Značajna visina vala



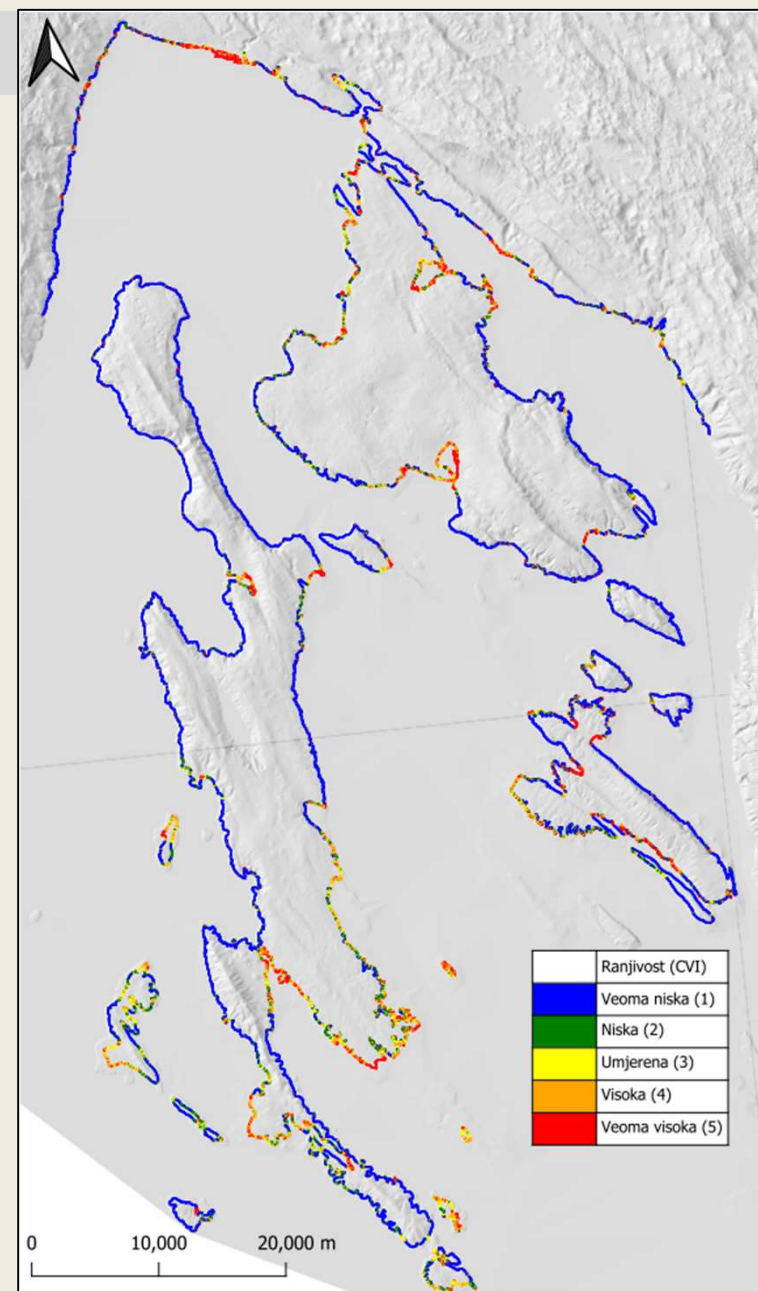
Prosječna vrijednost ranjivosti: 1,95



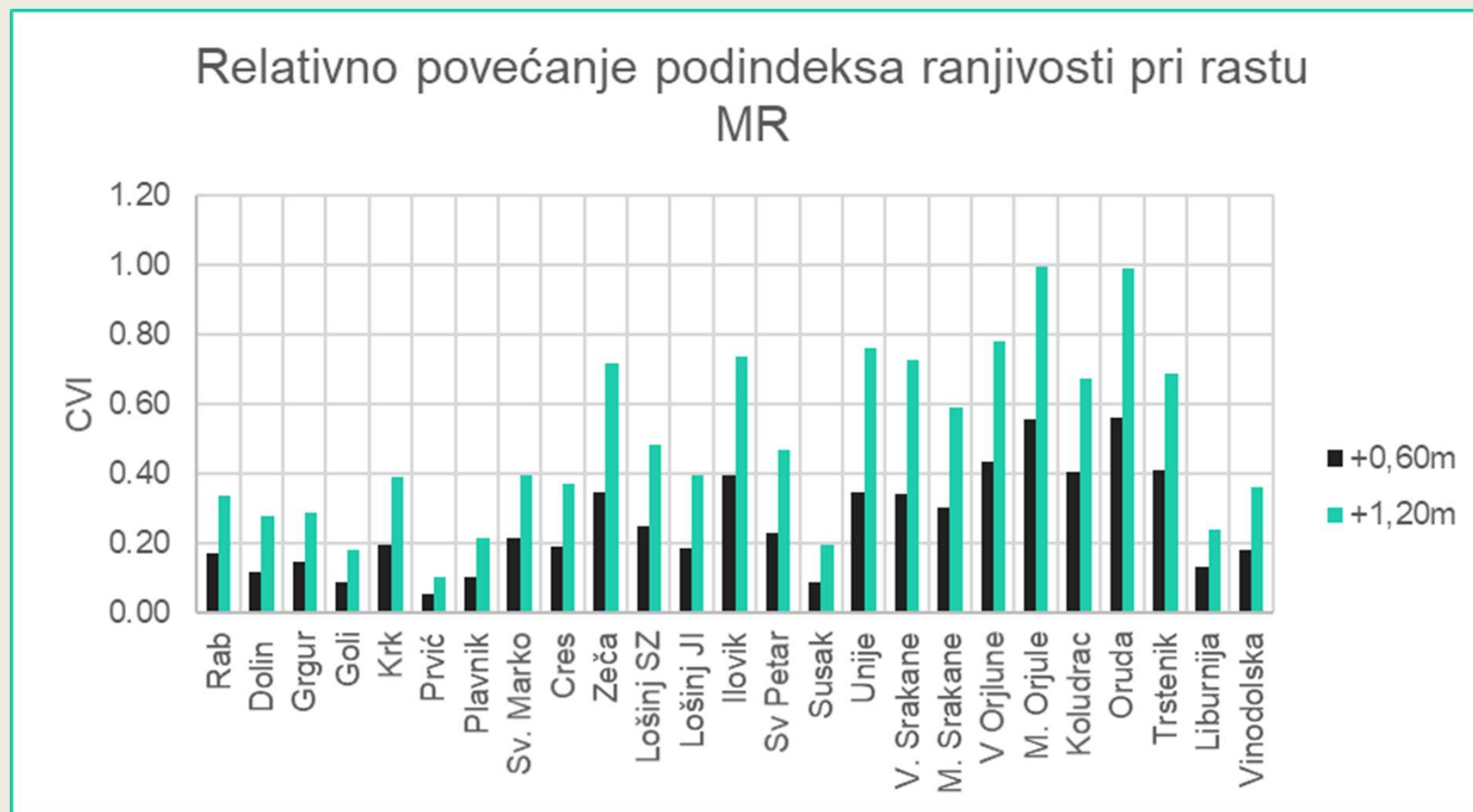
REZULTATI – Obalno plavljenje



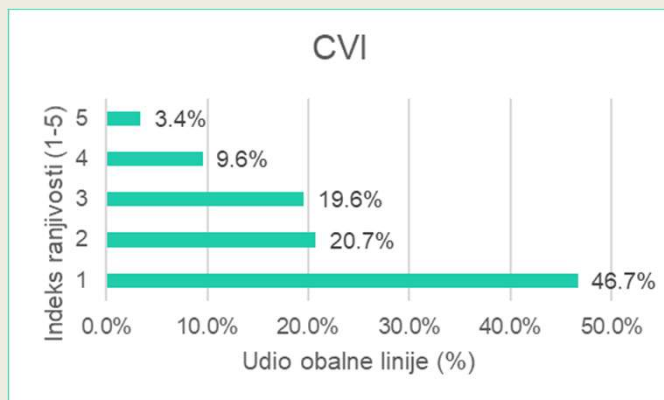
Prosječna vrijednost ranjivosti: 2,21



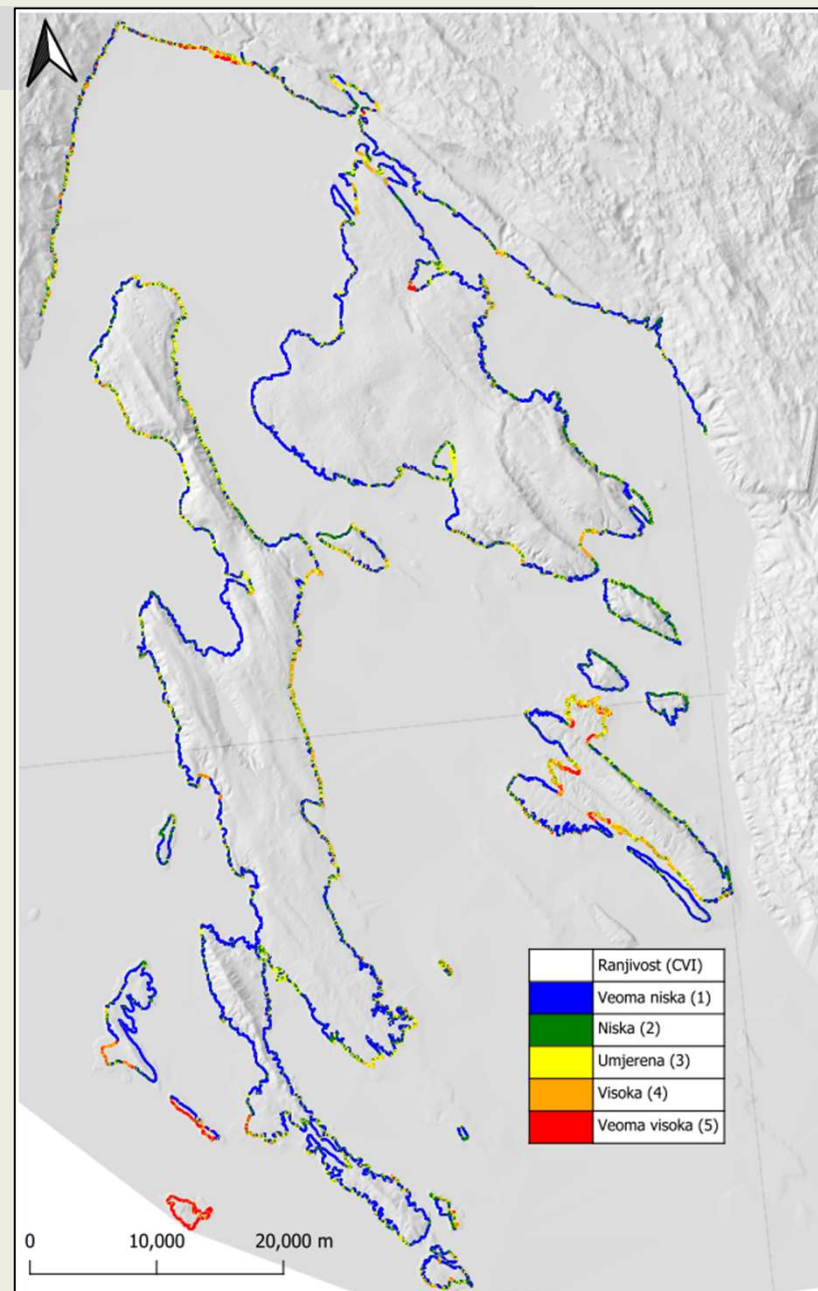
REZULTATI – Obalno plavljenje



REZULTATI - Indeks ranjivosti obale - CVI



Prosječna vrijednost ranjivosti: 2,02



ZAKLJUČAK

- Rezultati istraživanja su pokazali izrazitu prostornu nehomogenost obalne ranjivosti PGŽ-a.
- Većina obale (67,4 %) niske je i veoma niske ranjivosti, dok je 13 % visoke i veoma visoke ranjivosti.
- Prosječna ranjivost je niska (2,02).
- Izrazito zabrinjava ugroženost nekih područja, poput otoka Suska čija je obala visoke i veoma visoke ranjivosti.
- Zabrinjavajući je podatak da je četvrtina obale PGŽ-a (24 %) visoke i veoma visoke obalne ranjivosti u odnosu na obalno plavljenje. U tom najugroženijem dijelu je većina obalnih naselja.
- Žala štite obalu od negativnih utjecaja, prvenstveno valova, umanjujući indeks obalne ranjivosti zbog čega je potrebno provesti odgovarajuće mjere za zaštitu postojećih prirodnih i umjetnih žala.
- Rezultati provedenih istraživanja koristit će se kao podloge za prostorno planiranje obalnog područja PGŽ-a



HVALA NA PAŽNJI

