



Javna ustanova **Zavod za prostorno uređenje**
PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE



ANALIZA RANJIVOSTI OBALNOG PODRUČJA

**PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE
ZBOG PODIZANJA RAZINE MORA**

**Analiza ranjivosti obalnog područja
Primorsko-goranske županije
zbog podizanja razine mora**

Nakladnik

Javna ustanova Zavod za prostorno uređenje Primorsko-goranske županije

Za nakladnika

Adam Butigan, mag. ing. geod.

Izrađivači dokumenta Analiza ranjivosti obalnog područja Primorsko-goranske županije zbog podizanja razine mora

Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet



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

Javna ustanova Zavod za prostorno uređenje Primorsko-goranske županije



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

Voditelji projekta

doc. dr. sc. Igor Ružić (GF RI)
Vedrana Petrović (JU Zavod)

Realizacija

Glosa d. o. o. Rijeka

Idejno rješenje naslovnice

Vedran Radić, dipl. ing. građ.

Priprema za tisak

Tempora Rijeka

Tisak

AKD d. o. o. Zagreb

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Sveučilišne knjižnice Rijeka pod brojem 150325047

ISBN 978-953-58515-5-4

ANALIZA RANJIVOSTI OBALNOG PODRUČJA PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE ZBOG PODIZANJA RAZINE MORA

Javna ustanova **Zavod za prostorno uređenje**
PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE



Rijeka, 2022.

SADRŽAJ

POPIS KRATICA	6
1. UVOD	7
1.1. O projektu	7
1.2. Ranjivost obalnih područja	9
1.3. Europsko zakonodavstvo	11
1.4. Hrvatsko zakonodavstvo	13
2. PRIRODNA OSNOVA PRIMORSKOG DIJELA PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE	16
2.1. Geološka građa	16
2.2. Hidrološke i hidrogeološke značajke	17
2.3. Geomorfološki procesi	18
2.4. Oceanografske i hidrografske značajke	19
2.4.1. Morska razina	20
2.4.2. Salinitet i temperatura	24
2.4.3. Morski valovi	24
3. ZABILJEŽENA RANJIVOST OBALNOG PODRUČJA PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE	27
4. PREGLED PROVEDENIH DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	40
5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA	50
5.1. Procjena obalne ranjivosti	50
5.2. Indeks obalne ranjivosti (CVI)	51
5.2.1. Geološka građa (a)	54
5.2.2. Obalni nagib (b)	57
5.2.3. Značajna visina vala – H_s (c)	58
5.2.4. Plavljenje obale (d)	60
5.2.5. Žalo (e)	63
5.2.6. Indeks obalne ranjivosti (CVI)	63

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	65
6.1. Geološki parametri (a)	65
6.2. Obalni nagib – rizik od klizanja i odrona (b)	68
6.3. Značajna visina vala – H_s (c)	76
6.4. Plavljenje obale (d)	79
6.5. Postojanje i vrsta žala (e)	83
6.6. Indeks obalne ranjivosti (CVI)	85
6.7. Analiza dobivenih rezultata ranjivosti obalnog područja Primorsko-goranske županije u odnosu na sva građevinska područja i izgrađena područja izvan građevinskih područja	91
7. PRIMJENA REZULTATA ISTRAŽIVANJA U PROSTORNOM PLANIRANJU	107
8. ZAKLJUČAK	111
POPIS LITERATURE	114
POPIS SLIKA	118
POPIS TABLICA	121
GRAFIČKI PRILOZI	123

POPIS KRATICA

CVI – indeks obalne ranjivosti (engl. *Coastal Vulnerability Index*)

DEM – digitalni elevacijski model (engl. *Digital Elevation Model*)

DGU – Državna geodetska uprava

DHMZ – Državni hidrometeorološki zavod

EK – Europska komisija

ETC CCA – Europski tematski centar o utjecajima, osjetljivosti i prilagodbi klimatskim promjenama (engl. *European Topic Centre on Climate Change impacts, vulnerability and Adaptation*)

EU – Europska unija

GIS – Geografski informacijski sustav (engl. *Geographic Information System*)

IPCC – Međuvladin panel o klimatskim promjenama (engl. *Intergovernmental Panel on Climate Change*)

IUOP – integralno upravljanje obalnim područjem (engl. *Integrated Coastal Zone Management*)

IUOP Protokol – Protokol o integralnom upravljanju obalnim područjem Sredozemlja (engl. *Protocol on Integrated Coastal Zone Management in the Mediterranean*)

MAP – Mediteranski akcijski plan (engl. *Mediterranean Action Plan*)

MCDA – višekriterijska analiza (engl. *Multiple Criteria Decision Analysis*)

PAP/RAC – Centar za regionalne aktivnosti Programa prioritetnih akcija (engl. *Priority Actions Programme/Regional Activity Centre*)

PGŽ – Primorsko-goranska županija

RH – Republika Hrvatska

SVI – indeks socijalne ugroženosti (engl. *Social Vulnerability Index*)

UNDP – Program Ujedinjenih naroda za razvoj (engl. *United Nations Development Programme*)

USGS – Američka geološka služba (engl. *United States Geological Survey*)

1. UVOD

1.1. O projektu

U **Prostornom planu Primorsko-goranske županije**¹ naglašeno je da je prostor njezin najvrjedniji resurs. Međutim, prostor sve više postaje ograničavajući čimbenik razvoja jer u uvjetima industrijskog razvoja i procesa urbanizacije raste intenzitet korištenja prirodnih potencijala i svih ostalih prostornih vrijednosti. Budući da teritorij Primorsko-goranske županije obuhvaća i 1.235 km obale, racionalno korištenje prostora, pa tako i obalnog područja, velika je obveza svih njegovih korisnika.

U Republici Hrvatskoj (RH) oko četvrtine stanovništva živi u priobalnim županijama. Ekonomski pritisak na obalni pojas RH, odnosno potreba za priobalnim resursima (obala, teritorij, voda itd.) neprekidno se povećava, što rezultira sve većom izloženosti stanovništva određenom riziku u priobalnom području.

Pripreme za provedbu projekta **Analiza ranjivosti obalnog područja Primorsko-goranske županije zbog podizanja razine mora** započele su početkom 2019. godine, nekoliko mjeseci prije učestalih poplava na obalnom području PGŽ-a uzrokovanih visokim razinama mora. Ti događaji dodatno su ukazali na potrebu za provedbom analize ranjivosti županijskoga obalnog područja zbog klimatskih promjena, odnosno podizanja razine mora.

Javna ustanova Zavod za prostorno uređenje Primorsko-goranske županije pokrenula je u suradnji s **Građevinskim fakultetom Sveučilišta u Rijeci** istraživanje, odnosno izradu dokumenta naziva **Analiza ranjivosti obalnog područja Primorsko-goranske županije zbog podizanja razine mora** (dalje u tekstu: Analiza). U skladu s provedenim postupkom jednostavne nabave, evidencijski broj: 10/20-JDN, Ugovor broj 7-2020/P zaključen je potkraj siječnja 2020. godine, a kao krajnji rok za izradu i predaju dokumenta utvrđen je 15. prosinca 2020. godine.

Ovaj dokument prikazuje rezultate istraživanja u sklopu projekta. Provedena je procjena ranjivosti obalnog područja Primorsko-goranske županije (PGŽ) zbog klimatskih promjena i podizanja razine mora, koja je izražena **indeksom**

¹ Službene novine Primorsko-goranske županije 32/13, 7/17 – ispravak, 41/18 i 4/19 – pročišćeni tekst

obalne ranjivosti (engl. *Coastal Vulnerability Index – CVI*) za čitavu obalu Županije (osim za otočiće površine manje od 30 ha).

Na početku projekta dogovorena je uska suradnja između radnih timova naručitelja i izvršitelja za cijelo vrijeme trajanja projekta. Timove su činili sljedeći članovi:

Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci:

- doc. dr. sc. Igor Ružić, ujedno i predstavnik Izvršitelja
- prof. emerit. dr. sc. Čedomir Benac
- Andrea Tadić, mag. ing. aedif.
- doc. dr. sc. Nino Krvavica.

Javna ustanova Zavod za prostorno uređenje Primorsko-goranske županije:

- Vedrana Petrović, mag. oec. spec., ujedno i predstavnica Naručitelja
- Gorana Ljubičić, dipl. ing. arh.
- Dado Jakupović, mag. geogr.

Za potrebe izrade Analize u više su navrata kontaktirane županijske lučke uprave, županijski Upravni odjel za pomorsko dobro, promet i veze, te jedinice lokalne samouprave. Njihovim je predstavnicima održano predstavljanje projekta u ožujku 2020. godine. Svaki se terenski obilazak najavljivao jedinicama lokalne samouprave i županijskim lučkim upravama, koje su, osim što su dostavile tražene podatke, i sudjelovale u tim terenskim obilascima. Na tim su istraživanjima zabilježene visine dosadašnjih poplava, izmjerene visine obala, zabilježeni dosadašnji problemi s povišenim razinama mora i sl., za što je bila prijeko potrebna pomoć lokalne uprave.

Prve analize i terenska istraživanja provedena su na otoku Rabu, zbog njegove geomorfološke kompleksnosti i izraženoga antropogenog utjecaja na obalu.

Analizom su ostvareni ciljevi, odnosno sadržajno su obrađene sve točke istraživanja, predviđene projektnim zadatkom:

- I. Uvod**
- II. Prirodna osnova primorskog dijela PGŽ-a**
- III. Pregled dosadašnjih istraživanja**
- IV. Metodologija istraživanja**
- V. Preliminarne analize**
- VI. Analiza ranjivosti obalnog područja PGŽ-a**
- VII. Zaključak**
- VIII. Kartiranje ugroženosti i prezentacija rezultata**

1.2. Ranjivost obalnih područja

Jadran za Republiku Hrvatsku i Primorsko-goransku županiju ima veliko kulturno i ekonomsko značenje. Na obali ili u njezinoj blizini odvija se većina turizma, pomorski promet, proizvodnja plina iz podmorja, brodogradnja, ribarstvo i marikultura. Porast razine mora nije nikakva nepoznanica na obalama Hrvatske, jer je od antičkog doba do danas razina mora porasla oko 2 metra (Šegota, 1968.). Mnoge građevine iz tog razdoblja danas su ispod razine mora ili su prilagođene današnjoj razini mora, poput Eufrazijeve bazilike izgrađene u 6. stoljeću u Poreču. Međutim, zabrinjavajući su današnji trendovi ubrzanja podizanja morske razine. Prema gruboj okvirnoj analizi, gubitak kopna RH iznosio bi više od 100 milijuna kvadratnih metara uz porast razine mora od 50 cm, odnosno više od 112 milijuna kvadratnih metara uz porast od 88 cm koji se očekuje potkraj stoljeća (UNDP, 2009.).

Mnogi vrijedni lokaliteti hrvatske prirodne, povijesne i kulturne baštine smješteni su u blizini morske razine, te će u slučaju velikog porasta razine mora biti izloženi poplavlivanju, pa i zauvijek izgubljeni, ako se ne poduzmu zaštitne mjere. U isto vrijeme, nije fizički moguće ili ekonomski isplativo štiti cijelu obalnu liniju od porasta razine mora. Obala RH i PGŽ-a pretežito je veoma strma i povoljne geološke građe pa će samo manji dio obale biti ugrožen.

Strategija za suočavanje s porastom razine mora sastoji se od zaštite ranjivih područja i/ili povlačenja s njih. Ne postoji unificirano rješenje tog problema, već je potrebno ustanoviti najbolje metode za rješavanje svakoga pojedinačnoga ugroženog mjesta (UNDP, 2009.). Probleme koji će nastati zbog porasta razine mora potrebno je rješavati od lokacije do lokacije zbog složenosti obalnog prostora RH i PGŽ-a što se tiče reljefa, geološke građe, djelovanja valova, naseljenosti i sl. Preporučuje se kombinacija kratkoročnih i dugoročnih strategija koje uključuju zaštitne mjere i povlačenja.

Prilagodba na klimatske promjene i njezino integriranje u razvojne i prostorne planove, tema je koja do sada nije dovoljno istraжена u Hrvatskoj, dok je u svijetu postala standardni dio analiza odnosa između integralnog planiranja obalnog područja i/ili prostornog planiranja te prilagodbe na klimatske promjene (Davoudi i dr., 2009.; de Bruin i dr., 2014.).

Procjene rasta srednje razine mora na hrvatskoj obali su u rasponu od 0,32 m do 0,65 m do 2100. godine, pri čemu novije procjene sežu i do vrijednosti od 1,1 metar. Kada se na njih pribroje utjecaji povremenih ekstremnih razina mora u rasponu od 0,84 m do 1,15 m, dobivaju se ekstremne povremene razine mora na kraju stoljeća u rasponu od oko 1,4 m do 2,2 metra. Dugoročno gledajući, porast razine mora potencijalno je jedan od najskupljih učinaka klimatskih promjena na hrvatsku obalu (UNDP, 2009.).

Uz porast razine mora, obalna područja mogu biti ranjiva i na zaslanjenje priobalnih izvora i povećanje učestalosti i intenziteta poplava na ugroženim područjima. Kao odgovor na smanjenje visoke ranjivosti predlaže se povećanje istraživačkih i upravljačkih kapaciteta, izgradnja nove, rekonstrukcija i dogradnja postojeće infrastrukture te primjena integralnog upravljanja obalnim područjem. Očekivani porast razine mora, ali i djelovanje budućih morskih mijena, valova i olujnih uspora imat će utjecaj i na obalnu infrastrukturu. Najviše će biti ugrožene urbane sredine s niskom obalom (naselja na otocima npr. Cres, Mali Lošinj, Veli Lošinj, Krk, Rab, Krapanj, Vela Luka i dr., i u priobalnoj Hrvatskoj, primjerice Nin, Trogir, Ston i dr.). Pod negativnim utjecajem porasta razine mora bit će i žala, a izrazito nepovoljan učinak očekuje se na umjetnim dijelovima obale.

Ranjivost izgrađenog okoliša zbog utjecaja klimatskih promjena uključuje:

- poplave u naseljima zbog rasta i ekstremne razine mora kao rezultat ekstremnih vremenskih prilika i općeg rasta srednje razine mora (visoka ranjivost)
- pojavu toplinskih otoka u naseljima zbog utjecaja ekstremnih temperatura, posebno rasta broja vrućih dana i dana s temperaturom iznad 35 °C (srednja ranjivost)
- poplave u naseljima kao posljedice veće učestalosti i intenziteta ekstremnih vremenskih prilika koje obilježavaju velike količine oborina u kratkom razdoblju (srednja ranjivost).

UNDP (2009.) naglašava važnost poznavanja posljedica mogućih promjena razina mora u budućnosti kod prostornih planera obalnog područja, upravitelja i osoba zaduženih za razvoj, pri određivanju propisa o korištenju obalnog zemljišta, upravljanju u slučaju rizika od katastrofa i planiranju velikih infrastrukturnih projekata (npr. prometnih, kanalizacijskih, vodoopskrbnih i sličnih sustava). Prije nego je potrebno unaprijediti politiku, mjere i projekte za prilagodbu na mogući porast razine mora. Kako bi se ovo postiglo, bit će potrebno provoditi multidisciplinarna detaljna istraživanja obalnog područja, uključujući fizičke značajke, obrasce korištenja zemlje i

Prostorni planeri, projektanti, upravitelji i poduzetnici moraju uzeti u obzir prilikom definiranja projektnih parametara posljedice klimatskih promjena na obalnom području. Zbog toga projektni parametri određenoga povratnog razdoblja (npr. 50 ili 100 godina) moraju sadržavati analizu izmjerenih podataka, ali i predviđenih promjena.

gospodarske aktivnosti. Važna je i suradnja između javnog sektora i institucija koje se bave stvaranjem globalnih/regionalnih baza podataka i modela za predviđanje porasta razine mora, fizičkih i gospodarskih šteta te koristi i troškova alternativnih opcija prilagodbe.

Rješavanje problema uzrokovanih porastom razine mora može uključivati dva područja u kojima je intervencija javnog sektora prilično česta (UNDP, 2009.):

- financiranje velikih/kapitalnih poboljšanja koja su više ili manje javno dobro ili koja su usmjerena na zajedničke potrebe, ali ih je teško financirati privatnim sredstvima
- zoniranje i ograničenja korištenja zemljišta, uključujući uvođenje integralnog upravljanja obalnim područjem (IUOP).

1.3. Europsko zakonodavstvo

Značajan udio stanovništva Europske unije (EU) živi u priobalnom području, o čemu svjedoči činjenica da oko 20 % stanovništva živi na udaljenosti 10 km od morske obale. Stoga se u državama Europske unije posebna pažnja posvećuje upravljanju obalnim prostorom. Temeljna pretpostavka jest prikupljanje i usustavljanje podataka o obalnom pojasu (engl. *mapping*) na temelju čega se mogu predlagati i izvoditi tehnički zahvati (engl. *coastal engineering*) te upravljati obalnim područjem (engl. *coastal zone*). U tu svrhu izrađuju se detaljne studije procjene ranjivosti obalnog područja zbog već izraženih klimatskih promjena i očekivanoga ubrzanijeg podizanja razine mora.

Godine 1976., 16 zemalja Sredozemlja i tadašnja Europska zajednica potpisale su Konvenciju za zaštitu Sredozemnog mora, tzv. **Barcelonsku konvenciju**, koja je 1995. godine dopunjena i izmijenjena u Konvenciju o zaštiti morskog okoliša i obalnog područja Sredozemlja. Konvencija ima 22 ugovorne stranke.²

Protokol³ predviđa izradu obalnih planova i programa koji mogu biti zasebne cjeline ili integrirani u ostale planove i programe. Oni trebaju biti primjenjivi na analiziranoj teritorijalnoj razini, određujući uvjete

Barcelonska konvencija je pravni okvir za provedbu Mediteranskoga akcijskog plana (MAP), a upotpunjena je sa sedam specifičnih protokola, među kojima treba istaknuti *Integrated Coastal Zone Management Protocol (ICZM Protocol)* – Protokol o integriranom upravljanju obalnim područjem Sredozemlja iz 2008. godine (EU, 2009.).

² Konvencija o zaštiti morskog okoliša i obalnog područja Sredozemlja (Barcelonska konvencija) (NN – Međunarodni ugovori 12/93 i 11/04) ratificirana je 1993. i 2004. godine.

³ Protokol Barcelonske konvencije o integralnom upravljanju obalnim područjem Sredozemlja, ratificirala je Republika Hrvatska (Zakon o potvrđivanju Protokola o integralnom upravljanju obalnim područjem Sredozemlja, NN – Međunarodni ugovori 8/12).

za namjenu i korištenje pomorskih i kopnenih dijelova obalnih područja. Protokol je prvi međunarodni pravni dokument koji predlaže konkretne instrumente zaštite i prilagodbe na učinke klimatskih promjena. U obalnim zonama potrebno je odrediti kopneni pojas u kojem gradnja nije dopuštena, uzimajući u obzir područja koja su izložena utjecajima klimatskih promjena i prirodnim rizicima (PAP/RAC, 2012.; Šibensko-kninska županija, 2015.).

U ožujku 2013. godine pokrenuta je *online* platforma **Climate-ADAPT** u kojoj su spojeni podaci o akcijama prilagodbe za sve članice EU-a, prema odredbama Strategije EU-a za prilagodbu klimatskim promjenama iz iste godine (Europska komisija (EK), 2013.). Godine 2014. na snagu je stupila i Direktiva Europskog parlamenta i Vijeća o uspostavi okvira za prostorno planiranjeorskog područja. Tim su dokumentom propisani minimalni zahtjevi za prostorno planiranje pri čemu je potrebno uzeti u obzir međudjelovanje kopna i mora, vodeći računa o dugoročnim promjenama izazvanima upravo klimatskim promjenama.

Europski zeleni plan (EK, 2019.) naglašava važnost diplomacije i dobro osmišljenih poreznih reformi kojima bi se, među ostalim, potaknula i otpornost na klimatske poremećaje. Zelenim se planom potiče zajedničko djelovanje država članica EU-a razmjenom informacija, smjernica i dobrih praksi u području klimatskih promjena, te jačanjem javne svijesti o tome kakvu prijetnju i poteškoće klimatske promjene i degradacija okoliša predstavljaju i kako ih suzbiti. Novija izvješća Međuvladinog panela o klimatskim promjenama (IPCC, 2014., 2019.) također navode koordinaciju između upravljačkih tijela i prostornih planera kao ključni čimbenik za učinkovitu reakciju. Ukazano je i na potrebu za ulaganjima u obrazovanje i klimatsko opismenjavanje društva kako bi se olakšali pregovori o kompromisima, smanjili kratkoročni rizici te izgradila dugoročna otpornost i održivost.

IPCC (2019.) navodi i mogućnosti jačanja otpornosti na klimatske promjene primjenom „zelenih“ rješenja za zaštitu, obnovu i prilagodbu ekosustava. Integralno upravljanje vodnim sustavima i prilagodbe ekosustava mogu lokalno smanjiti rizike uzrokovane klimatskim poremećajima i povoljno djelovati na društvo.

Praktična primjena integralnog upravljanja obalnim područjem Sredozemlja vidljiva je različito u različitim zemljama potpisnicama Barcelonske konvencije. Dinamiku provedbe u Hrvatskoj potrebno je povećati na način da se osnaži provedba Protokola na razinama regija radi ublažavanja i smanjivanja negativnih učinaka klimatskih promjena na obalnom području. Naime, brojni negativni učinci zabilježeni su posljednjih godina na čitavom Sredozemlju, i na hrvatskoj obali Jadrana (npr. Rovinj, Mali Lošinj, Cres, Opatija, Rijeka, Crikvenica, Vela Luka itd.).

U skladu s preporukama IUOP Protokola ova će se Analiza uzimati u obzir kao stručna podloga prilikom izrade budućih izmjena i dopuna Prostornog plana Primorsko-goranske županije. Primjena dobivenih rezultata istraživanja za potrebe planiranja izgrađenih i planiranih dijelova obale za građenje detaljnije je razmotrena u poglavlju 7. *Primjena rezultata istraživanja u prostornom planiranju.*

1.4. Hrvatsko zakonodavstvo

Unatoč potpisanim međunarodnim konvencijama i zakonskim propisima, provedba integralnog upravljanja obalnim područjem je u inicijalnoj fazi u Hrvatskoj. S obzirom na to da za obalno područje istočnog Jadrana u prostornim planovima još uvijek nisu provedene sveobuhvatne analize ranjivosti, kod planiranja razvoja nije moguće uzeti u obzir, kao ni propisivati, specifične mjere za obalna područja ugrožena od rizika zbog klimatskih promjena i prognoziranog podizanja razine mora. Uz to je očito da zaštita obalnog i otočnog područja Jadrana, u odnosu na očekivano podizanje razine mora i posljedice klimatskih promjena na obalno područje, nije odgovarajuće obrađena, a još se manje provodi odgovarajuće i dosljedno.

U pravnom sustavu RH zaštita obalnog pojasa treba se provoditi na temelju zakona, podzakonskih propisa i ostalih planova i programa. Od zakona posebno se ističu:

- *Zakon o zaštiti prirode* (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19)
- *Zakon o zaštiti okoliša* (NN 80/13, 153/13, 78/15, 12/18, 118/18)
- *Zakon o vodama* (NN 66/19)
- *Pomorski zakonik* (NN 181/04, 76/07, 6/08, 61/11, 56/13, 26/15, 17/19)
- *Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama* (NN 158/03, 100/04, 141/06, 38/09, 123/11, 56/16, 98/19)
- *Zakon o prostornom uređenju* (NN 153/13, 65/17, 114/18, 39/19, 98/19).

O potrebi provedbe dodatnih istraživanja, svjedoči i **Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu** koju je Sabor RH izglasao u ožujku 2020. godine (RH, 2020.). Strategijom se predviđa porast razine Jadranskog mora između 32 i 65 cm do kraja 21. stoljeća, te se nude moguća rješenja za smanjenje visoke ranjivosti.

Također se naglašava važnost pravilnoga prostornog planiranja i uređenja koje ima integrativnu funkciju u planiranju prostornog razvoja, namjene zemljišta i morskog područja, pri čemu klimatske promjene predstavljaju značajnu prijetnju za upravljanje prostornim razvojem. Prema tome, planiranje i uređenje prostora je u funkciji zaštite okoliša, ali i prilagodbe klimatskim promjenama.

Nužan je daljnji razvoj prilagodbe obalnog područja porastu razine mora, posebno jer se pažljivim planiranjem mogu izbjeći ili umanjiti buduće negativne posljedice na obalnom području i time izazvani troškovi.

Istodobno, porast razine mora odvijat će se relativno sporo što bi trebalo smanjiti troškove prilagodbe koji će pak izrazito ovisiti o kvaliteti dugoročnoga prostornog planiranja. Također, dugo razdoblje omogućava učenje u praksi, odnosno pravodobne prilagodbe i korekcije postojećih prostornih planova.

Mjere prilagodbe klimatskim promjenama i konkretne aktivnosti za njihovu provedbu dane su u Strategiji ovisno o kategoriji važnosti. U nastavku (Tablica 1.) navedene su specifične mjere vrlo visoke i visoke važnosti te odgovarajuće aktivnosti vezane za porast morske razine (čl. 5.2. i 6.2.).

Tablica 1. Mjere i aktivnosti prilagodbe porastu morske razine (RH, 2020.)

Oznaka mjere	Mjera	Aktivnost
Mjere vrlo visoke važnosti		
HM-01	Provedba nestrukturnih mjera zaštite od štetnog djelovanja voda i zaštite voda pri pojavama ekstremnih hidroloških prilika čije je povećanje intenziteta i učestalosti pojave uvjetovano klimatskim promjenama	HM-01-04. Izrada novih i revizija postojećih projekata zaštite od štetnog djelovanja voda i visokih razina mora (procjena učinkovitosti, održivosti te uspješnosti)
HM-03	Jačanje stručnih, istraživačkih i upravljačkih kapaciteta za ocjenu pojavnosti i rizika negativnih utjecaja klimatskih promjena i prilagodbu slatkovodnih i morskih vodnih sustava u postojećim i budućim klimatskim prilikama	HM-03-01. Provedba edukacije za odabrane ciljne skupine, u obliku tematskih radionica za stručnjake i zainteresiranu javnost, osmoškolsku, srednjoškolsku i fakultetsku populaciju
PP-01	Jačanje baza znanja i sustava praćenja i ocjenjivanja	PP-01-02. Provedba integralne multidisciplinarne procjene ranjivosti obalnih područja na ekstremne razine mora, uključujući socioekonomske aspekte te procjene troškova i koristi opcija prilagodbe
Mjere visoke važnosti		
HM-05	Smanjenje štetnih posljedica na obalnu vodnocomunalnu infrastrukturu i priobalne vodne resurse uzrokovane podizanjem razine mora zbog klimatskih promjena (nestrukturane mjere)	HM-05-01. Razvoj modela procjene podizanja razine mora, ovisno o globalnim klimatskim promjenama i lokalnim obalnim prilikama
		HM-05-02. Izrada preliminarne karte ranjivosti obalne infrastrukture, posebno vrijednih prirodnih lokaliteta (prirodna žala, prijelazne vode) i priobalnih krških vodnih resursa
		HM-05-03. Izrada detaljne analize najranjivijih komponenti iz sektora voda
		HM-05-04. Prijedlog rješenja (mjera zaštite)
PP-05	Priprema programa i projekata sanacije	PP-05-01. Izrada smjernica dobre i održive prakse za izradu projekata sanacije za tipične situacije izloženosti i osjetljivosti poplavama mora različitih fizičkih struktura na obali, posebno onih izdvojenih kao prioriteta, s naglaskom na prostorno-planerskim aspektima PP-05-03. Uspostava nacionalnog programa sanacije dobara kulturne baštine ugrožene ekstremnim razinama mora i ostalim rizicima klimatskih promjena

2. PRIRODNA OSNOVA PRIMORSKOG DIJELA PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE

U ovom su poglavlju opisane osnovne prirodne značajke Primorsko-goranske županije; njezina geološka građa, hidrološke i hidrogeološke karakteristike te s time povezani geomorfološki procesi. Na kraju su dana i bitna obilježja mora, vezana uz morske razine, valove, temperaturu i salinitet.

2.1. Geološka građa

Sve ustanovljene stijene i tla u obalnom i otočnom pojasu PGŽ-a mogu se svrstati u tri specifična litogenetska kompleksa, koji ujedno imaju i vrlo različita fizičko-mehanička svojstva i na kojima se zbivaju specifični egzogenetski procesi. To su:

- karbonatni kompleks
- flišni kompleks
- kompleks naplavina i marinskih sedimenata.

Karbonatni kompleks sačinjavaju sedimentne stijene karbonatnog tipa. To su: vapnenci, dolomiti i vapnenačke do dolomitične breče. Prema geološkoj starosti, pripadaju krednoj i paleogenskoj epohi. Karbonatni kompleks prostorno je dominantan u obalnom području na kopnu i na otocima. Najčešće su to ogoljele stijene (bez pokrivača) u kojima je oblikovan krški reljef znakovit za hrvatsku obalu Jadrana. Samo mjestimično, karbonatne stijene pokrivene su naslagama crvenice ili drugim mlađim, nevezanim do poluvezanim tvorevinama, kao što su vezani i nevezani (aktivni) sipari. Na karbonatnoj stijenskoj podlozi nalaze se i naslage lesa koje pokrivaju veći dio otoka Suska, a susreću se i na otocima Uniје, Vele Srakane, Male Srakane, kao i na dijelu otoka Lošinja, Krka i Raba.

Flišni kompleks sačinjavaju sedimentne stijene siliciklastičnog tipa. Većinom se izmjenjuju kalcititični siltiti i pješčenjaci, te djelomično lapori, konglomerati i vapnenci u obliku leća i proslojaka. Prema geološkoj starosti, pripadaju paleogenskoj epohi.

Paleogenski fliš rasprostire se u obliku uskih izduženih zona te površinskih malih, izoliranih pojava na kopnu i otocima. Na obali je vidljiv u Bakarskom zaljevu i Omišaljskom zaljevu, oko Stare Baške i Baške na otoku Krku. Naročito je rasprostranjen na otoku Rabu što je jedinstvena geomorfološka pojava na hrvatskoj obali. Za razliku od pretežito ogoljelih stijena karbonatnog kompleksa, naslage fliša najčešće su pokrivene glinovitom zonom fizičko-kemijske razgradnje kao i padinskim, koluvijalno-deluvijalnim tvorevinama.

Naslage karbonatnog i flišnog kompleksa tvore osnovnu stijensku podlogu. Na takvoj stijenskoj masi nalaze se **proluvijalno-aluvijalni sedimenti** na kopnu, i proluvijalno-aluvijalni, do **marinski sedimenti** u podmorju. Za razliku od karbonatnih i siliciklastičnih stijena, to su pretežito slabovezani do nevezani sedimenti pleistocenske do holocenske starosti. Njihov granulometrijski sastav kreće se u velikim rasponima: od krupnog šljunka i valutica, pa čak i blokova, sve do mulja, odnosno mješavine najsitnijih čestica veličine praha i gline.

2.2. Hidrološke i hidrogeološke značajke

Osnovno hidrološko i hidrogeološko obilježje područja Kvarnera su dva lito-genetska kompleksa koji su ujedno i dvije kontrastne sredine specifičnog nastanka i kretanja površinskih i podzemnih voda. To su:

- vodopropusni karbonatni kompleks
- vodonepropusni flišni kompleks.

Karbonatni stijenski kompleks, koji izgrađuje najveći dio obalnog pojasa, odlikuje se pukotinsko-kavernoznim tipom poroziteta. Zato je upojnost terena često velika, a koeficijent otjecanja izrazito mali. Ta područja su gotovo bez površinskih vodotoka. Unatoč tomu, u razdobljima izrazitog intenziteta oborina moguća je pojava opasnih bujica. Karbonatne stijene su kolektor podzemnih voda. Složeno kretanje voda odvija se u dubokom krškom podzemlju. Osobitost kvarnerskog područja je istjecanje priobalnih i podmorskih izvora (vrulja) pod djelovanjem mora, kada su lakša slatka i teža slana voda u vrlo osjetljivoj hidrodinamičkoj ravnoteži.

Flišni stijenski kompleks odlikuje se pretežito intergranularnim tipom poroziteta i malom vodopropusnošću. Posljedica toga je mala infiltracija oborina u teren i prevladavajuće površinsko otjecanje. Zato se na tim zonama u razdobljima intenzivnih oborina stvara mreža površinskih vodotoka što mjestimično uzrokuje izrazitu eroziju.

2.3. Geomorfološki procesi

Obale oblikovane u karbonatnim stijenama pretežito su povoljne stabilnosti. Iznimke su vrlo strme padine na kojima se nalaze aktivni sipari, a mjestimično se pojavljuju i veći odroni. U čvrstim karbonatnim stijenama razaranje zbog djelovanja mora uglavnom je slabo izraženo. Samo tamo gdje je stijenska masa jače oštećena nastali su klifovi, a u njihovom podnožju relativno uske abrazijske terase pokrivene krupnim šljunkom i oblucima. Na takvim strmcima česta su osipavanja, pa i odvale većih blokova. Povremene bujice mogu u vrlo kratkom vremenu erodirati i pretaložiti znatne količine nanosa.

Obale oblikovane u naslagama fliša većinom su pokrivene glinovitom zonom fizičko-kemijskog trošenja, ali i deluvijalno-koluvijalnim naslagama. Zato su egzogenetski procesi vrlo intenzivni. Česta je erozija padina, a ponegdje i pojava klizišta. Destruktivan rad mora znatno je izraženiji na obalama oblikovanim u flišu i u kvartarnim tvorevinama. Naslage lesa iznimno su neotporne na djelovanje erozije, zbog čega i mala promjena površinskog otjecanja ili razine mora može izazvati intenzivnu eroziju. Djelovanje marinske erozije u naplavinama sastoji se u brzom premještanju sedimenata žala te postupnom usitnjavanju i zaobljavanju zrna u sedimentima.

Pomicanje obalne crte prema moru zbog recentne akumulacije zabilježeno je jedino na ušćima Rječine, Dubračine i Novaljske ričine. Praćeno je i oplićavanjem dna oko ušća zbog taloženja nanosa.

Uzimajući u obzir reljefne značajke, litološki sastav i djelovanje egzogenetskih procesa, namjenu ove Analize te mjerilo grafičkog prikaza, obuhvaćeni obalni pojas može se svrstati u šest osnovnih tipova:

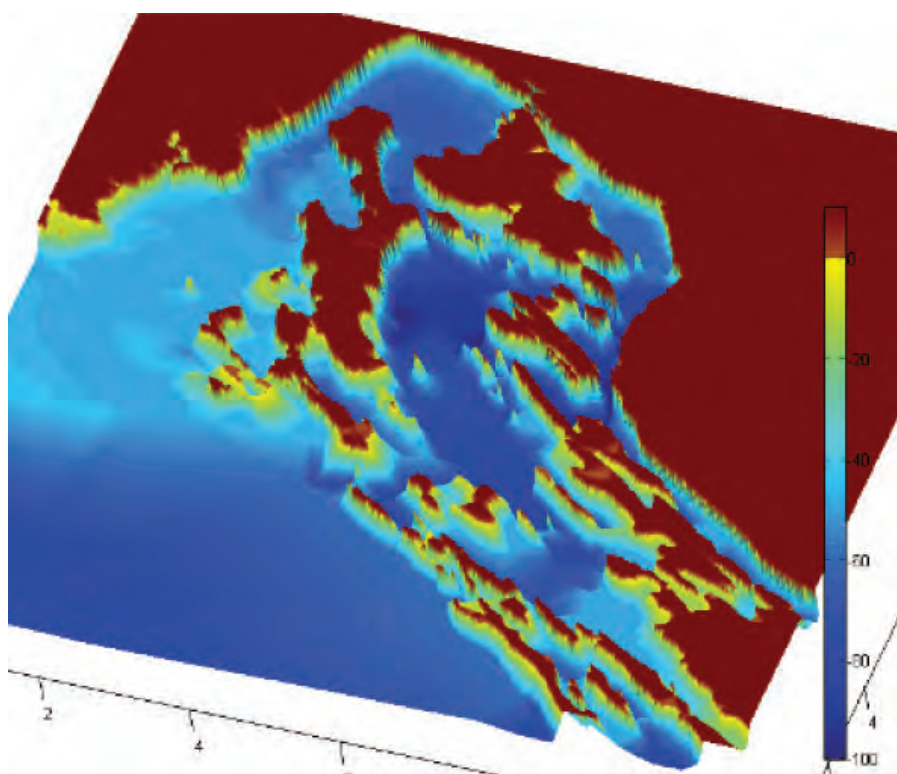
- vrlo strma do vertikalna kamenita obala
- strma kamenita obala
- blago nagnuta kamenita obala
- obale u flišu
- obale u lesu
- obale u naplavinama.

2.4. Oceanografske i hidrografske značajke

Prostor akvatorija PGŽ-a s površinom od 4.344 km² čini 55 % njezine ukupne površine (JU Zavod za prostorno uređenje PGŽ, 2018.). Taj dio mora većim dijelom pripada sjeveroistočnom, kvarnerskom, kanalskom dijelu Jadranskog mora. Otočnim nizovima Cres-Lošinj i Krk-Rab-Pag morsko je područje podijeljeno na:

- Kvarner u užem smislu
- Kvarnerić
- Riječki zaljev
- Vinodolski kanal
- Velebitski kanal te
- otvoreni epikontinentalni dio Jadranskog mora.

Morski prostor PGŽ-a pod jakim je utjecajem meteoroloških, oceanografskih i hidroloških uvjeta koji vladaju u širem području. Uz to na smjerove i veličinu valova i morskih struja, ali također na sezonske i godišnje varijacije temperature i saliniteta, znatno utječe i opisana razdvojenost akvatorija otočnim nizovima i relativno uski prolazi između njih (Slika 1.).



Slika 1. Digitalni model podmorja šireg akvatorija Kvarnera

2.4.1. Morska razina

Maksimalne astronomske morske mijene na Kvarneru iznose oko 80 cm, a izražene su u odnosu na srednji i južni Jadran. Amplitude oscilacija razine Jadrana povećavaju se od juga prema sjeveru, a sjeverno od točke amfidromije, amplitude rastu naglo. Oscilacije razine mora uzrokovane su astronomskim utjecajem i meteorološkim čimbenicima, primarno vjetrovima i promjenama u pritisku zraka. Gotovo potpuno pravilan hod morskih mijena poremećen je kolebanjem razine Jadrana zbog promjena atmosferskih utjecaja. Povećanje tlaka zraka u kombinaciji sa sjevernim vjetrovima (bura, sjevernjak) snizuje morsku razinu u sjevernom dijelu do 40 cm, dok opadanje tlaka zraka u kombinaciji s južnim vjetrovima (jugo, oštro) povisuje razinu do 70 centimetara.

Kao posljedica naglih promjena tlaka zraka i vjetra u Jadranskom se moru pojavljuju slobodne oscilacije razine vode poznate kao seš ili *ščiga* (olujni uspor). Ekstremno visoki seši nazivaju se i meteo cunami.

Olujni uspor uzrokuje plavljenje obale zbog rasta razine mora uzrokovanog niskim atmosferskim tlakom zbog snažne ciklone. Ta je pojava posebno izražena ako se usklade pojava plime, vjetrovni valovi i kretanje mase vode prema plitkoj obali (Penzar i dr., 2011.). Vjetrovi mogu uzrokovati promjenu razine mora do 10 cm, a amplituda seša generiranih južnim vjetrovima može biti veća i od 50 centimetara.

Slobodne oscilacije posebno su značajna pojava u zaljevima i kanalima.

Visoka voda ili **acqua alta** pojava je ekstremno visoke plime u Jadranu koja svoj maksimum doseže u Venecijanskoj laguni, a zabilježena je i na više lokacija sjevernog Jadrana. Događa se najčešće tijekom jeseni i zime kada su uobičajene plime pojačane prolaskom ciklone u kombinaciji s vjetrovima iz jugoistočnog kvadranta. Rekordno visoke razine mora zabilježene su u posljednjem desetljeću i na području Kvarnera: na mareografu u Bakru 1. 12. 2008. godine razina od 117 cm iznad srednje razine mora, 1. 11. 2012. godine 122 cm (Ružić i dr., 2014.), te 1. 11. 2018. godine 127 centimetara.

Prognoza morskih razina je značajan čimbenik prigodom analize ranjivosti obalnog područja. Morske mijene su jedina deterministička periodička gibanja morske vode te se mogu točno dugoročno prognozirati za neku lokaciju. Vertikalna gibanja prate horizontalna napredovanja ili odstupanja vode, tj. valove (struje) plime i oseke. Normalno razdoblje morskih mijena iznosi pola Mjesečeva dana (12 sati i 25 minuta), a amplitude dviju visokih voda u toku jednog Mjesečevog dana obično su različite. Morske mijene opažaju se vodomjerima i mareografima. Dugotrajnim motrenjem određuje se srednja razina mora koja je određena samo u jednoj točki područja i vrijedi samo za to područje. Srednja razina neke točke na hrvatskoj obali određuje se apsolutnom geodetskom visinom, prema interpoliranim vrijednostima izmjerenim u Kopru, Rovinju, Bakru, Splitu i Dubrovniku. Na temelju dugoročnih mjere-

nja morskih razina, u ovih pet luka istočne obale Jadrana učinjena je korekcijska analiza i dugoročna prognoza razina mora (Pršić i dr., 1999.). U Tablici 2. prikazane su vrijednosti mjerodavnih razina mora za Primorsko-goransku županiju.

Tablica 2. Morske razine za karakteristične pozicije u Primorsko-goranskoj županiji (Pršić i dr., 1999.)

Razina		Mali Lošinj	Rijeka – zapad	Crikvenica
Srednja razina	SR	+0,15 m	+0,15 m	+0,10 m
Srednja viša visoka živa razina	SWŽR	+0,55 m	+0,55 m	+0,50 m
Ekstremna visoka razina povratnog razdoblja 10 godina	Extr VR ₁₀	+1,20 m	+1,30 m	+1,23 m
Ekstremna visoka razina povratnog razdoblja 100 godina	Extr VR ₁₀₀	+1,35 m	+1,50 m	+1,38 m
Srednja niža niska živa razina	SNNŽR	-0,15 m	-0,28 m	-0,23 m
Ekstremna niska razina povratnog razdoblja 10 godina	Extr NR ₁₀	-0,55 m	-0,63 m	-0,62 m
Ekstremna niska razina povratnog razdoblja 100 godina	Extr NR ₁₀₀	-0,65 m	-0,75 m	-0,74 m

Razine mora izrazito su važan parametar prostornog planiranja u priobalju zbog njihovog utjecaja na građevine i uređene površine u blizini morske razine. Povišene morske razine mogu biti generator poplava priobalnih područja u obliku hidrauličkog uspora istjecanja slatkih voda ili u kombinaciji s djelovanjem povišenih valova. U ovom su radu prikazani podaci mareografskih postaja Bakar i Rovinj. Podatke za određenu lokaciju potrebno je prostorno interpolirati u ovisnosti o udaljenosti od navedenih postaja. Tablični prikaz srednjih osnovnih statističkih parametara mjesečnih i godišnjih razina mora Bakra i Rovinja za razdoblje od 1959. do 2001. godine prikazani su u Tablicama 3. i 4.

Tablica 3. Statistički podaci za mjesečne srednjake u Bakru, za razdoblje 1959. – 2001. (Ružić, 2003.)

Mjesec	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Godišnje
SV (m n. m.)	0,13	0,11	0,10	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,14	0,19	0,21	0,18	0,14
max (m n. m.)	0,32	0,30	0,35	0,27	0,26	0,22	0,21	0,22	0,26	0,35	0,40	0,40	0,21
min (m n. m.)	-0,09	-0,13	-0,10	0,03	0,00	0,04	0,03	0,02	0,04	0,00	0,03	-0,01	0,08
σ	0,11	0,11	0,10	0,06	0,07	0,04	0,04	0,04	0,06	0,09	0,09	0,10	0,04

Tablica 4. Statistički podaci za mjesečne srednjake u Rovinju za razdoblje 1959. – 2001. (Ružić, 2003.)

Mjesec	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Godišnje
SV (m n. m.)	0,14	0,13	0,11	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,18	0,22	0,23	0,19	0,16
max (m n. m.)	0,36	0,33	0,35	0,28	0,25	0,24	0,24	0,24	0,28	0,38	0,41	0,39	0,22
min (m n. m.)	-0,07	-0,08	-0,07	0,06	0,03	0,06	0,08	0,10	0,10	0,07	0,06	0,02	0,11
σ	0,11	0,10	0,08	0,06	0,06	0,04	0,04	0,03	0,05	0,08	0,08	0,09	0,03

Srednja vrijednost morske razine u Bakru iznosi 0,14 m n. m., a u Rovinju 0,16. Odstupanja u Bakru su nešto veća.

Tablični prikazi osnovnih statističkih parametara maksimalnih mjesečnih i godišnjih razina mora Bakra i Rovinja za razdoblje od 1959. do 2001. godine prikazani su u Tablicama 5. i 6.

Tablica 5. Statistički podaci za mjesečne i godišnje maksimume u Bakru za razdoblje 1959. – 2001. (Ružić, 2003.)

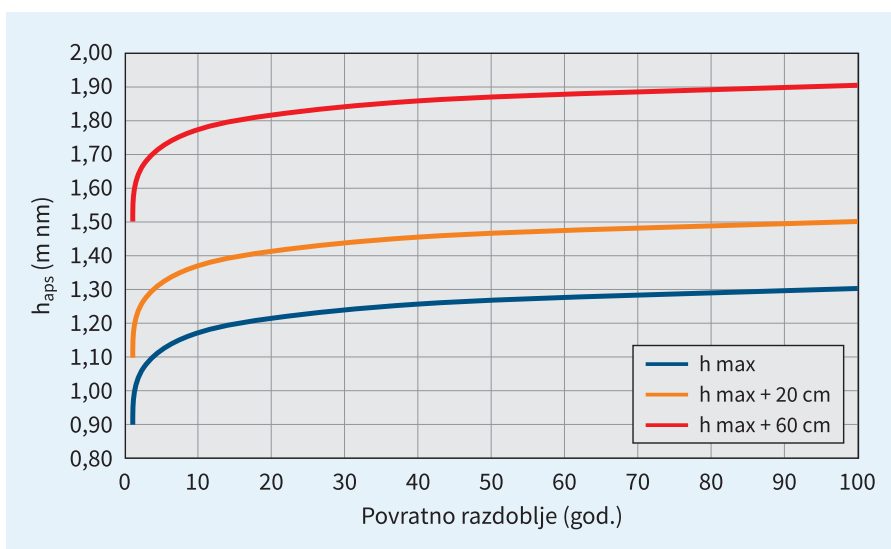
Mjesec	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Godišnje
SV (m n. m.)	0,74	0,70	0,65	0,66	0,67	0,65	0,60	0,60	0,62	0,77	0,86	0,89	1,04
max (m n. m.)	1,06	1,23	0,94	0,93	1,13	1,06	0,89	0,89	0,87	1,25	1,18	1,22	1,25
min (m n. m.)	0,29	0,31	0,36	0,42	0,45	0,40	0,41	0,38	0,34	0,41	0,48	0,57	0,87
σ	0,21	0,21	0,15	0,13	0,16	0,13	0,11	0,10	0,13	0,22	0,20	0,16	0,11

Tablica 6. Statistički podaci za mjesečne i godišnje maksimume u Rovinju za razdoblje 1959. – 2001. (Ružić, 2003.)

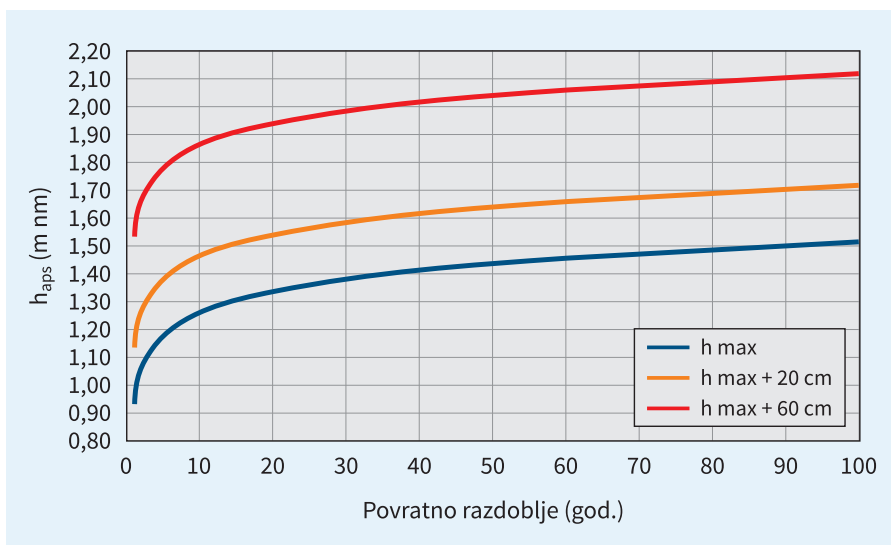
Mjesec	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Godišnje
SV (m n. m.)	0,79	0,77	0,73	0,73	0,73	0,70	0,66	0,65	0,73	0,86	0,93	0,94	1,09
max (m n. m.)	1,06	1,33	0,92	0,96	1,23	0,91	0,89	0,80	1,05	1,25	1,48	1,33	1,48
min (m n. m.)	0,39	0,50	0,54	0,56	0,58	0,59	0,50	0,52	0,56	0,57	0,62	0,66	0,84
σ	0,19	0,20	0,11	0,11	0,13	0,09	0,10	0,07	0,11	0,19	0,17	0,15	0,14

Za analizirano razdoblje u Rovinju je najveća zabilježena razina mora 1,48 m n. m. te standardno odstupanje iznosi 0,14 metara. Maksimum za Bakar je 1,25 m n. m., sa standardnim odstupanjem od 0,11 metara. Zabilježeni maksimum u Rovinju je 23 cm veći od bakarskog, što je dosta velika razlika za tako kratke udaljenosti. Razlog tome je mikrolokacija mareografa. Rovinj se nalazi na otvorenom moru sjeverozapadnog dijela Jadrana, koji karakteriziraju najveće razine na cijelom Jadranu pri puhanju juga zbog plićine tog dijela i velikog privjetrišta. Bakarski mareograf je u zatvorenom dubokom zaljevu.

Proračun maksimalnih razina mora za različita povratna razdoblja obavljen je na nizu maksimalnih godišnjih razina mora u Bakru i Rovinju za razdoblje od 1959. do 2001. godine. Rezultati su prikazani na Slikama 2. i 3. Na navedenim grafičkim prikazima dodane su i maksimalne razine u slučaju povećanja razine mora za 20 i 60 cm (prognozirani raspon minimalne i maksimalne vrijednosti povećanja morske razine za Sredozemlje do kraja 21. stoljeća).



Slika 2. Prognoze učestalosti pojave maksimalne razine mora u Bakru (Ružić, 2003.)



Slika 3. Prognoze učestalosti pojave maksimalne razine mora u Rovinju (Ružić, 2003.)

2.4.2. Salinitet i temperatura

Utjecaj dotoka slatke vode u akvatorijima Kvarnera je vrlo značajan. To se posebno odnosi na Riječki zaljev, Vinodolski kanal i Velebitski kanal. Dotok slatke vode u more uzrok je izraženih gradijenata u salinitetu i temperaturi između sjevernog i južnog dijela akvatorija PGŽ-a. Utjecaj dotoka slatke vode u tom je području vrlo promjenjiv i najizraženiji je u sjevernom dijelu Riječkog zaljeva, dok su varijacije u ostalim dijelovima Riječkog zaljeva, uključivo Srednja vrata i Vela vrata, manje izražene. Ispod površine mora, a posebno u pridnenim slojevima, varijacije saliniteta su značajno niže. Sudeći prema novijim saznanjima, koja su potkrijepljena analizama satelitskih snimaka u infracrvenom dijelu spektra, istjecanje slatkih voda u more na obalama i u podmorju je znatno izraženije nego što pokazuju postojeći podaci.

Stratifikacija vodenog stupca mora u sjevernom Jadranu razvija se u travnju, maksimum stabilnosti dostiže se u kolovozu, nakon čega slijedi proces postupnog miješanja u listopadu, kao rezultat konvekcijskog miješanja i utjecaja vjetra. Zimi i u jesen stratifikacija se uspostavlja samo povremeno i ograničena je na površinske slojeve. U tim razdobljima na stratifikaciju dominantno utječe dotok slatke vode u akvatorij.

Površinska temperatura mora u Riječkom zaljevu je najniža u veljači i ožujku, a maksimum je u kolovozu. Zagrijavanje dubljih slojeva, koji su od površinskih odvojeni piknoklinskim slojem, započinje sa zakašnjenjem (srpanj/kolovoz), a maksimum se zbiva u listopadu.

2.4.3. Morski valovi

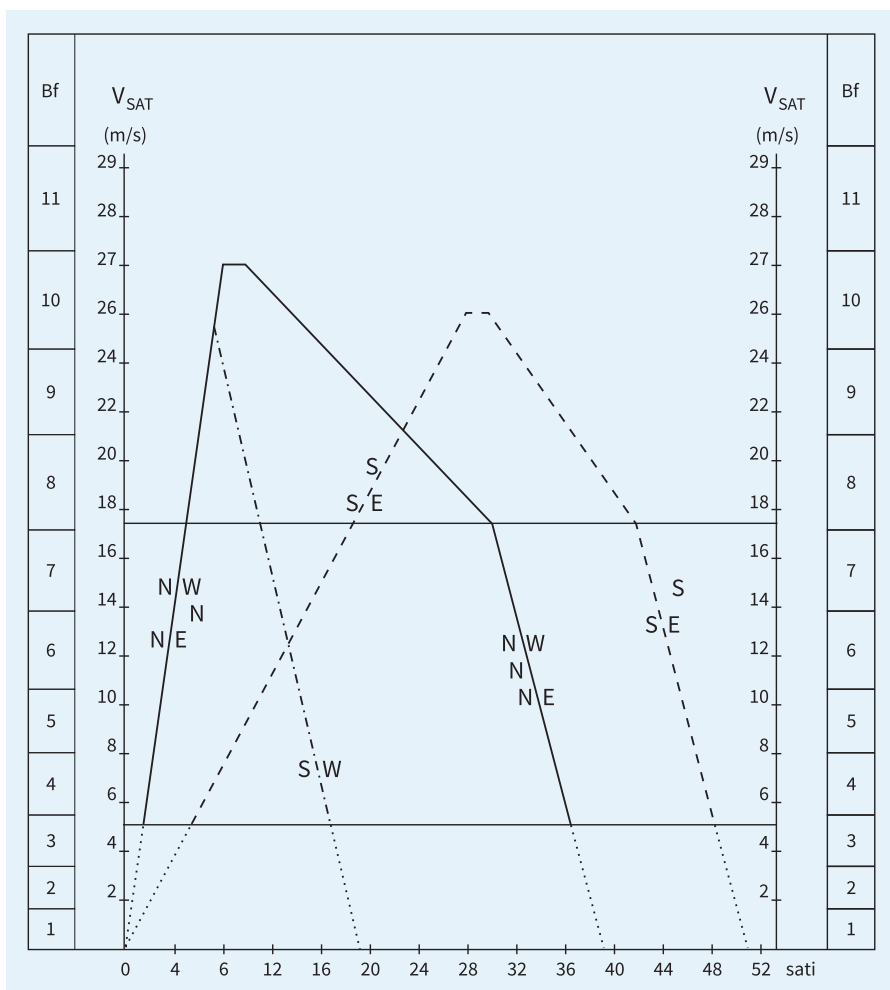
Valna klima determinirana je vjetrovima (smjerom, trajanjem i intenzitetom) i razvijenom morfologijom obale i podmorja, a ima sljedeće karakteristike: mirno more je češće u proljeće i ljeto; srednje i maksimalne visine valova u zimskom razdoblju (0,6 – 1,25 m, odnosno 1,5 – 3,5 m) su više od odgovarajućih proljetnih i ljetnih vrijednosti (0,4 – 0,9 m, odnosno 1,0 – 1,25 m). Najčešći su valovi iz smjera sjeveroistoka (bura), a slijede valovi iz smjera jugoistoka (jugo), koji su ujedno i najviši. Valovi iz smjera zapada i jugozapada su relativno rijetki, ali mogu biti mjerodavni za dimenzioniranje pomorskih građevina. Na sjevernim obalama Cresa javlja se maksimalna visina vala do 3 m, na otvorenom moru Kvarnera i do 6 metara. Najveći valovi zabilježeni su na otvorenom moru sjevernog Jadrana, 31. 1. 1986. godine, a njihovi parametri su: $H_{\max} = 10,8$ m, $H_s = 6,0$ m, $T_{sr} = 8,5$ s.

Podaci o vjetrovima bitan su element prostornog planiranja i projektiranja u priobalju. Pojavljivanje, smjer, brzina i trajanje vjetra na Jadranskom moru relativno su dobro izučeni na osnovi sustavnoga višegodišnjeg mjerenja.

U Primorsko-goranskoj županiji vjetar se mjeri u glavnim meteorološkim postajama: Kozala (Rijeka), Mali Lošinj i Rab. Zbog prognoze generiranja valova u akvatoriju Županije, potrebni su i podaci o mjerenjima vjetra u glavnim meteorološkim postajama Pula i Senj. Vjetar se mjeri i na meteorološkoj postaji Omišalj – aerodrom, brodogradilištu Viktor Lenac Rijeka, Krčkom mostu, mostu na Rječini (obilaznica), a na obradu se također šalju nizovi podataka iz drugih izvora DHMZ-a.

Za potrebe planiranja većih prostornih cjelina skupljaju se podaci iz pristupačnih publikacija, s naglaskom na jake, olujne i orkanske vjetrove. Za radove u krupnijem mjerilu, posebno na izloženim lokacijama i za složenije projekte, potrebno je naručiti vjetrovalnu klimu.

Za opterećenje konstrukcija i vezivanja brodova potrebni su podaci o maksimalnom (jednominutnom) vjetru, dok je maksimalna srednja satna brzina relevantna za prognozu valova (Slika 4.).



Slika 4. Standardni hod srednjih satnih brzina olujnih vjetrova na Jadranu (Tabain, 1997.)

Kod projektiranja u pomorskom graditeljstvu potrebno je odrediti projektni val. To je bitan parametar s obzirom na mehaničku otpornost i stabilnost obalnih građevina i njihovu funkcionalnost koja se najčešće odnosi na agitaciju lučkog bazena i prelijevanje građevina, a usko je vezana za želje investitora, odnosno način uporabe građevine. Projektni val određuje se za uvjete dubokog mora gdje je dubina mora veća od pola dužine vala.

Na Jadranu postoji spektar raznih vrsta površinskih valova, a za opterećenje priobalnih građevina najznačajniji su vjetrovni valovi. S obzirom na to da su pomorske građevine, poput lukobrana i operativnih obala u pravilu složeni, veliki i skupi zahvati, potrebno je što preciznije odrediti parametre projektnog vala kako bi se njihovom projektiranju moglo pristupiti na siguran i racionalan način. Mjerenje valova u kombinaciji s analizom dugoročnih podataka s reprezentativnih meteoroloških postaja daje najpouzdanije podatke o mjerodavnim valovima. Međutim, dugoročna i reprezentativna mjerenja valova na području PGŽ-a do sada su bila rijetka i uglavnom su se provodila na određenim lokalitetima, bez analiza primjenjivih na čitavo područje. Najveći je broj mjerenja proveden u sklopu izrada studija utjecaja zahvata na okoliš, ali ta su mjerenja uglavnom kratkotrajna zbog ograničenih sredstava. Nedovoljan je broj istraživanja u odnosu na važnost kvarnerskog područja.

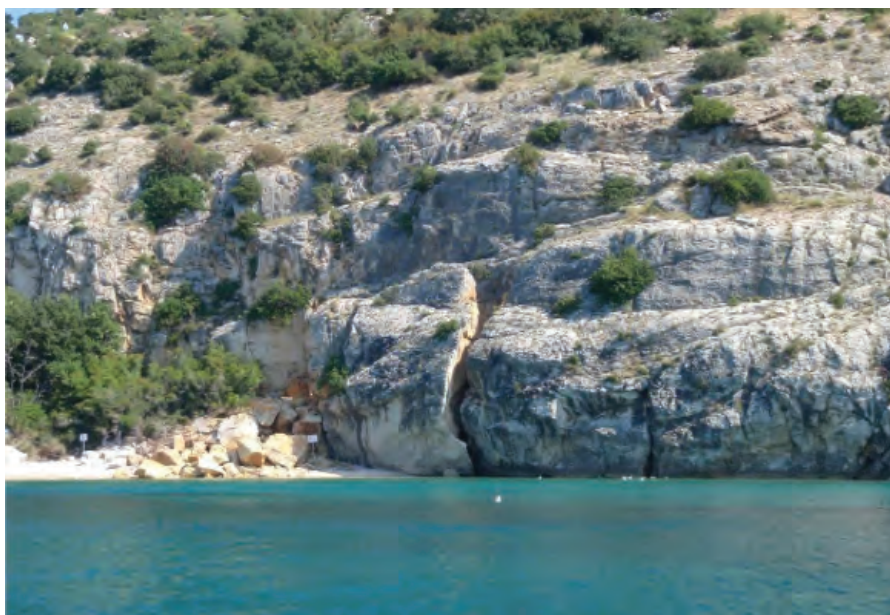
U nedostatku mjerenja, uobičajeno se za sve razine projektiranja izrađuje *prognoza vjetrovnih valova* na osnovi podataka o dužini privjetrišta, jačini i trajanju vjetrova za značajne smjerove. Izračun teoretske značajne valne visine radi se po SMB i Gröen-Dorrenstein eksperimentalno-teoretskim metodama, s tim da po drugoj metodi praksa pokazuje bolje rezultate proračuna za kraća privjetrišta i jake vjetrove (karakteristično za PGŽ). U svijetu se prognoziranja visine vala većinom provode korištenjem numeričkih modela. Postoji više vrsta modela kojima se prognoziraju valovi na regionalnoj i globalnoj skali. Numerička simulacija valovanja za potrebe ovoga projekta provedena je korištenjem numeričkog modela SWAN (Booij i dr., 1999.), a na temelju digitalnog modela podmorja Kvarnera na Slici 1., dobivenog interpolacijom digitaliziranih izobata topografske karte mjerila 1 : 25.000.

Kratkoročna i dugoročna prognoza parametara vjetrenih valova izrađuje se za više statističkih visina valova ($H_{1/3}$, $H_{1/10}$, $H_{1/100}$, H_M). Mjerodavne projektne veličine određene vjerojatnosti pojave ovise o tipu, namjeni i značenju građevine, kao i o štetama koje mogu nastati u slučaju gubitka njezine funkcionalnosti (šteta na samoj obalnoj građevini i šteta na građevinama i površinama koje su njome štćene). Ovisno o vrsti pomorske građevine (npr. plaža, nasuti lukobran, kruta fiksna konstrukcija), odabire se jedna od statističkih visina vala u povratnom razdoblju njezine eksploatacije. Za lučke i zaljevske bazene potrebna je i provjera vlastitih slobodnih oscilacija volumena vode.

3. ZABILJEŽENA RANJIVOST OBALNOG PODRUČJA PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE

U ovom je poglavlju dan pregled karakterističnih nepovoljnih događaja u obalnom području Primorsko-goranske županije, poput obalnog plavljenja, odrona, erozije obale i žala. Na konkretnim je primjerima opisana ranjivost obalnog područja koja će se intenzivirati očekivanim podizanjem razine mora i jačanjem nepovoljnih vremenskih događaja.

O opasnosti odrona stijena u obalnom području najbolje svjedoči tragičan događaj iz ljeta 2009. godine kada je došlo do odrona kamenja na području naselja Stara Baška (Slika 5.). Do odrona je došlo tijekom ljeta, kada nema intenzivnih oborina i djelovanja valova, uobičajenih pokretača takvih događaja. Pretpostavlja se da su na već nestabilnoj stijenskoj masi odron izazvala termička naprezanja i/ili opterećenja izazvana prometom.



Slika 5. Odron stijene u naselju Stara Baška 2009. godine

Opisani odron je prirodan proces na koji je vjerojatno antropogeni utjecaj minoran. Na ovom dijelu naselja nema gradnje i posljedice bi bile zanemarljive da nije došlo do ljudske žrtve, za što je pak vjerojatnost bila izrazito mala. Na području PGŽ-a takvi se odroni događaju relativno često, no bez posljedica jer su izvan naseljenih područja i nisu medijski popraćeni.

Primjer odrona uz obalnu liniju na otoku Cresu dan je na Slikama 6., 7. i 8.

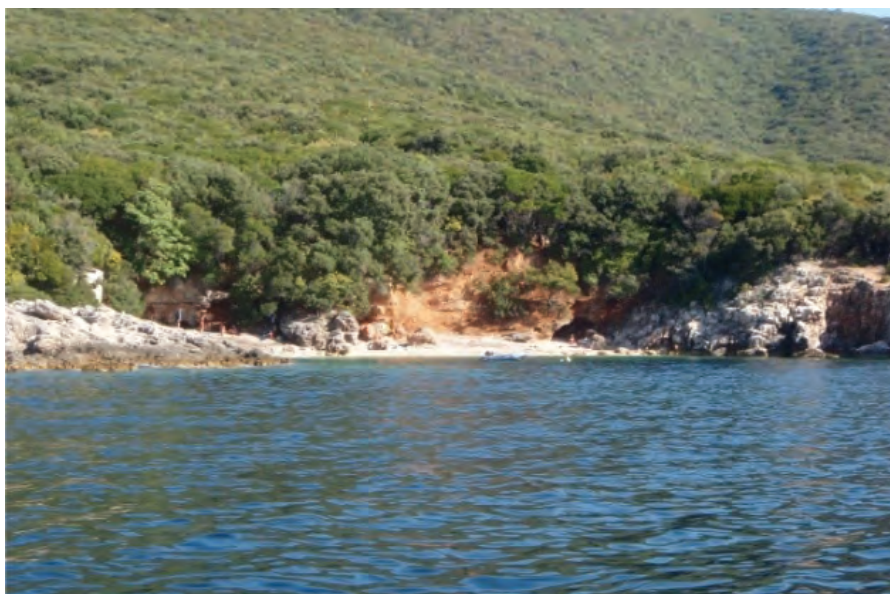
Slika 6. Područje osipanja i odrona stijene pokraj Lubenica na otoku Cresu



Slika 7. Odron stijene na istočnoj obali otoka Cresa



Slika 8. Područje osipanja i odrona stijene između Lubenica i Martinšćice na otoku Cresu



Čitav niz je takvih primjera i na ostalim obalnim područjima PGŽ-a. Bitno je napomenuti da su to prirodni procesi i da je na većini takvih područja formirano žalo koje je nastalo i dohranjuje se upravo trošenjem stijenske mase. U slučaju izgradnje iznad takvih stijena u skoroj budućnosti bilo bi potrebno zaustaviti odrone, odnosno trošenje stijenske mase. To bi pak dugoročno bilo pogubno za održivost žala, ukoliko je formirano u podnožju odrona.

Nažalost, takav loš primjer je uvala Havišće na području grada Crikvenice. Na Slici 9. prikazan je ortofoto uvale prije 1968. i 2018. godine. Na novijoj snimci, kao i na Slici 10. jasno se vidi novija izgradnja na istočnoj strani uvale, na samoj litici sastavljenoj od stijena loših geotehničkih parametara.



Slika 9. Uvala Havišće prije 1968. i 2018. godine (<https://geoportal.dgu.hr/>)

Slika 10. Građevine na istočnom dijelu uvale Havišće (2015. godina)



Na stalne manje odrone stijene nije se reagiralo do 2015. godine kada je došlo do većeg odrona stijenske mase (Slika 11.), nakon čega se pristupilo projektiranju i sanaciji pokosa (Slika 12.).

Slika 11. Prije i nakon odrona 2015. godine u uvali Havišće



Slika 12. Sanacija pokosa u uvali Havišće



Sanacija nije bila jeftina ni jednostavna, sva je mehanizacija morala doći preko mora, na pontonu, jer ne postoji pristupni put. U slučaju da građevine nisu bile izgrađene, moglo se dopustiti nadzirano odranjanje stijenske mase relativno jeftinim i jednostavnim zahvatima.

Osim pokosa na istočnom dijelu uvale, problemi se javljaju i na središnjem dijelu (Slika 13.) gdje je vidljiva pojava puzanja naslaga na padini, što je moguća opasnost ako dođe do klizanja.



Slika 13. Središnji i zapadni (žalo) dio uvale Havišće

Međutim, podizanjem srednje morske razine i povećanjem intenziteta valova, nožice tih pokosa bit će dodatno erodirane, što može značajno smanjiti njihovu stabilnost (Slika 14.).



Slika 14. Uvala Havišće tijekom povišenih razina mora i valova slabog juga (2009. godina)

Zbog očekivanih klimatskih promjena doći će i do povećanja razine podzemnih voda, što će dovesti do dodatne destabilizacije pokosa. Cijelo područje uvale na taj način postaje izrazito ranjivo na klimatske promjene, s velikim rizikom za postojeće građevine. Na osnovi preliminarnih nepubliciranih istraživanja Građevinskog fakulteta u Rijeci, u kojima je uspostavljen model valovanja, analiziran granulometrijski sastav žala i izvršen geološki pregled terena i podmorja, uspostavljen je model dohrane žala koji je prikazan na Slici 15.



Slika 15. Model dohrane žala

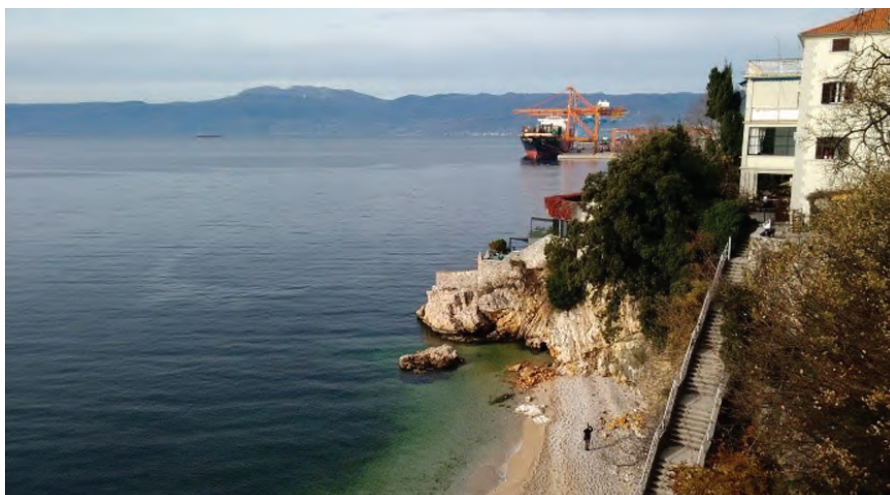
U uvali Havišće trebalo je osigurati prostor za povlačenje obalne linije i time osigurati da se obalni procesi prirodne dohrane žala mogu nesmetano nastaviti odvijati. Promjenom korištenja uvale (izgradnjom građevina), čime su ograničeni prirodni obalni procesi, troškovi održavanja same uvale vjerojatno će višestruko prijeći dobit od komunalnih doprinosa, a građevine, odnosno stanovnici, će i dalje biti izloženi velikom riziku.

U uvali Havišće značajno se narušio prirodni sustav zbog lošeg načina korištenja prostora. Primarno se prekinuo prirodni mehanizam dohrane žala zbog značajnog smanjenja erozije klifa, kao i prekida transporta sedimenata. Smanjenjem dohrane smanjilo se tijelo žala zbog prirodnog procesa abrazije sedimenata. Žalo samo po sebi je hidrodinamički stabilno, što je dokazano i pregledom podmorja kada nije ustanovljen gubitak sedimenata žala. Prije erozije tijelo žala štitilo je flišnu kosinu od nepovoljnog djelovanja valova. Erozijom žala došlo je i do erozije nožice nasipa pa je sagrađen obalni zid kako bi se zaštitilo osjetljivo područje iza njega. Međutim, zbog nestručnog rješenja zida, dodatno su se ubrzali nepovoljni procesi.

Antropogeni utjecaj koji se očituje kroz niz zahvata (građenja) izrazito je nepovoljno utjecao na ranjivost obalnog područja uvale Havišće. Neprimjerena gradnja već sada je izazvala velike troškove sanacije i održavanja pokosa, a oni će sigurno porasti zbog povećanja razine mora, intenziteta oborina i olujnih valovanja. Zato je bitno zabraniti buduću gradnju na ovako ranjivim područjima.

Sličan problem nastao je i u gradu Rijeci, na plaži Sabličevo na Pećinama. Tijelo žala formirano je i dohranjuje se odronom stijenske mase. Zbog izgrađenih građevina i prometnice taj je proces morao biti zaustavljen izgradnjom

potpornog zida i stabilizacijom pokosa. To je pak dovelo do značajnog smanjenja tijela žala u odnosu na razdoblje između dva svjetska rata (Slika 16.), odnosno prije 1968. godine (Slika 17.).



Slika 16. Plaža Sablićevo između dva svjetska rata (*gore*, Lokalpatrioti Rijeka, 2012.) i 2019. godine (*dolje*)



Slika 17. Plaža Sablićevo prije 1968. (*lijevo*) i 2011. godine (*desno*) (DGU, 2019.)

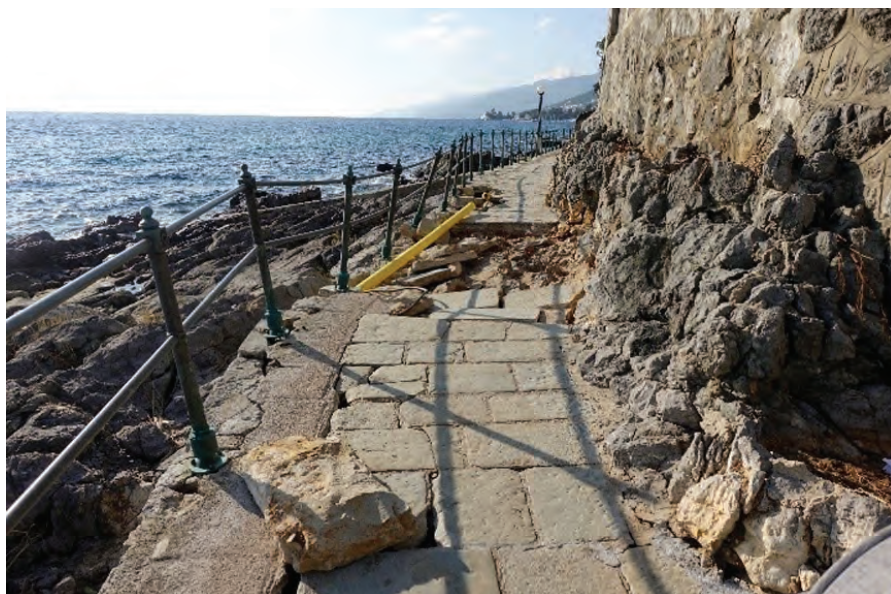
Trošenjem sedimenta žala smanjilo se njegovo tijelo pa su valovi dosegali sve do nožice pokosa, što je izazvalo odronjavanje stijenske mase.

U ovom slučaju radi se o urbaniziranom području izgrađenom prije više od jednog stoljeća. U takvim slučajevima preporučuje se redovita dohrana žala kako bi se održalo stabilno stanje žala i pokosa. Ovaj primjer prikazuje važnost očuvanja i održavanja tijela žala jer ono može adsorbirati veliki dio energije valova i time usporiti i zaustaviti odrone i trošenje stijena. Navedeno će naročito doći do izražaja očekivanim podizanjem razine mora.

Obalne šetnice su infrastruktura koja je već i sada ugrožena od djelovanja valova juga u kombinaciji s ekstremnim razinama mora (tzv. olujni uspori). Na Slici 18. prikazan je udar valova juga na obalnoj šetnici u Voloskom, što može predstavljati moguću ugrozu za ljude.



Slika 18. Djelovanje valova na šetnicu u Voloskom kod Opatije



Slika 19. Oštećenja šetnice između Voloskog i Opatije (2018.)

U studenom 2018. godine šetnica između Voloskog i Lovrana značajno je oštećena. Iako su obalne šetnice općenito građevine dobro uklopljene u morfologiju obale, značajna oštećenja vidljiva na Slici 19. rezultat su ekstremnih djelovanja mora, ali i stanja šetnice i zahvata na njoj – instalacija infrastrukture za osvjetljenje znatno je oslabila njezinu konstrukciju.

Zbog predviđenog povećanja opterećenja djelovanja valova, preporučuje se sustavan pristup prilikom sanacija i/ili radova na obalnim šetnicama kojima bi se povećala otpornost konstrukcije na djelovanje valova. Pod time se podrazumijeva pojačanje konstrukcije pločnika i obalnog zida te izrada/rekonstrukcija sustava evakuacije zaobalnih voda na obalnim i potpornim zidovima.

Na Slici 20. prikazano je oštećenje obalne šetnice u kampu Čikat, na području Grada Malog Lošinja, gdje je do oštećenja došlo zbog lošeg stanja konstrukcije.



Slika 20. Oštećenje obalne šetnice u kampu Čikat, na području Grada Malog Lošinja (2019.)

Važnost žala za očuvanje obalne infrastrukture od nepovoljnog djelovanja valova dokazana je na primjeru u mjestu Baška, gdje je uz Ulicu Palada, u sklopu sanacije obalnog zida, formiran niz minijaturnih žala (Slika 21.).

Formiranjem žala ostvarila se trajna zaštita obalnog zida Ulice Palada, koji je prije toga više puta bio bezuspješno saniran (Capić, 2005.). Formirana žala povoljno će djelovati i na buduća valovanja u kombinaciji s podizanjem razine mora zbog postupne adsorpcije energije djelovanja valova. Žala smanjuju i refleksiju valova, čime se smanjuje prelijevanje i agitacija valova



Slika 21. Žala uz Ulicu Palada (2015.)



Slika 22. Šteta na plaži i objektima u Crikvenici (2018.)

u lučkom akvatoriju. U Baški su umjetna žala formirana na povoljnom području gdje je akvatorij plitak, a djelovanje valova nije ekstremno. Žalo je pri tome anuliralo nepovoljan učinak vertikalnog zida na refleksiju valova.

Međutim, nestručno izvedena umjetna žala na nepovoljnim područjima veoma su ranjiva na predviđena povećanja razine mora i djelovanja valova. U takvim slučajevima ekstremno jugo izaziva značajnija oštećenja ili eroziju. Primjer štete koju mogu uzrokovati valovi generirani jakim jugom, u kombinaciji s ekstremnom razinom mora, zabilježen je u listopadu 2018. godine na plaži u Crikvenici, a oštećenja žala i građevina na plaži prikazana su na Slici 22.

Prirodna žala u pravilu su manje ranjiva na očekivane nepovoljne promjene, ako se ne poremeti sustav dohrane žala. Osim trošenjem stijena na obali,

žalo se može formirati i na ušćima bujičnih vodotoka. Bujice pronose nanos koji tvori tijelo žala, stoga je bitno da se prije zahvata na dijelovima tih tokova, koji se nalaze dalje od obale, ispituju eventualne posljedice i na obalne procese.

Primjer takvog prekida donosa sedimenta bujičnim vodotokom je u Mošćeničkoj Dragi, gdje je žalo Sipar formirano akumulacijom sedimenta bujice Mošćenička Draga. Bujica je regulirana na način da je prekinut donos sedimenta: 1993. godine izgrađena je prva pregrada za zadržavanje nanosa ($V = 1.150 \text{ m}^3$). Ona je 1999. zatrpana, a tri godine kasnije izgrađena je druga ($V = 750 \text{ m}^3$) koja je također zatrpana 2011. godine (Slika 23.).

Na ušću bujice Mošćenička Draga formiralo se žalo 2011. godine koje je odvojeno perom od žala Sipar (Slika 24.).



Slika 23. Pregrada za zadržavanje nanosa na bujici Mošćenička Draga 2004. (*lijevo*) i 2011. (*desno*)



Slika 24. Žalo na ušću bujice Mošćenička Draga formirano 2011. godine

Općina Mošćenička Draga uložila je znatna sredstva u dohranu žala Sipar tijekom posljednjih 30-ak godina radi održavanja tijela žala u izvornom stanju. Dodatno su izgrađena dva pera kako bi se smanjio gubitak sedimenata, dok je istodobno izgrađena regulacija vodotoka koja je zaustavila prirodni sustav dohrane žala. Da nije provedena sustavna umjetna dohrana žala, obalno područje Mošćeničke Drage postalo bi veoma ranjivo na djelovanje valova i visokih razina mora i vjerojatno bi došlo do učestalog plavljenja i oštećenja građevina u blizini žala. Zbog toga je potrebno provesti sustavnu analizu postojećih regulacija bujičnih vodotoka s aspekta propagacije bujičnog nanosa, a izgradnju novih regulacija vodotoka zabraniti ili projektirati i izvesti sukladno današnjim trendovima kako bi se omogućio pronos bujičnog nanosa do žala.

Očekivanim promjenama razina mora i valovanja posebno će biti ugrožena priobalna naseljena područja, jer već sada dolazi do sve češćih plavljenja priobalnih naselja u PGŽ-u. Na sljedećim slikama prikazani su primjeri plavljenja gradova Raba, Rijeke, Cresa i Malog Lošinja.



Slika 25. Plavljenje grada Raba (www.rabdanas.com, 2019.)



Slika 26. Plavljenje grada Rijeke (tportal.hr, 2010.)



Slika 27. Plavljenje grada Cresa (Novi list, 2020.)



Slika 28. Plavljenje grada Cresa (Novi list, 2020.)

Očekivanim podizanjem razine mora situacija će se dodatno pogoršati, zbog čega se ne preporučuje širenje postojećih ili formiranje novih građevinskih područja na površinama koje mogu biti poplavljene.

U Bakarcu i Novom Vinodolskom u više je navrata poplavljena državna cesta D8 (Jadranska magistrala, Slika 29.).



Slika 29. Plavljenje obale u Novom Vinodolskom

Budući da će povećanjem razina mora sve učestalije dolaziti do plavljenja prometnica u obalnom području, potrebno je već sada planski pristupiti eventualnim sanacijama, pri čemu će se prilikom projektiranja uzeti u obzir predviđeno povećanje razine mora.

4. PREGLED PROVEDENIH DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju pružen je pregled meritornih istraživanja obalne ranjivosti na Jadranu, Sredozemlju i globalno.

Prvi metodološki korak u procjeni CVI-ja odnosi se na definiciju ključnih varijabli koje predstavljaju procese koji utječu na obalnu ranjivost (Gornitz i dr., 1991.). Broj i tipologija ključnih varijabli mogu se modificirati u skladu s karakteristikama područja istraživanja, ali općenito formulacija CVI-ja uključuje 6 ili 7 varijabli (ETC CCA, 2011.).

Drugi se korak bavi analizom i kvantifikacijom ključnih varijabli. Iako za ovaj korak mogu biti dostupne razne metodologije, kvantifikacija se općenito temelji na definiciji polukvantitativnih rezultata prema skali 1 – 5 (Gornitz, 1991.; Özyurt i Ergin, 2010.; Thieler i Hammar-Klose, 1999.): 1 ukazuje na nizak utjecaj na ranjivost obale za proučavano područje, dok 5 ukazuje na visok utjecaj.

Treći korak uključuje integraciju ključnih varijabli u jedan indeks. Gornitz i White (1992.) i Gornitz i dr. (1997.) predložili su i testirali (u smislu analize osjetljivosti) različite formule (uzimajući u obzir 7 ključnih varijabli) za izvođenje konačnog CVI-ja:

Srednja vrijednost
produkta

$$CVI_1 = \frac{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \cdot \dots \cdot x_n}{n}$$

Prilagođena srednja
vrijednost produkta

$$CVI_2 = \frac{x_1 \cdot x_2 \cdot 0,5(x_3 \cdot x_4) \cdot x_5 \cdot 0,5(x_6 \cdot x_7)}{n - 2}$$

Prosječni zbroj kvadrata

$$CVI_3 = \frac{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + \dots + x_n^2}{n}$$

Prilagođena srednja
vrijednost produkta (2)

$$CVI_4 = \frac{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \cdot \dots \cdot x_n}{5^{(n-4)}}$$

Kvadratni korijen srednje
vrijednosti produkta

$$CVI_5 = \sqrt{CVI_1}$$

Faktorizirani zbroj

$$CVI_6 = 4x_1 + 4x_2 + 2(x_3 + x_4) + 4x_5 + 2(x_6 + x_7)$$

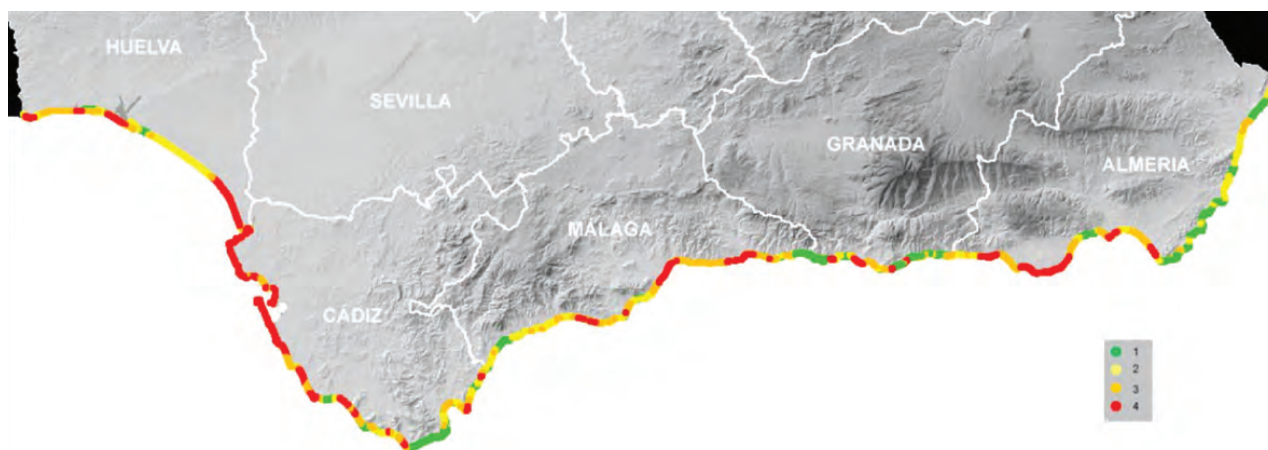
gdje je: n = broj varijabli; x_1 = srednja visina; x_2 = lokalni trend slijeganja tla; x_3 = geologija; x_4 = reljef; x_5 = prosječno premještanje obalne linije; x_6 = najveća valna visina; x_7 = srednji doseg plime.

Rezultati istraživanja CVI-ja najčešće se prikazuju na kartama kako bi se istaknula područja u kojima pojedini i zbirni čimbenici CVI-ja potencijalno ugrožavaju obalnu liniju (Gutierrez i dr., 2009.).

Formulacija CVI-ja zasnovana na kvadratnom korijenu srednje vrijednosti produkta (CVI_s) najčešće se koristi na lokalnoj, regionalnoj i nacionalnoj razini. Američka geološka služba (USGS) koristila je ovu formulaciju za procjenu potencijalne ranjivosti američke obale na nacionalnoj razini (Thieler i Hammar-Klose, 1999.) te na detaljnijoj razini područja nacionalnih parkova SAD-a (Thieler, 2002.). USGS je posebno uzeo u obzir šest varijabli kombiniranih u sljedećoj jednadžbi:

$$CVI = \sqrt{\frac{a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e \cdot f}{6}}$$

gdje je: a = reljef; b = promjene obale; c = obalni nagib; d = relativna brzina porasta razine mora; e = srednja značajna visina vala; f = srednji plimni raspon.



Slika 30. Karta ranjivosti obale Andaluzije – GIS prikaz, (Ojeda-Zújar i dr., 2009.)

Istovjetna formulacija CVI-ja primijenjena je na obalu Andaluzije duljine oko 800 kilometara (Ojeda Zújar i dr., 2009.). Rezultati analize kartirani su u Geografskom informacijskom sustavu (GIS sustavu) (Slika 30.), čime je omogućena identifikacija najugroženijih područja u finim (po mišljenju autora studije) prostornim razmjerima dužine ćelije 200 metara. U kasnijim analizama toga obalnog područja neki su parametri zamijenjeni pa je tako parametar obalnog nagiba (varijabla c u gornjoj formuli) zamijenjen „topografskim indeksom“ koji izražava prosječnu vrijednost sljedeće tri varijable: srednja visina, srednji nagib i područje prodiranja u unutrašnjost (Fraile Jurado, 2011.).

Većina je autora prilagodila CVI određenom obalnom području ili regiji, mijenjajući ne samo broj, već i tipologiju ključnih varijabli. Na primjer, Abuodha

i Woodroffe (2006.) primijenili su analizu CVI-ja na plažama u Australiji, te je CVI prilagođen u tu svrhu:

$$CVI = \sqrt{\frac{a1 \cdot a2 \cdot a3 \cdot a4 \cdot a5 \cdot a6 \cdot a7}{7}}$$

gdje je: $a1$ = visina dine; $a2$ = tip barijere; $a3$ = vrsta plaže; $a4$ = relativna promjena razine mora; $a5$ = erozija ili nakupina obale; $a6$ = srednji raspon oseke; $a7$ = srednja visina vala.

Prve tri varijable ($a1$, $a2$, $a3$) zamjenjuju varijable a i c (reljef, odnosno obalni nagib) koje su definirali Thieler i Hammar-Klose (1999.). Autori smatraju da su „visina dina“, „tip barijere“ i „tip plaže“ reprezentativni parametri za australsku obalu i analiziranu lokalnu ranjivost istraživanog područja (Abuodha i Woodroffe, 2006.).

U odnosu na RH, u EU-u i svijetu istraživanja ranjivosti obalnog područja provode se često i redovito. Predviđene klimatske promjene samo su intenzivirale njihovu provedbu. U daljnjem tekstu dan je pregled nekih od tih istraživanja, čiji su rezultati usporedivi s istraživanjima provedenima u ovom elaboratu.

Prigodom istraživanja obalne ranjivosti talijanske obale regije Apuglia (Pantusa i dr., 2018.), uz šest varijabli koje su prethodno opisane, predložene su četiri nove varijable:

- širina plaže
- širina dina
- širina vegetacije iza plaže i
- prisutnost morske cvjetnice posidonije – *Posidonia oceanica* (dalje u tekstu posidonija).

Nove predložene varijable reprezentativne su za sredozemnu obalu, kako navode autori, i omogućuju procjenu „prirodnih sustava“ da postupno dissipiraju valnu energiju. Sustavi pješčanih dina s plažom predstavljaju prirodnu barijeru koja štiti obalna područja od poplava zbog olujnih uspora i djelovanja valova. Povoljne učinke za zaštitu obale od erozije izazvane djelovanjem valova imaju široke plaže i prisutnost posidonije.

Deset definiranih varijabli za procjenu CVI-ja podijeljeno je u tri tipološke skupine u odnosu na:

- geologiju
- fizikalne procese i
- vegetaciju.

Geološke varijable:

- *reljef obale*; posljedica je relativne erodibilnosti različitih tipova obala i temeljen je na informacijama o prostornoj raspodjeli vrsta reljefa i njihovoj stabilnosti
- *obalni nagib*; pokazatelj je relativne osjetljivosti na poplavu i potencijalne brzine povlačenja obale
- *stupnjevi erozije/prirasta obale*; omogućavaju procjenu stanja erozije ili prirasta
- *širina žala*; varijabla je koja se odnosi na sposobnost rasipanja energije valova; šire žalo ima veću sposobnost rasipanja energije valova i stoga smanjenja utjecaja ekstremnih događaja (npr. olujnih uspora)
- *širina dina*; predstavlja važnu varijablu za očuvanje obalnog područja, povećavajući njegovu elastičnost; dine mogu smanjiti rizik od erozije jer su rezerva sedimenta i mogu smanjiti rizik poplave zaleđa.

Varijable fizikalnih procesa:

- *relativna promjena razine mora definirana iz zapisa o razini mora na svakoj mjernoj postaji uz obalu*; ova varijabla uključuje i glacioeustatski porast razine mora, kao i regionalni porast razine mora zbog izostatskih i tektonskih prilagodbi površine kopna
- *srednja značajna visina valova*; predstavlja potencijal za eroziju obale, koja je izravno povezana s energijom olujnih valova; visina valova mora biti iznad određenog praga (što ovisi o lokalnim uvjetima) kako bi izazvala eroziju
- *amplituda plime i oseke*; povezana je sa stalnom i povremenom opasnošću od poplave.

Varijable vegetacije:

- *Širina vegetacije* iza plaže je varijabla povezana s ranjivošću na olujne događaje. Prisutnost vegetacije povoljno djeluje na smanjenje erozije u slučaju ekstremnih događaja.
- *Posidonija* je endem sredozemnog bazena, koji oblikuje proširene livade uzduž obala na dubinama 0 – 40 m u čistim vodama. Više studija pokazalo je njezin povoljan utjecaj na dinamiku obalnih sedimenata. Posidonija kolonizira najčešće pješčana dna, rijetko i stjenovita, ali je odsutna u područjima taloženja jako sitnih sedimenata, poput ušća obalnih rijeka, s obzirom na visoku stopu zamućenja koja uzrokuje smanjenje prodora svjetlosti. Recentni znanstveni radovi potvrdili su da posidonija čini ključno obalno stanište koje ima važnu ulogu u fizičkoj ravnoteži velikog dijela sredozemnih obala.

Analizirani dio talijanske obale podijeljen je na niz sektora (profila presjeka plaže) širine 0,5 kilometara. Varijable se rangiraju na linearnoj ljestvici 1 – 5 po redoslijedu povećanja ranjivosti. CVI se dobiva kvadratnim korijenom umnoška ocjena ranjivosti dodijeljenih pojedinoj varijabli, podijeljenim s ukupnim brojem varijabli:

$$CVI = \sqrt{\frac{a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e \cdot f \cdot g \cdot h \cdot i \cdot l}{10}}$$

gdje su a = reljef; b = obalni nagib; c = brzine erozije/prirasta obale; d = nova širina plaže; e = širina dine; f = relativna promjena razine mora; g = srednja značajna visina valova; h = srednji opseg plime i oseke; i = širina vegetacije iza plaže; l = prisutnost posidonije.

CVI vrijednosti klasificirane su u pet različitih kategorija – veoma niska, niska, umjerena, visoka i veoma visoka ranjivost (Tablica 7.), a dobivene vrijednosti za analizirane segmente prikazane su i kartom ranjivosti na Slici 31.

Tablica 7. Definicija varijabli obalne ranjivosti, Apuglia, Italija (Pantusa i dr., 2018.)

Tip varijable	Varijabla	Rezultat				
		Veoma niska (1)	Niska (2)	Umjerena (3)	Visoka (4)	Veoma visoka (5)
Geološke	Reljef	Stjenovite obale, klifovi	Srednji klifovi, razvedene obale	Niski klifovi, aluvijalne doline	Šljunčane plaže, estuariji, lagune	Pješčane plaže, naplavine mulja, delte, koraljni grebeni
	Obalni nagib (%)	> 12	8 – 12	4 – 8	2 – 4	< 2
	Erozija/prirast obale (m/god.)	> (+1,5)	(+1,5) – (+0,5)	(-0,5) – (+0,5)	(-0,5) – (-1,5)	< (-1,5)
	Širina žala (m)	> 100	50 – 100	25 – 50	10 – 25	< 10
	Širina dina (m)	> 100	75 – 100	50 – 75	25 – 50	< 25
Fizikalni procesi	Relativni porast MR (mm/god.)	< 1,8	1,8 – 2,5	2,5 – 3,0	3,0 – 3,4	> 3,4
	Srednja značajna valna visina (m)	< 0,3	0,3 – 0,6	0,6 – 0,9	0,9 – 1,2	> 1,2
	Srednji doseg plime (m)	> 0,8	0,6 – 0,8	0,4 – 0,6	0,2 – 0,4	< 0,2
Vegetacija	Širina vegetacije iza žala (m)	> 400	200 – 400	100 – 200	50 – 100	< 50
	<i>Posidonia oceanica</i> (prisutna/odsutna)	Prisutna				Odsutna



Slika 31. Prikaz rezultata analize obalne ranjivosti (CVI); Apuglia, Italija (Pantusa i dr., 2018.)

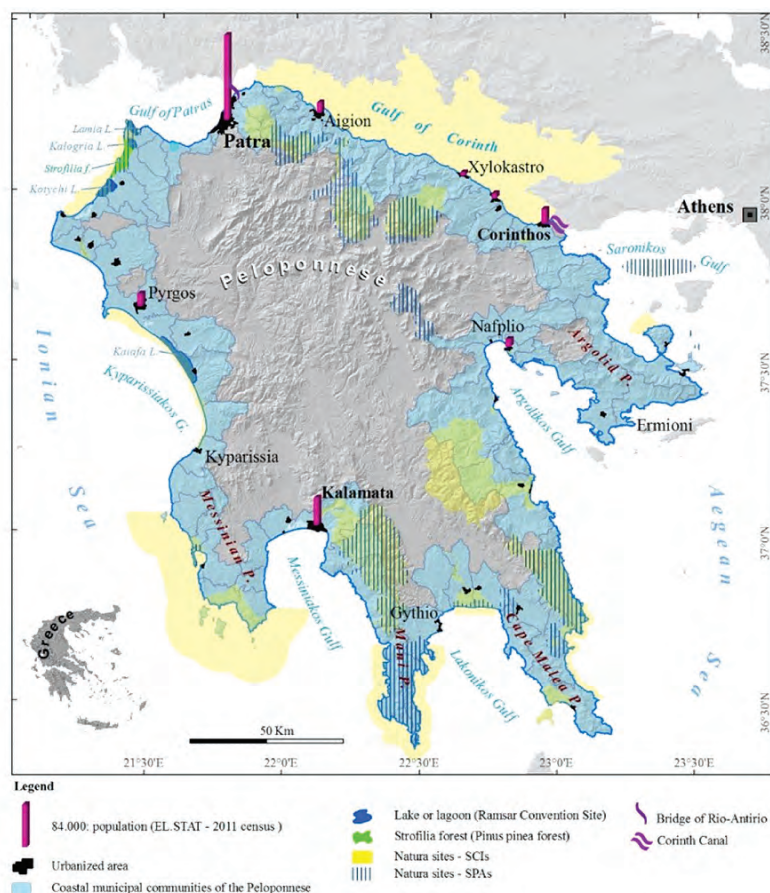
Na sjevernom Jadranu provedena su istraživanja obalnog rizika u odnosu na predviđene klimatske promjene i njihove posljedice na regionalnoj skali, u radu *Assessment of coastal vulnerability to climate change hazards at the regional scale: the case study of the North Adriatic Sea* (Torresan i dr., 2012.).

Metodologija za procjenu obalne ranjivosti i osjetljivosti na utjecaje klimatskih promjena na regionalnoj razini temelji se na kvalitativnim i kvantitativnim prostornim atributima, predstavljajući ekološke i socioekonomske pokazatelje ranjivosti u odnosu na klimatske promjene. Metoda se temelji na višekriterijskoj analizi (MCDA) koja uključuje više tehnika za procjenu i rangiranje različitih mogućnosti, uzimajući u obzir sve relevantne aspekte problema.

Na grčkom poluotoku Peloponezu provedena su istraživanja obalne ranjivosti i osjetljivosti (Tragaki i dr., 2018.). Osim na geomorfološkim i oceanografskim, temeljila su se i na sociološkim parametrima.

Obale poluotoka Peloponeza izrazito su razvedene, kao i obale PGŽ-a i RH.

Slika 32. prikazuje osnovne parametre obale poput naseljenosti, pozicije nacionalnih parkova, geološke građe i sl.



Slika 32. Pregledna karta poluotoka Peloponeza (Tragaki i dr., 2018.)

Cilj je studije procjena ukupne ranjivosti (fizičke i socijalne) poluotoka Peloponeza na obalnu eroziju i poplave uzrokovane opasnostima povezanim s klimatskim promjenama. Procjena se temelji na izračunu indeksa obalne ranjivosti, CVI-ja i indeksa socijalne ugroženosti, SVI-ja (engl. *Social Vulnerability Index*). Korištenje kvantitativno izvedenog indeksa socijalne ranjivosti važno je jer metoda pruža koristan alat za usporedbu prostorne varijabilnosti socijalne ranjivosti pomoću jedne vrijednosti izvedene iz višekriterijskih karakteristika. SVI se može povezati (statistički i prostorno) s više fizički utemeljenih indeksa pri izračunavanju ukupne ranjivosti određenog mjesta. Ovaj indeks ne samo da značajno pridonosi metodama i mjernim podacima koji se koriste u znanosti o ranjivosti, već također pruža važne informacije za prostorno planiranje, a i za hitne službe.

CVI je formiran na osnovi analize šest uobičajenih varijabli:

$$CVI = \sqrt{\frac{a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e \cdot f}{6}}$$

gdje su: a = reljef; b = brzina erozije/prirasta obale; c = obalni nagib; d = relativna brzina porasta razine mora; e = srednja značajna visina valova; f = srednji opseg plime i oseke

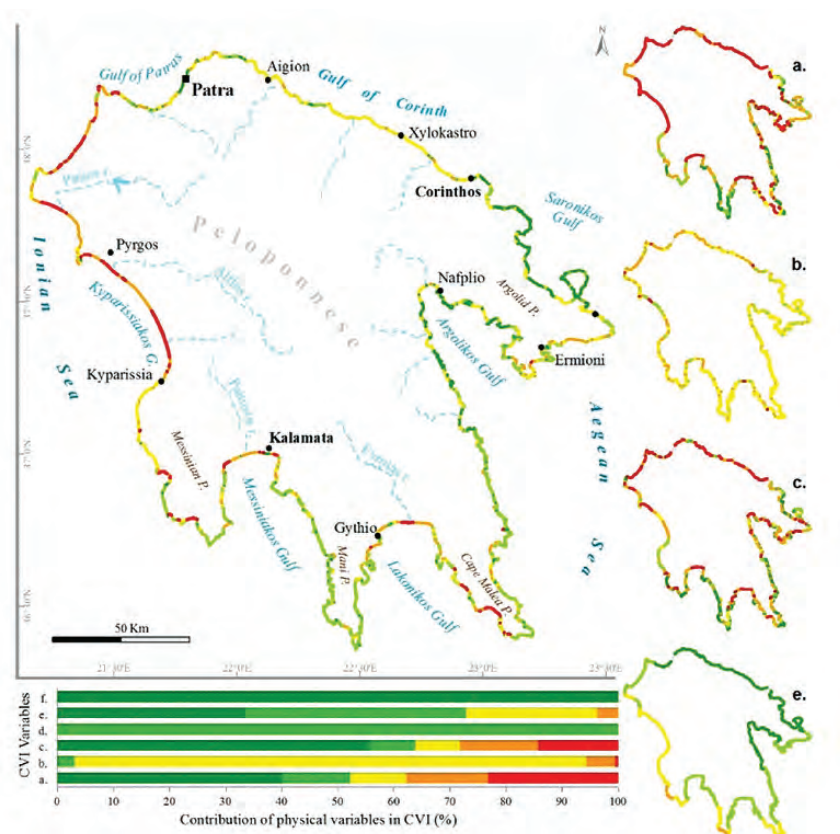
U Tablici 8. prikazane su granice vrijednosti pojedinih parametara CVI-ja.

Tablica 8. Granice korištenih CVI varijabli (Tragaki i dr., 2018.)

Varijable	Kategorije ranjivosti				
	1	2	3	4	5
Reljef	Stjenovite obale s klifovima	Srednji klifovi, razvedene obale	Niski klifovi, aluvijalne ravnice	Šljunčane plaže, lagune	Pješčane plaže, delte
Erozija (-)/prirast (+) obale [m/god.]	> (+1,5)	(+1,5) – (+0,5)	(+0,5) – (-0,5)	(-0,5) – (-1,5)	< (-1,5)
Obalni nagib [%]	> 12	12 – 9	9 – 6	6 – 3	< 3
Relativni porast morske razine [mm/god.]	< 1,8	1,8 – 2,5	2,5 – 3,0	3,0 – 3,4	> 3,4
Srednja valna visina [m]	< 0,3	0,3 – 0,6	0,6 – 0,9	0,9 – 1,2	> 1,2
Srednji doseg plime [m]	< 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,8	> 0,8
Fizikalna ranjivost	veoma niska	niska	umjerena	visoka	veoma visoka

Varijabla *d* (relativna brzina porasta razine mora) je konstantna na čitavom području pa se postavlja pitanje opravdanosti njezinog korištenja u regionalnim analizama.

Na Slici 33. prikazani su rezultati provedenih analiza.



Slika 33. Prikaz rezultata CVI varijabli (Tragaki i dr., 2018.)

Socijalna ranjivost, koja se uz prirodnu određivala u radu, temelji se na šest varijabli, koje su korištene kao indikatori za procjenu socijalne ranjivosti obalnih zajednica poluotoka Peloponeza: gustoća naseljenosti, udio žena u ukupnom stanovništvu, udio osoba starijih od 65 godina u ukupnom stanovništvu, udio djece mlađe od 5 godina u ukupnom stanovništvu, udio stranaca rođenih u ukupnom stanovništvu i udio slabo obrazovanih u ukupnom stanovništvu.

Iako većina priobalnih županija RH ima u sklopu prostornih planova predložene mjere za prilagodbu klimatskim promjenama, detaljne analize ranjivosti obalnog područja u RH do sada su rijetko provedene, što je u suprotnosti sa značenjem toga obalnog područja. Jedini dokument u kojem su obrađene ove teme na županijskoj razini je **Plan integralnog upravljanja obalnim područjem Šibensko-kninske županije (Obalni plan)**, iz rujna 2015. godine (Šibensko-kninska županija, 2015.), a u trenutku izrade ove Analize u završnoj fazi izrade bio je i **Plan upravljanja morskim okolišem i obalnim područjem Splitsko-dalmatinske županije**.

Šibenski Obalni plan naglasak je stavio na utjecaje klimatskih promjena i prilagodbi na očekivane promjene u obalnom području. U njemu su prema smjernicama IUOP Protokola utvrđene preporuke i mjere za povećanje otpornosti (engl. *resilience*) obalnog područja. Namjena Obalnog plana bila je obuhvatiti prostorno planiranje, zaštitu obale, upravljanje vodama, regionalno upravljanje, bioraznolikost i očuvanje vrijednih krajolika.

U Obalnom planu su za 42 naselja dani prijedlozi mjera za povećanje otpornosti obalnog područja od utjecaja klimatskih promjena. Provedene su detaljne GIS analize u kojima su kvantificirani određeni socioekonomski parametri koji su rangirani i sumirani. GIS analize omogućile su jednostavan pregled ranjivosti obalnog područja Županije zbog već sad prisutnih utjecaja klimatskih promjena na najvažnije obalne resurse:

- podizanje razine mora
- povećanje učestalosti i jakosti oluja.

Indeks ranjivosti obalnog područja (Slika 34.) definiran je pomoću više parametara – podindeksa, koji su ponderirani s indeksima 1 (mala ranjivost) do 5 (velika ranjivost):

1. tip obale (prirodne karakteristike obale)
2. visina terena (prirodne karakteristike obale)
3. visina valova (sile koje djeluju na obalu)
4. pojava ščige (sile koje djeluju na obalu)
5. postojeća i planirana namjena (socioekonomske karakteristike)
6. kulturna baština (socioekonomske karakteristike).

Finalna, zbirna ranjivost obalnog prostora predstavljena je u tri indeksa: velika, srednja i mala ranjivost i prikazana je na Slici 34.



Slika 34. Zbirna ranjivost na području Šibensko-kninske županije (Šibensko-kninska županija, 2015.)

Zaključak je da je obala većinom stjenovita i strma, što ublažava utjecaje klimatskih promjena (podizanje razine mora i povećanje učestalosti i jakosti oluja). Visokim su valovima izložene stjenovite, vanjske i nenaseljene obale otoka, a šćigama koje se javljaju u zaljevima ugrožena su naselja i uređene obale. Čak 47 % obale zauzeto je ili se planira zauzeti stanovanjem i ekonomskom aktivnošću, što značajno povećava ranjivost obale i postojanje većeg broja povijesnih naselja na obali.

Za buduća istraživanja u Obalnom planu navodi se potreba za izradom sljedećih scenarija:

- podizanje razine mora: 0,5 m ili 1 m
- daljnja izgradnja obale / podizanje riva
- daljnja nasipanja plaža / uređenje plaža na način da se smanje utjecaji oluja i podizanja mora
- daljnja urbanizacija obale
- zaštita povijesno-graditeljskih cjelina od plavljenja.

5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju prikazan je pregled metodologije određivanja indeksa obalne ranjivosti (CVI) za obalu Primorsko-goranske županije.

5.1. Procjena obalne ranjivosti

Procjene obalne ranjivosti zasnovane su na više metoda, najčešće podijeljenih u četiri glavne kategorije:

- metode temeljene na indeksu (engl. *index-based methods*)
- pristup temeljen na indikatorima (engl. *indicator-based approach*)
- sustavi potpore odlučivanju temeljeni na GIS-u (engl. *GIS-based decision support systems*)
- metode zasnovane na dinamičkim računalnim modelima (engl. *methods based on dynamic computer models*).

Pristup zasnovan na indeksu metodološki se razlikuje od pristupa temeljenog na indikatorima, iako oštra razlika nije uvijek vidljiva. Pristup zasnovan na indeksu izražava obalnu ranjivost jednodimenzionalnim indeksom rizika/ranjivosti, bez mjernih jedinica. Ovaj se indeks izračunava kvantitativnom ili polukvantitativnom procjenom i kombinacijom različitih varijabli. Ti pristupi nisu odmah transparentni jer konačni indeks ne omogućuje razumijevanje pretpostavki koje su dovele do njegovog izračuna. Jasno objašnjenje usvojene metodologije prijeko je potrebno za potporu pravilnoj upotrebi pristupa temeljenih na indeksu.

Istodobno, pristupom temeljenom na indikatorima, ranjivost obale izražava se nizom neovisnih elemenata (pokazatelja) koji karakteriziraju ključna obalna pitanja, kao što su obalni pokretači, pritisci, stanje, utjecaji, odgovori, izloženost, osjetljivost, rizik i šteta. Ti se pokazatelji u nekim slučajevima kombiniraju u konačni sažeti pokazatelj. Ovaj pristup omogućuje procjenu različitih aspekata povezanih s obalnom ugroženošću unutar dosljednog konteksta procjene.

5.2. Indeks obalne ranjivosti (CVI)

U ovom istraživanju analiza ranjivosti obalnog područja Primorsko-goranske županije zbog podizanja razine mora provedena je na osnovi analize indeksa obalne ranjivosti (CVI). To je jednostavna metoda za procjenu obalne ranjivosti koja se sastoji od više parcijalnih indeksa (podindeksa) čije analize mogu biti veoma složene, pogotovo na istraživanom području razvedene obalne linije, ukupne dužine više od tisuću kilometara, nehomogene geološke građe i litološkog pokrivača, izrazito nehomogenog polja valova, velikog broja različitih tipova i veličina žala, velikog broja različitih naselja itd.

Veliko ograničenje je i sama dostupnost podloga, koje su mjerila od 1 : 5.000 za ortofoto i topografske karte, do 1 : 25.000 DEM-a (engl. *Digital Elevation Model*). Problem mjerila u provedenim analizama najviše se odražava kroz slabu vertikalnu preciznost i veliki razmak između točaka DEM-a (25 m), na često veoma strmom terenu. To može značajno utjecati na preciznost provedenih analiza, pogotovo ako se rezultati analize obalne ranjivosti projiciraju i na područje iza obalne linije (npr. definiranje granice plavljenja obalnog područja za određene scenarije podizanja razine mora). Slične probleme s preciznošću podloga i njihovim mjerilom navode i ostala slična istraživanja na području Hrvatske (Šibensko-kninska županija, 2015.; UNDP, 2009.).

Zbog toga su i ciljevi ove Analize prilagođeni navedenim ograničenjima pa je cilj detektirati potencijalno ugrožena područja PGŽ-a koja će biti detaljno analizirana u eventualnim nastavcima ovoga projekta ili će se pak preporučiti provedba detaljne analize na primjerenim detaljnim podlogama.

U ovom istraživanju analiza ranjivosti uskoga obalnog područja obuhvaća potencijalni stupanj promjena koji neki obalni segment može pretrpjeti zbog djelovanja različitih prirodnih utjecaja definiranih analiziranim parametrima. Pojedini indeksi izražavaju obalnu ranjivost pomoću jednodimenzionalnog CVI-ja koji je 1990. godine predložila Gornitz. Metoda se temelji na analizi pojedinog segmenta obale i dodjeljivanju vrijednosti ranjivosti, na osnovi prethodno definiranih parametara. CVI se može definirati kao kvadratni korijen zbroja (kvadrata) podindeksa podijeljen s brojem parametara, geometrijskim prosjekom ili zbrojem vrijednosti svake varijable podijeljenim s brojem varijabli. Dio obalne crte može biti ranjiv s obzirom na različite parametre, ali samo ako je izložen određenom opasnom fenomenu ili utjecaju. Istodobno, različite antropogene djelatnosti mogu povećati ili smanjiti ranjivosti pa ih treba uzeti u obzir u zbirnom CVI-ju.

Podindeksi koji se koriste za analizu obalne ranjivosti mogu biti:

- reljef
- obalni nagib
- stope erozije/prirasta obale
- širina plaže
- širina dina
- relativna promjena srednje razine mora
- srednja značajna visina valova
- srednja amplituda plime i oseke
- širina vegetacije iza plaže
- prisutnost posidonije
- naseljenost
- antropogeni utjecaj
- izgrađenost obale
- razina podzemnih voda.

U ovoj Analizi indeks obalne ranjivosti (CVI) definiran je na osnovi podindeksa ranjivosti s obzirom na: **geološku građu, obalni nagib, plavljenje obale, utjecaj žala** (prirodne karakteristike obale) i **djelovanje valova** (sile koje djeluju na obalu). Dio provedenih analiza morao je biti prilagođen području istraživanja u odnosu na prethodno navedene originalne parametre i one korištene u ostalim analizama, opisanima u četvrtom poglavlju. Neki podindeksi su i izostavljeni zbog nedostatka (pouzdanih) podataka ili pak podataka jednakih za čitavo područje istraživanja. Napravljene su značajne prilagodbe metodologije procjene CVI-ja koje se i inače prilagođavaju području istraživanja, kako je i prikazano u prethodnom poglavlju.

Parametar promjene obalne linije, odnosno stopa erozije/prirasta obale, nije analiziran zbog nedostatka podataka. Naime, ne postoje pouzdani podaci o promjenama obalne linije na čitavom području istraživanja; moguće je tek pronaći podatke za određena manja područja što se može iskoristiti samo za lokalne analize. Međutim, na području Županije i nema većih promjena obalne linije jer je većina obale otporne vapnenačke građe pa su promjene obale rijetke. Najveće promjene obalne linije nastale su na žalima kao posljedica erozije ili akumulacije sedimenta, no te promjene veoma je teško kvantificirati. Primjerice, kod korištenja ortofoto snimaka za analizu promjena obalne linije potrebno je poznavati točan obalni nagib i razine mora za vrijeme snimanja, što je u pravilu nepoznanica. Promjena obalne linije korištena je za provjeru rezultata u ovoj Analizi. Veće promjene obalne

linije moguće je detektirati (ne i kvantificirati) usporedbom digitalnog ortofota iz 1968. godine s današnjim stanjem.

Često korišteni parametar, relativne promjene srednje razine mora, za područje istraživanja također nije definiran jer ovisi o eustatskim promjenama obale. Budući da one nisu istražene za čitavo područje, smatraju se jednaki-ma za cijeli akvatorij istraživanja pa ne bi utjecale na rezultate provedenih analiza.

Geomorfoloških tvorevina, poput dina, na području istraživanja nema. Vegetacija iza plaže nema utjecaj na procese erozije obale, a eventualni utjecaj prisutnosti posidonije nije istražen, a i samo djelomično su kartirana njezina staništa.

Polazišna točka za analize koje su uslijedile obalna je linija definirana u okviru međunarodnog projekta praćenja promjena duž obalne linije (PAP/RAC, 2019.). Ranjivost obale Županije analizirana je točkasto, na svakih 25 m obalne linije, koja je na određenim lokacijama pojednostavljena i prilagođena zbog vrijednosti značajnih visina valova i visina na određenoj udaljenosti okomito od obalne linije.

Naime, da se uzela izvorna obalna linija, dobili bi se podaci suviše blizu same obalne linije zbog njezine razvedenosti. Analize su provedene u svakoj od 47.560 točaka na obali i njima pripadajućim poprečnim profilima, okomitim na obalnu liniju, ovisno o karakteristikama proračuna pojedinog podindeksa. Na primjer, podindeks značajne visine vala definiran je na udaljenosti 25 m od obalne linije, kako bi se dobila realna vrijednost značajne visine vala. U slučaju da se značajna visina vala računala na obalnoj liniji, bila bi približno ništica zbog deformacija vala u plitkom priobalnom području. Ukupna duljina obalne linije na kojoj su se provodile analize je 1.189 km – istražena je cjelokupna obalna linija na kopnu, svih 15 otoka ($> 1 \text{ km}^2$) i dodatnih 7 otočića većih od $0,3 \text{ km}^2$, zaključno s otočićem Trstenikom koji je najmanji analizirani geografski entitet.

Procjena obalne ranjivosti na osnovi segmenata obale približno jednakih karakteristika u ovom radu nije moguća zbog same dužine i razvedenosti obale, kao i nehomogenosti prirodnih karakteristika obale i sila koje na nju djeluju.

U nastavku poglavlja dana je raščlamba i detaljnije objašnjenje analiziranih varijabli obalne ranjivosti.

5.2.1. Geološka građa (a)

Geološka građa (a) izrazito determinira obalnu ranjivost u heterogenim obalnim područjima kakvo je područje Primorsko-goranske županije. Geomorfološke karakteristike izražavaju relativnu erodibilnost različitih tipova tla, a zahtijevaju podatke o prostornoj distribuciji i njihovoj stabilnosti, odnosno intenzitetu.

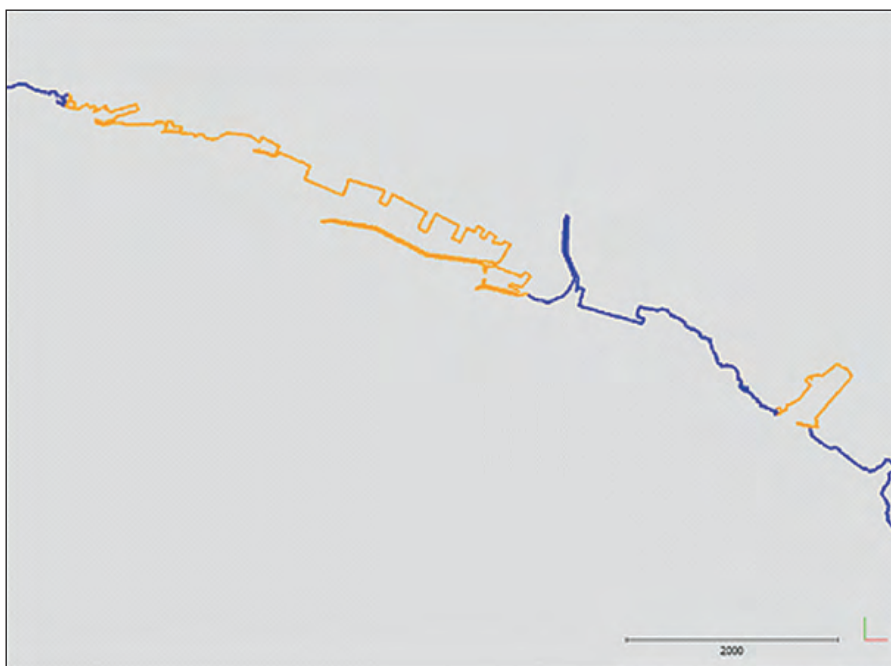
Za potrebe ovoga projekta varijabla *geološka građa* definirana je s četiri kategorije ranjivosti, prikazane u Tablici 9.:

- obala u vapnencima definirana je veoma niskom ranjivošću (1)
- obala u flišu definirana je s umjerenom ranjivošću (3)
- obala prekrivena krupnozrnastim naplavinama od šljunka i oblutaka definirana je visokom ranjivošću (4)
- obala u lesu i crvenici te prekrivena sitnozrnastim naplavinama od pijeska i mulja definirana je veoma visokom ranjivošću (5).

Tablica 9. Podindeksi obalne ranjivosti (CVI) za varijablu geološke građe

	Ranjivost	Geološka građa
	Veoma niska (1)	Karbonatna stijena
	Niska (2)	
	Umjerena (3)	Fliš
	Visoka (4)	Krupnozrnaste naplavine
	Veoma visoka (5)	Sitnozrnaste naplavine

Geološka građa preuzeta je iz **Informacijskog sustava prostornog uređenja Primorsko-goranske županije** (Institut građevinarstva Hrvatske – PC Rijeka, 1997.), ali su se rezultati u nekim slučajevima morali prilagoditi. Slika 35. daje primjer takve prilagodbe u slučaju grada Rijeke i uvale Martinšćica u Općini Kostrena. Taj je dio obale prirodno građen od naplavina šljunka, što je prema prethodnoj definiciji područje visoke ranjivosti. Međutim, ranjivost ovoga dijela definirana je kao niska jer je na tom dijelu obalna linija planski uređena. Regulirana je obalnim konstrukcijama solidne (betonske) izvedbe, koje se koriste (lučke djelatnosti, brodogradnja, privez plovila i sl.) i održavaju, a navedene naplavine rijetko su vidljive na površini.



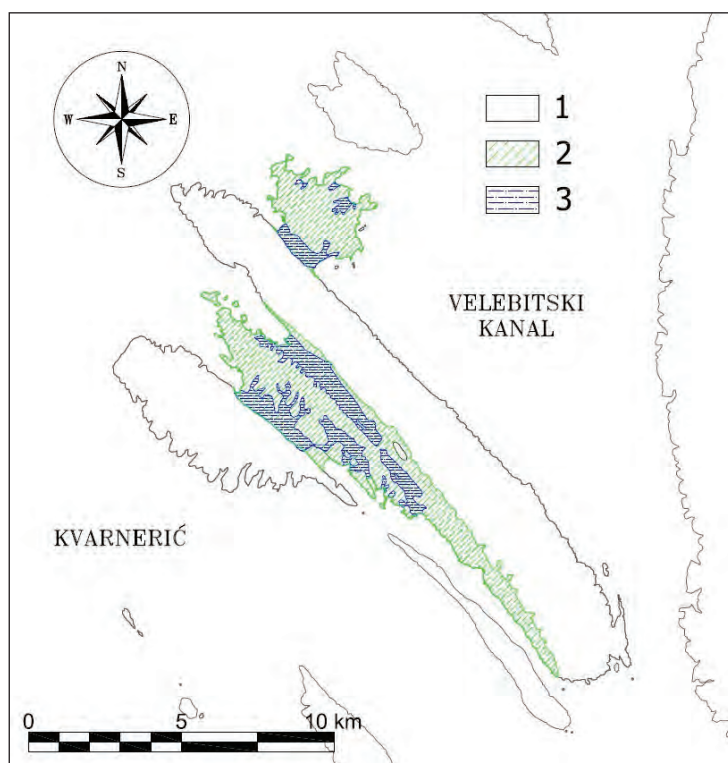
Slika 35. Riječka obala geološkog sastava šljunkovitih naplavina (*narančasta boja*) definirana niskom ranjivošću geološke građe zbog izgrađenosti i korištenja obale

Analiza podindeksa obalne ranjivosti s obzirom na geološku građu prikazana je na primjeru morfološki vrlo raznolikoga otoka Raba. Na Slici 36. prikazana je pregledna geološka karta otoka Raba.

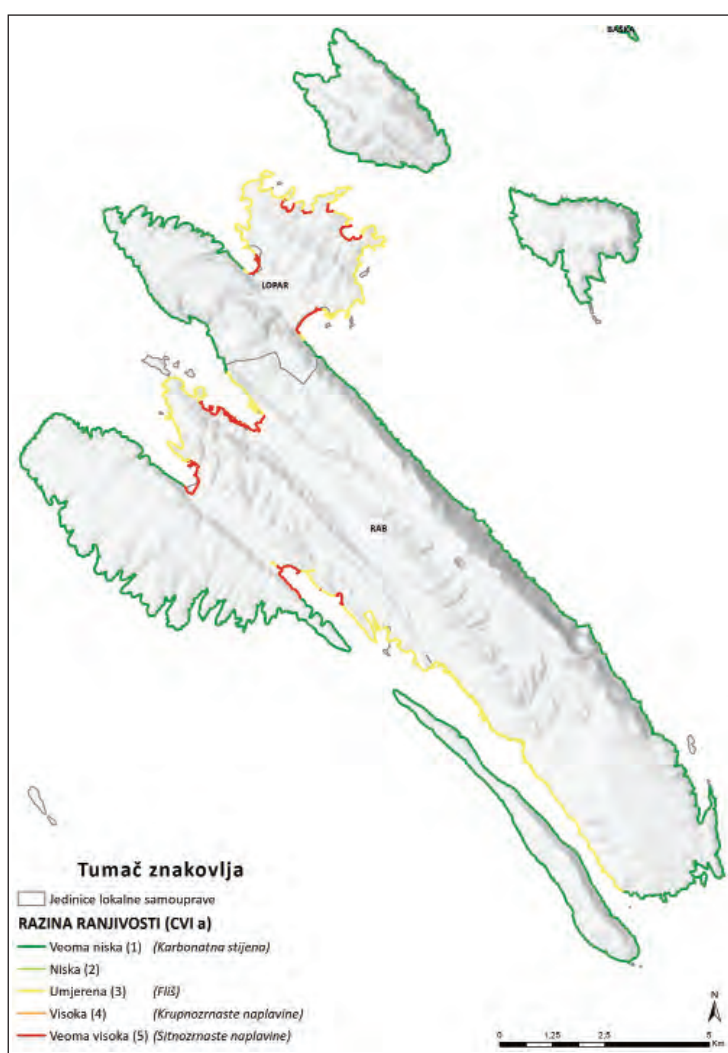
Glavne geološke strukture – antiklinale i sinklinale, imaju pružanje SZ – JI, što je paralelno pružanju orografskih osi. Vapnenačke gornjokredne stijene, a djelomično i paleogenske vapnenačke stijene, izgrađuju antiklinalne forme, a siliciklastične paleogenske stijene (lapori i fliš) tvore jezgre sinklinala. Linearno protezanje struktura mjestimice je deformirano zbog pomaka po rasjedima čije je pružanje poprečno do dijagonalno u odnosu na osnovni pravac pružanja struktura (HGI, 2009.).

Na osnovi geološke karte otoka Raba definirane su ranjivosti prema geološkoj građi. Kao najranjivija područja označene su naplavine u pijesku i mulju koje se nalaze na više područja otoka, na poluotoku Loparu, u Supetarskoj Dragi i Kamporskoj Dragi, uvali Sv. Fumije i u Banjolu (Slike 36. i 37.).

Slika 36. Pregledna geološka karta otoka Raba; 1 – karbonatne stijene gornje krede i paleogena, 2 – siliciklastične stijene paleogena, 3 – kvartarne naplavine



Slika 37. Podindeks obalne ranjivosti (CVI) otoka Raba s obzirom na varijablu geološke građe



5.2.2. Obalni nagib (b)

Obalni nagib (b) je pokazatelj osjetljivosti obale u odnosu na plavljenje obalnog područja i povlačenje obalne linije zbog erozije i podizanja morske razine. U većini istraživanja (Gornitz, 1991.; Koroglu i dr., 2019.; Özyurt i Ergin, 2010.) kritičan obalni nagib, odnosno elevacija obalnog područja razmatra se s aspekta plavljenja obalnog područja, za postojeće i predviđene razine mora. Porastom morske razine, najviše će doći do povlačenja obalne linije na niskim obalnim područjima nagiba do 2 %.

Međutim, na strmim (stjenovitim) obalama također može doći do erozije i značajnog povlačenja obale (Ružić i dr., 2014., 2015., 2019.; Trenhaile, 2018.). S obzirom na to da je značajan udio obale Županije strm, analizirana je i ranjivost strmih obala, kod kojih povećanje obalnog nagiba smanjuje stabilnost na klizanje, prevrtanje i odron, odnosno povećava ranjivost. Prema tome, ranjivost obalnog područja Županije za parametar obalnog nagiba dvojako je definirana: u odnosu na plavljenje za manje nagibe, i stabilnost kosina za veće nagibe.

U ovom je radu obalni nagib definiran na osnovi dostupnog DEM-a područja istraživanja, kao nagib (elevacija) obale na udaljenosti 25 m od obalne linije, a varira od nekoliko stupnjeva na plažama do vrlo strmih ili okomitih litica.

Obalni nagib (b) – Ranjivost strmih dijelova obale

Stabilnost strmih obala ovisi o geološkoj građi, nagibu obale, razini podzemnih voda, zapljuskivanju i udaru valova, utjecaju vegetacije, plimnim potkapinama i sl. Ranjivost strme obale je definirana za tri tipa geološke građe obale: karbonatne stijene, fliš i les. Naplavine su općenito blagog nagiba pa su analizirane samo s aspekta rizika plavljenja obale.

Korištena je standardna geomorfološka klasifikacija stabilnosti/ugroženosti u odnosu na geološku građu pojedinog dijela obale. Prikazana klasifikacija temeljena je na dosadašnjim spoznajama autora ovog rada i na osnovi pregleda dostupne literature (Bognar, 1992.).

Tako su za vapnenačke stijene utvrđene sljedeće kategorije ranjivosti (Tablica 10.):

- *vrlo niska ranjivost* (1) na padinama nagiba manjeg od 12°
- *niska ranjivost* (2) na padinama nagiba od 12° do 20°
- *umjerena ranjivost* (3) na padinama nagiba od 20° do 32°
- *visoka ranjivost* (4) na padinama nagiba od 32° do 70°
- *vrlo visoka ranjivost* (5) na padinama nagiba većeg od 70°.

Za les i fliš raščlamba ranjivosti nešto je drukčija (Tablica 10.):

- *niska ranjivost* (2) na padinama nagiba manjeg od 5°
- *umjerena ranjivost* (3) na padinama nagiba od 5° do 12°
- *visoka ranjivost* (4) na padinama nagiba od 12° do 20°
- *vrlo visoka ranjivost* (5) na padinama nagiba većeg od 20°.

Tablica 10. Podindeksi obalne ranjivosti (CVI) za varijablu kritičnoga obalnog nagiba u odnosu na odron i klizanje (Bognar, 1992.)

Geološka građa		Karbonatne stijene		Fliš		Les	
Ranjivost		Obalni nagib (°)		Obalni nagib (°)		Obalni nagib (°)	
		Od	Do	Od	Do	Od	Do
	Veoma niska (1)	0	11,99				
	Niska (2)	12	19,99	0	4,99	0	4,99
	Umjerena (3)	20	31,99	5	11,99	5	11,99
	Visoka (4)	32	69,99	12	19,99	12	19,99
	Veoma visoka (5)	70	90,00	20	90,00	20	90,00

Obalni reljef istraživaniog područja veoma je složen. Obalna linija je razvedena, složenih poprečnih presjeka, zbog čega provedene analize ranjivosti obalnog područja u odnosu na obalni nagib treba sagledati u skladu s korištenim mjerilom. S obzirom na dostupne podloge, obalni je nagib definiran iz DEM-a rezolucije 25 × 25 m, što je pregrubo mjerilo za kvalitetnu analizu stabilnosti kritičnih kosina. Za analizu takvih područja potrebno je napraviti detaljna snimanja pomoću LiDAR-a ili SfM fotogrametrije, na kojima je moguće provesti detaljnu analizu ranjivosti u odnosu na geometriju i inženjerskogeološke parametre.

5.2.3. Značajna visina vala – H_s (c)

Značajna visina vala je statistički parametar koji označava srednju vrijednost trećine najviših valova u određenom valnom zapisu ili spektru valova. To je uobičajena vrijednost koja se koristi za dimenzioniranje obalnih građevina, a dobiva se na osnovi mjerenja valova ili valne prognoze. Mjerenja valova su najčešće rijetka, sporadična i lokalna pa se najčešće provode prognoze valova. U ovom je radu značajna visina vala određena iz numeričkih simulacija valova na osnovi mjerodavnog polja vjetra.

Značajna visina vala – H_s (c), mjerodavna za procjenu CVI-ja, definirana je na osnovi numeričkih simulacija valova na udaljenosti 25 m od obalne linije.

Na temelju izračuna, utjecaj visine valova na obalnu ranjivost podijeljen je u pet kategorija ranjivosti (Tablica 11.): veoma niska ranjivost 0 – 0,99 m; niska 1,0 – 1,49 m; umjerena 1,50 – 1,99 m; visoka 2,0 – 2,49 m; i veoma visoka iznad 2,50 metara.

Tablica 11. Podindeksi obalne ranjivosti (CVI) za varijablu značajne valne visine

	Ranjivost	H _s (m)	
		Od	Do
	Veoma niska (1)	0,00	0,99
	Niska (2)	1,00	1,49
	Umjerena (3)	1,50	1,99
	Visoka (4)	2,00	2,49
	Veoma visoka (5)	2,50	>

Numeričke simulacije valova

Numeričke simulacije valovanja provedene su pomoću numeričkog modela valovanja SWAN (*Simulating Waves Nearshore*). Numerički model treće generacije za primjenu u obalnim područjima SWAN temelji se na Eulerovoj formulaciji ravnotežne jednadžbe spektralnoga valnog djelovanja (Booij i dr., 1999.).

Kod modela SWAN uzeta su u obzir sljedeća fizikalna svojstva:

- širenje vala u vremenu i prostoru
- oplicavanje valova
- refrakcija uzrokovana strujama i dubinom
- promjena frekvencije zbog djelovanja morskih struja i promjenjiva dubina
- generiranje valova vjetrom
- nelinearna djelovanja: trostruka i četverostruka interakcija valova
- površinski lom valova
- trenje s dnom i lom zbog promjene dubine
- transmisija kroz prepreke
- refleksija od prepreka i
- difrakcija.

Model je nadograđen promjenom parametara valova u plitkom području – difrakcijom (Holthuijsen i dr., 2003.). Za numeričke simulacije korišten je JONSWAP valni spektar s parametrom $\gamma = 3,3$.

U radu su provedene numeričke simulacije iz više sektora za 50-godišnje povratno razdoblje. Ulazni parametri vjetra preuzeti su iz više studija vjetrovalne klime. Simulacije su temeljene na polju konstantne jačine vjetra 50-godišnjega povratnog razdoblja, ali se za detaljne simulacije preporučuje korištenje realnog polja vjetra i/ili mjerenja valova, ako takvi podaci budu dostupni.

Digitalni model podmorja (Slika 1.) generiran je na vektoriziranoj topografskoj karti mjerila 1 : 25.000 (DGU Geoportal). Na nekim dijelovima digitalni model podmorja generiran je i pomoću batimetrijskih snimaka. Numeričke simulacije valova provedene su do obale za srednju razinu mora. Za detaljne analize potrebno je koristiti podloge detaljnijeg mjerila te provesti analize djelovanja valova za sadašnju i prognoziranu razinu mora.

5.2.4. Plavljenje obale (d)

Na obalama blagih nagiba, koje su obrađene u većini znanstvenih radova, obalni je nagib pokazatelj osjetljivosti obale u odnosu na plavljenje obalnog područja i povlačenje obalne linije zbog erozije i podizanja morske razine.

Terenskom analizom zabilježenih razina mora koje rezultiraju plavljenjem obala Županije utvrđeno je da se razina mora diže na kotu 1,30 metara. Zbog toga sve izgrađene obale koje su niže od ove kote već sada bivaju plavljene pa se ta visina definira kao granica veoma visoke ranjivosti s obzirom na obalno plavljenje.

Prema visini terena, na udaljenosti 25 m od obale, za varijablu plavljenja obale definirane su sljedeće ranjivosti (Tablica 12.):

- *veoma niska ranjivost* (1) za visine obale više od 5 m
- *niska ranjivost* (2) za visine obale od 3,5 m do 5 m
- *umjerena ranjivost* (3) za visine obale od 2,3 m do 3,5 m
- *visoka ranjivost* (4) za visine obale od 1,3 m do 2,3 m
- *veoma visoka ranjivost* (5) za visine obale niže od 1,3 metra.

Tablica 12. Podindeks obalne ranjivosti (CVI) za parametar kritičnoga obalnog nagiba u odnosu na plavljenje obale

	Ranjivost plavljenje obale	Visina obale	
		od (m)	do (m)
	Veoma niska (1)	5,0	>
	Niska (2)	3,5	5,0
	Umjerena (3)	2,3	3,5
	Visoka (4)	1,3	2,3
	Veoma visoka (5)	0,0	1,3

Promjene morske razine

Maksimalne morske razine u Bakru izračunate su na osnovi mareografskih podataka od 1954. do 2001. godine (Ružić, 2003.). Proračun maksimalnih godišnjih razina mora različitih povratnih razdoblja proveden je pomoću različitih krivulja raspodjele (Gaussova, Galtonova, Pearson 3, Gumbelova) na nizu maksimalnih godišnjih razina mora u Bakru. Najbolje prilagođena funkcija na promatrani niz empiričkih vrijednosti je funkcija Pearson 3 (Tablica 13.), što je potvrđeno i testom A. N. Kolmogorova (Ružić, 2003.).

Tablica 13. Proračun maksimalnih godišnjih razina mora različitih povratnih razdoblja u Bakru (Ružić, 2003.)

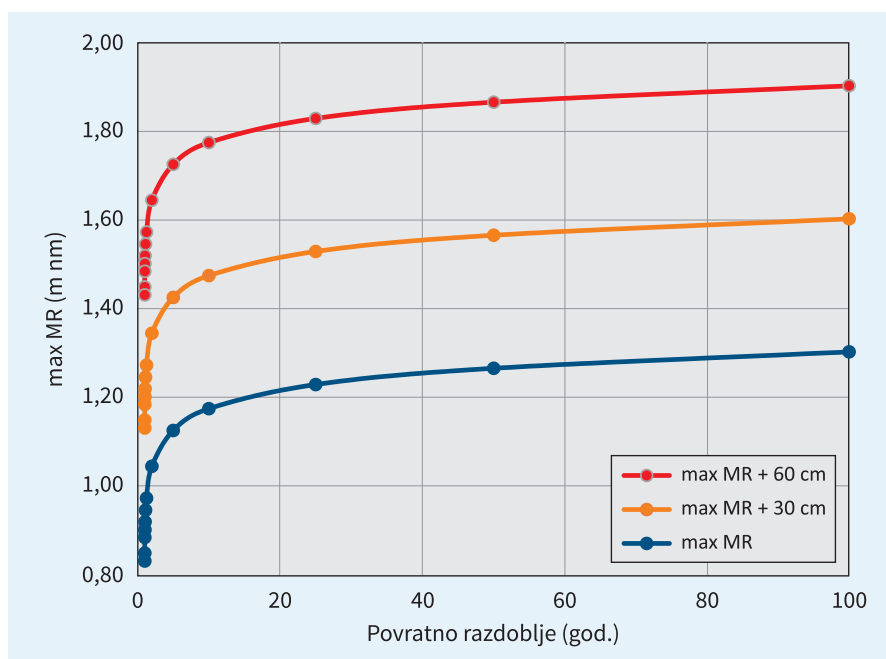
Vjerojatnost pojave, p [%]	Povratno razdoblje [god]	Niz ekstrema – Pearson 3 [m n. m.]
1	100	1,30
2	50	1,27
4	25	1,23
10	10	1,17
20	5	1,13
50	2	1,04
80	1,2500	0,97
90	1,1111	0,95
96	1,0417	0,92
98	1,0204	0,90
99	1,0101	0,88
99,9	1,0010	0,85
99,99	1,0001	0,83

Na temelju prognoze porasta razine mora izrađeni su dijagrami odnosa porasta morske razine i vjerojatnosti pojave visoke vode za povratno razdoblje od 100 godina (1,30 m n. m., Tablica 13.), odnosno približno do kraja 21. stoljeća

(Slika 38.). Naime, za to razdoblje izrađene su prognoze porasta morske razine od 62 ± 14 cm (Orlić i Pasarić, 2013.).

U ovom istraživanju provedene su analize za morsku razinu 1,30 m n. m., što predstavlja zabilježenu najveću razinu mora na mareografu u Bakru, koja je dodatno potvrđena u terenskom obilasku. Dakle, analizirana je sadašnja ekstremna vrijednost morske razine.

Slika 38. Prognoza visokih razina mora u Bakru u slučaju stagnacije i povišenja morske razine za 30 i 60 cm (Ružić, 2003.)



Dodatno su analizirane predviđene ekstremne vrijednosti morske razine:

- 1,90 m n. m. – vrijednost očekivanog porasta srednje razine mora do kraja 21. stoljeća
- 2,50 m n. m. – vrijednost u kojoj su, osim očekivanih porasta srednje razine mora, uzeta u obzir i povećanja ekstremnih klimatskih događaja uzrokovana klimatskim promjenama.

Vrijednosti između nisu analizirane zbog visinske (ne)preciznosti dostupnih podloga.

Plavljenje obale na terenskim istraživanjima pokazalo se kao kritični parametar obalne ranjivosti. Iako relativno mali dio obale plavi tijekom olujnih uspora, taj dio je u pravilu urbaniziran i nastaje materijalna šteta. Također, vidljiva je i sve češća nefunkcionalnost određenih dijelova lučkih bazena.

5.2.5. Žalo (e)

Žala su prirodan sustav otporan na djelovanje valova i u pravilu su niske ranjivosti. U analizama ranjivosti obalnog prostora uobičajeno se koristi parametar širina žala na obalnoj liniji (ETC CCA, 2011.). To je parametar koji se odnosi na sposobnost disipacije valne energije na tijelu žala. Apsorpcijom energije loma valova, žala smanjuju nepovoljne obalne procese. U dosadašnjim istraživanjima (Ružić, 2018.) vrijednost indeksa obalne ranjivosti na plažama širim od 15 m je vrlo niska. Žala 10 – 15 m širine daju nizak, 5 – 10 m umjeren, 2,5 – 5 m visok, a 0 – 2,5 m vrlo visok indeks obalne ranjivosti.

Određivanje širine žala na području cijele Primorsko-goranske županije iz dostupnih podloga nije bilo moguće zbog mjerila podloga u odnosu na razvedenost obale i značajan broj minijaturnih žala. Stoga je varijabla širine žala korigirana u odnosu na podloge i razmak između analiziranih točaka obalne linije i ovdje se definira prema postojanju i vrsti žala. Utjecaj žala na ranjivost obala definirao se drukčije u usporedbi s prethodno opisanim varijablama, na način prikazan u Tablici 14., kako bi se naglasio njihov pozitivan utjecaj na sveukupnu ranjivost.

Tablica 14. Obalna ranjivost u odnosu na vrstu žala

	Žalo	Ranjivost
	Šljunčano	- 2
	Pješčano	- 1

Detaljne analize ugroženih područja potrebno je temeljiti na podlogama detaljnijeg mjerila kada će biti moguće uzeti u obzir i gore navedene parametre širine žala.

5.2.6. Indeks obalne ranjivosti (CVI)

Na osnovi prethodno opisanih podindeksa ranjivosti obalnog pojasa PGŽ-a, testirano je više formula za određivanje CVI-ja:

Aritmetička sredina

$$CVI_1 = \frac{a + b + c + d + e}{5}$$

Prilagođena srednja vrijednost produkta

$$CVI_2 = \frac{0,5a \cdot b \cdot c \cdot 1,5d \cdot e}{5}$$

Srednja vrijednost produkta

$$CVI_3 = \frac{a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e}{5}$$

Prosječni zbroj kvadrata

$$CVI_4 = \frac{a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + e^2}{5}$$

Kvadratni korijen srednje vrijednosti produkta

$$CVI_5 = \sqrt{CVI_3}$$

Kvadratni korijen prosječnog zbroja kvadrata

$$CVI_6 = \sqrt{CVI_4}$$

gdje je:

a – geološki parametri (engl. *geological fabric*)

b – obalni nagib (engl. *coastal slope*)

c – značajna visina vala na obali (engl. *significant wave height*)

d – plavljenje obale (engl. *inundation*)

e – žalo (engl. *beach*)

Kako bi se naglasio pozitivan utjecaj žala na sveukupnu obalnu ranjivost, u ovom je radu konačan CVI određen prema formuli:

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

Intervali ranjivosti prikazani su u Tablici 15., a određeni su prilagodbom standardne *Natural Breaks* (Jenks) klasifikacije, izvršene uz pomoć alata QGIS (verzija 3.16.1), kako bi dobiveni rezultati bili u skladu s prirodnim značajkama obala na području Kvarnera. Ova prilagodba temeljila se na dosadašnjim istraživanjima ranjivosti na Kvarneru (Benac i dr., 2010., 2012., 2014.; Ružić i Benac, 2016.; Ružić i dr., 2019.) te terenskim ispitivanjima provedenima za potrebe ovoga projekta. Rezultati dobiveni na ovaj način najrealniji su za obale PGŽ-a, koji se podudaraju i s trenutnom situacijom na terenu, a mogu se potvrditi i usporedbom ortofoto snimaka dostupnih na geoportalu.

Tablica 15. Intervali za konačni indeks obalne ranjivosti (CVI)

	Ranjivost	CVI	
		Od	Do
	Veoma niska (1)	0,0	1,79
	Niska (2)	1,8	2,19
	Umjerena (3)	2,2	2,59
	Visoka (4)	2,6	3,07
	Veoma visoka (5)	3,1	4,20

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju prikazani su rezultati analize ranjivosti obalnog pojasa Primorsko-goranske županije, najprije po pojedinim varijablama, a zatim je dan i konačni indeks obalne ranjivosti (CVI) PGŽ-a. Uz prikaz rezultata komentirana su pojedina područja/dijelovi koji se smatraju relevantnima.

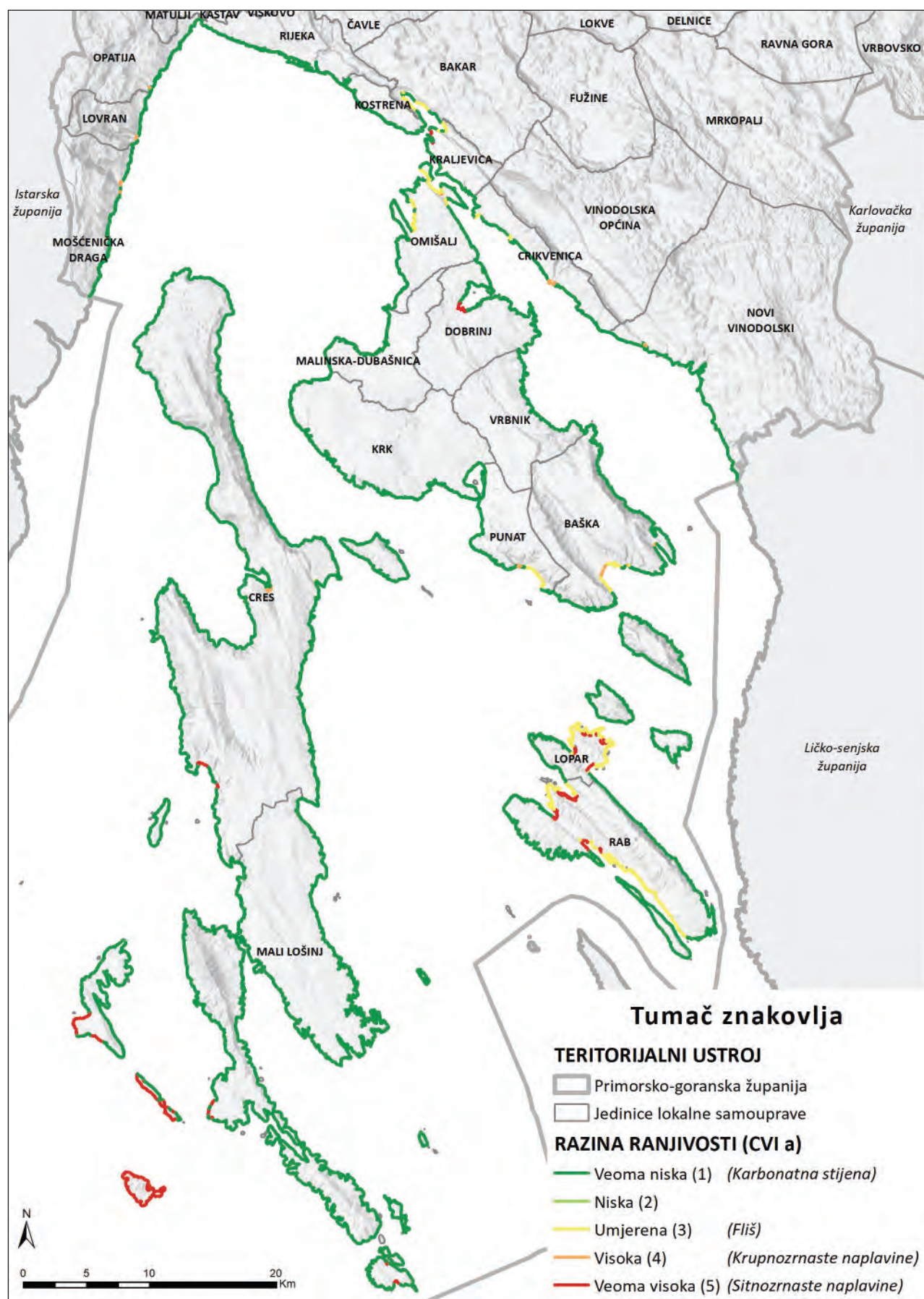
Na kraju su u potpoglavlju 6.7. tablično prikazani agregirani rezultati ranjivosti za sve obalne jedinice lokalne samouprave na području Županije te ranjivost u odnosu na sva građevinska područja i izgrađena područja izvan građevinskih područja.

6.1. Geološki parametri (a)

Na osnovi geološke karte PGŽ-a definirani su podindeksi obalne ranjivosti u odnosu na parametar geološke građe (poglavlje 5. *Metodologija istraživanja*). Kao najranjivija područja definirane su naplavine u pijesku i mulju te pokrov zemljišta od lesa i crvenice.

Karta obalne ranjivosti Županije s obzirom na ovaj parametar prikazana je na Slici 39.

Potrebno je napomenuti da su analize napravljene za cijelu Županiju, na grubom mjerilu geoloških podloga i modela terena te je detaljne analize na lokalnim razinama ipak potrebno obaviti na detaljnijim podlogama.

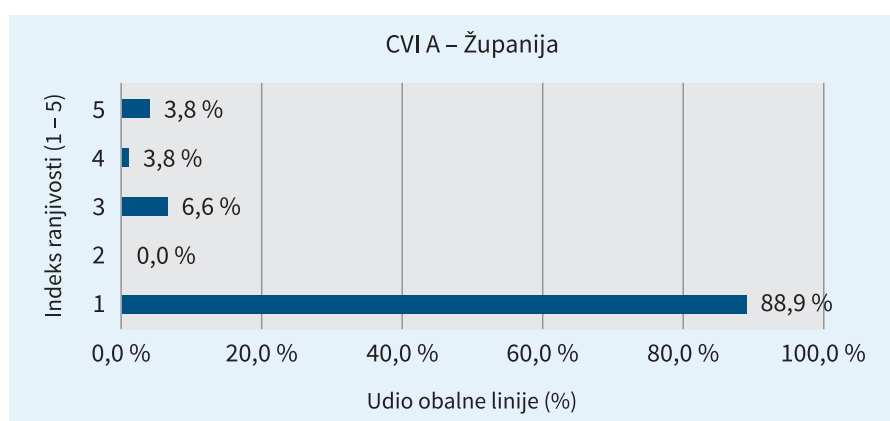


Slika 39. Primorsko-goranska županija – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu geološke građe

Udio pojedinog podindeksa u ukupnoj dužini obale prikazan je u Tablici 16. i na Slici 40.

Tablica 16. Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu geološke građe

Ranjivost		Zastupljenost	
Kvalitativno	Kvantitativno	(m)	(%)
Veoma niska	1	1.057.050	88,9
Niska	2	0	0,0
Umjerena	3	78.000	6,6
Visoka	4	8.600	0,7
Veoma visoka	5	45.350	3,8
Prosječna vrijednost		1,31	



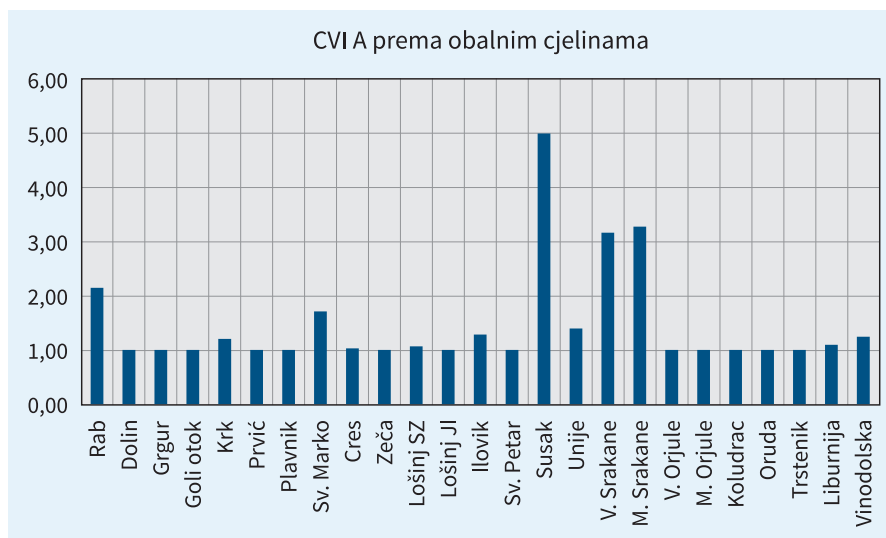
Slika 40. Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu geološke građe

Prosječna vrijednost podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za parametar geološke građe je 1,31, što je veoma niska ranjivost, a posljedica je povoljne geološke građe većeg dijela obale (88,9 %). Svega 4,5 % obale je visoke i veoma visoke ranjivosti.

Na Slici 41. prikazana je prosječna vrijednost CVI-ja za parametar geološke građe prema obrađenim obalnim cjelinama – otoci, liburnijska obala (kopno zapadno od Rječine do granice PGŽ-a) i vinodolska obala (istočno od Rječine do granice PGŽ-a). Na dijelovima obale s visokom i veoma visokom ranjivošću ne preporučuje se izgradnja građevina. Kod izgradnje prijeko potrebne infrastrukture potrebna je prethodna inženjerskogeološka i geotehnička analiza planiranog zahvata.

Najnepovoljniju geološku građu imaju otoci Susak, Vele Srakane, Male Srakane, Rab, Sv. Marko i Unije.

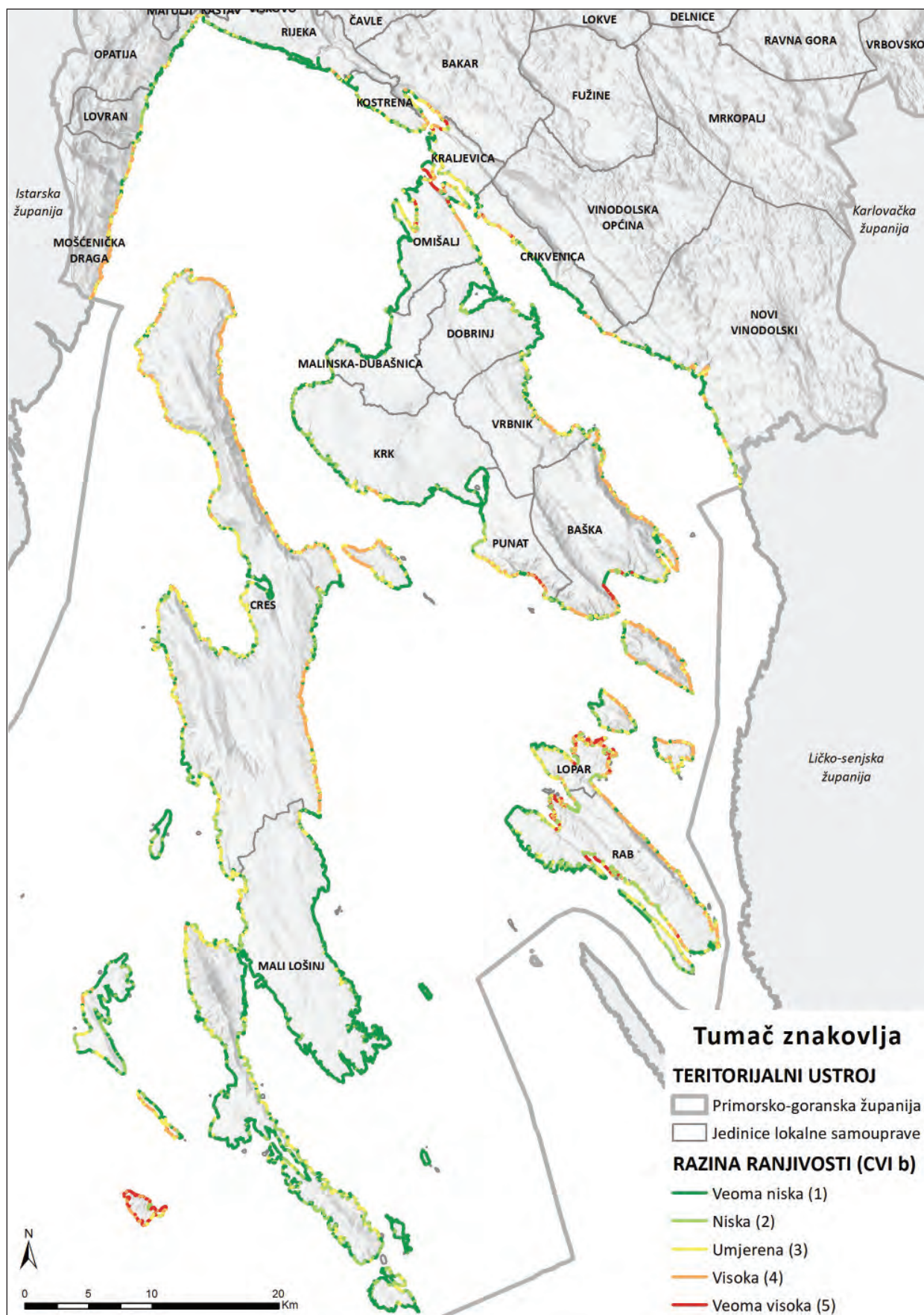
Slika 41. Prosječna vrijednost podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu geološke građe prema obalnim cjelinama



6.2. Obalni nagib – rizik od klizanja i odrona (b)

Na osnovi DEM-a rezolucije 25 x 25 m definirani su podindeksi ranjivosti obale s obzirom na obalni nagib i rizik od klizanja i odrona zemljišta. Najranjivija su područja s visokim obalnim nagibima. Ovaj parametar je osjetljiv na mjerilo podloga, zbog čega ga je potrebno dodatno detaljno analizirati za potencijalno ugrožena područja.

Na Slici 42. prikazana je obalna ranjivost Primorsko-goranske županije u odnosu na obalni nagib i rizik od klizanja i odrona.



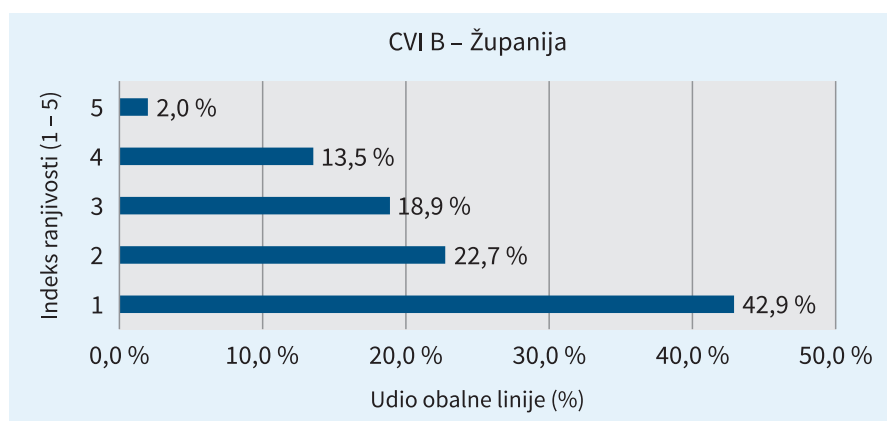
Slika 42. Primorsko-goranska županija – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog nagiba i rizik od klizanja i odrona zemljišta

U Tablici 17. i na Slici 43. prikazana je zastupljenost pojedinog podindeksa ranjivosti s obzirom na parametar obalnog nagiba i potencijalnog klizanja i odrona na obalama Županije.

Tablica 17. Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu obalnog nagiba

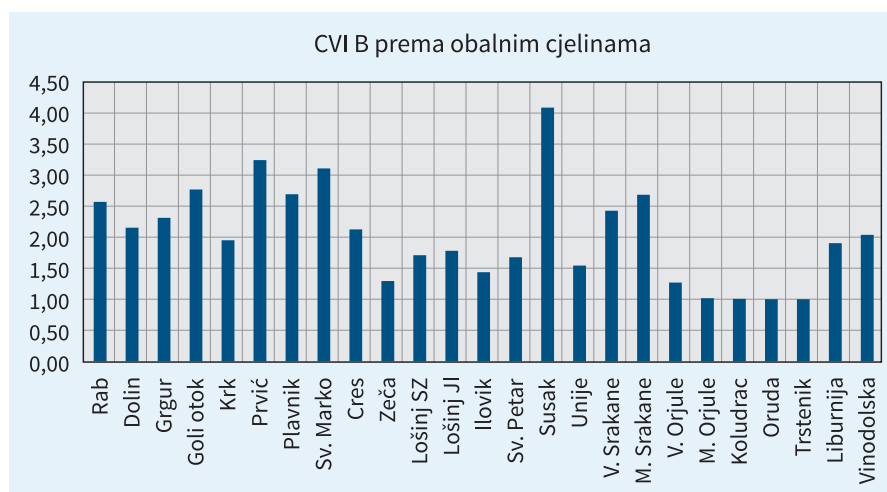
Ranjivost		Zastupljenost	
Kvalitativno	Kvantitativno	(m)	(%)
Veoma niska	1	509.925	42,9
Niska	2	270.275	22,7
Umjerena	3	224.350	18,9
Visoka	4	160.850	13,5
Veoma visoka	5	23.600	2,0
Prosječna vrijednost	2,09		

Slika 43. Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu obalnog nagiba



Prosječna vrijednost CVI-ja s obzirom na obalni nagib na razini Županije iznosi 2,09. To je relativno niska ranjivost, a rezultat je prevladavajuće povoljne kombinacije nagiba i geološke građe obale. Međutim, čak 15,5 % obale je visoke i veoma visoke ranjivosti.

Slika 44. Prosječna vrijednost podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog nagiba prema obalnim cjelinama



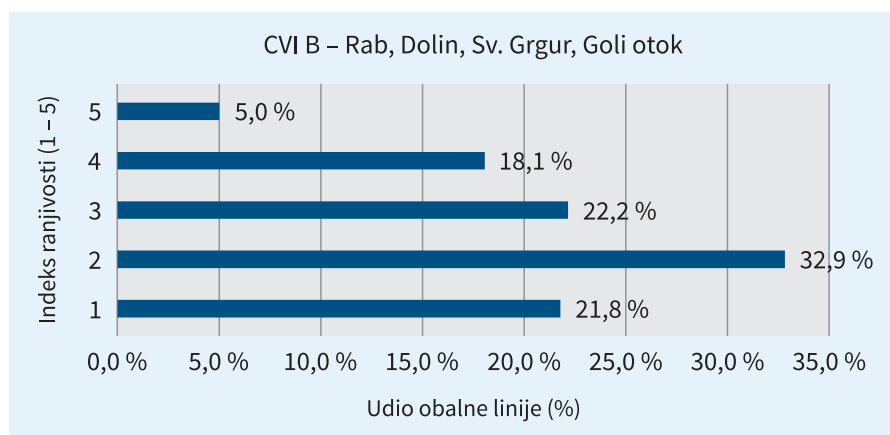
Najveću ranjivost imaju obalna područja otoka Suska, te Velih Srakana i Malih Srakana, na kojima su nepovoljni obalni nagibi na kosinama oblikovanima na nepovoljnoj geološkoj podlozi fliša i lesa. Na tim je područjima izražena opasnost od nestabilnosti kosina, poput odrona i klizanja. Posebna opasnost prijeti u slučaju podizanja razina podzemnih voda, kada može doći do značajnog smanjenja stabilnosti kosina (Dugonjić Jovančević, 2013.). Podizanje razine podzemnih voda može biti uzrokovano: podizanjem razine mora, povećanjem intenziteta i količina oborina, deforestacijom, neodgovarajućim ispuštanjem oborinskih voda, urbanizacijom novih površina i sl.

Velika ranjivost je i na dijelu liburnijske obale, južno od Mošćeničke Drage, zatim na sjeveroistočnoj obali otoka Cresa, na dijelu sjeveroistočne i jugoistočne obale otoka Krka i na sjeveroistočnoj obali otoka Raba. Velika ranjivost ustanovljena je i na dijelovima nenaseljenih otoka Prvića, Sv. Grgura, Golog otoka i Sv. Marka. Na svim tim lokacijama primjetni su tragovi odrona velikih dimenzija i neprekidno osipavanje.

U Tablici 18. i na Slici 45. prikazana je zastupljenost podindeksa ranjivosti s obzirom na parametar obalnog nagiba i potencijalnog klizanja i odrona zemljišta na obalama otoka Raba.

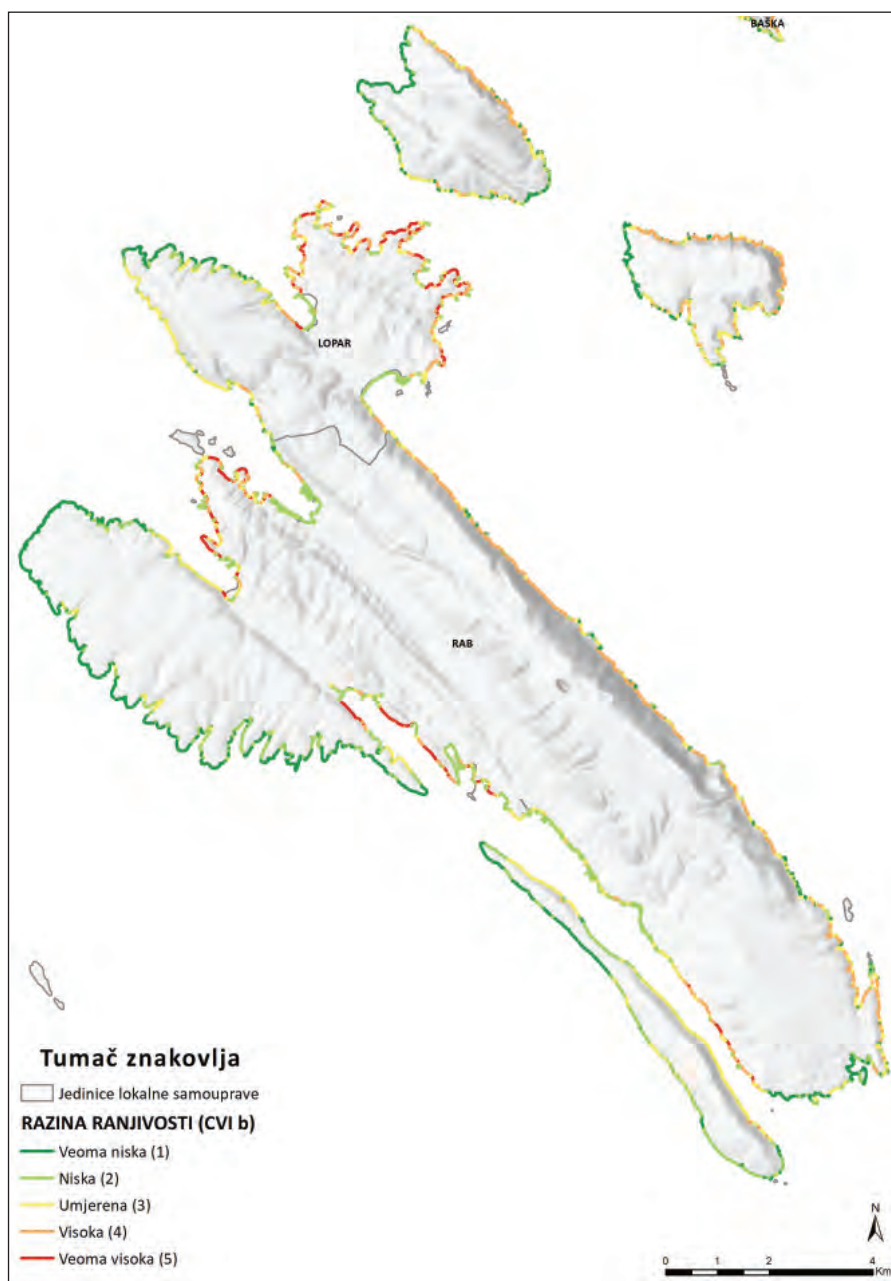
Tablica 18. Otok Rab – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu obalnog nagiba

Ranjivost		Zastupljenost	
Kvalitativno	Kvantitativno	(m)	(%)
Veoma niska	1	42.875	21,8
Niska	2	64.600	32,9
Umjerena	3	43.600	22,2
Visoka	4	35.550	18,1
Veoma visoka	5	9.850	5,0
Prosječna vrijednost		2,52	



Slika 45. Otok Rab – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu obalnog nagiba

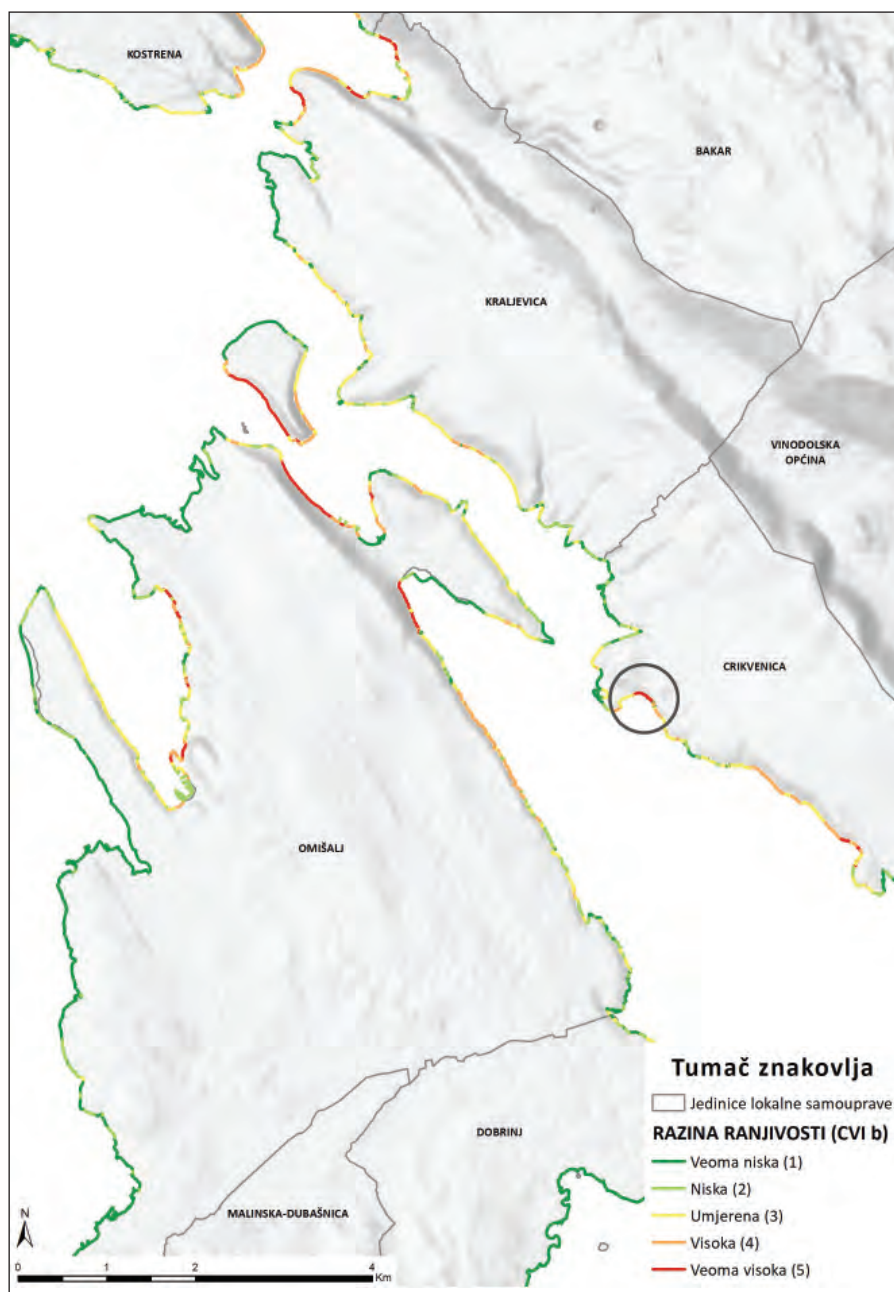
Slika 46. Otok Rab – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog nagiba i rizik od klizanja i odrona zemljišta



Prostorna distribucija CVI-ja za varijablu obalnih nagiba na području otoka Raba veoma je bitna za analizu ranjivosti. Naime, prosječna vrijednost indeksa ranjivosti od 2,52 upućuje na umjerenu ranjivost; 23,1 % obale je visoke i veoma visoke ranjivosti; 22,2 % obale je umjerene ranjivosti; dok je 54,7 % obale niske i veoma niske ranjivosti.

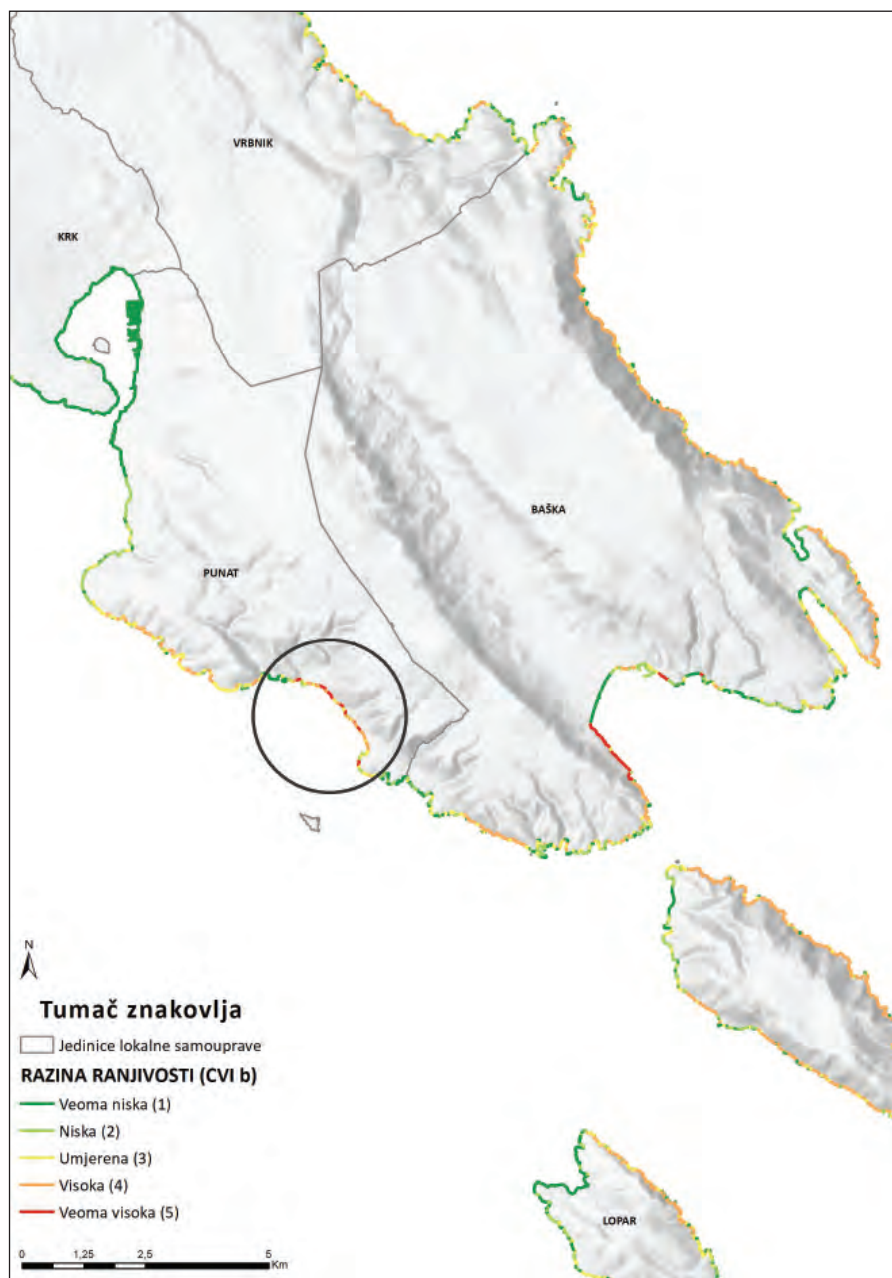
Na ugroženim područjima otoka Raba potrebno je zabraniti sve zahvate kojima bi se moglo utjecati na razinu podzemnih voda jer će povećanje njihovih razina povećati i rizik od lokalnih nestabilnosti terena.

Unatoč korištenju podloga većeg, a time i manje preciznog mjerila, primjena odabrane metode rezultirala je umjerenom do veoma visokom ranjivošću obalnog područja u uvali Havišće (Crikvenica, Slika 47.) što se podudara s opisanim stvarnim stanjem ugroženosti tog dijela obalne linije.



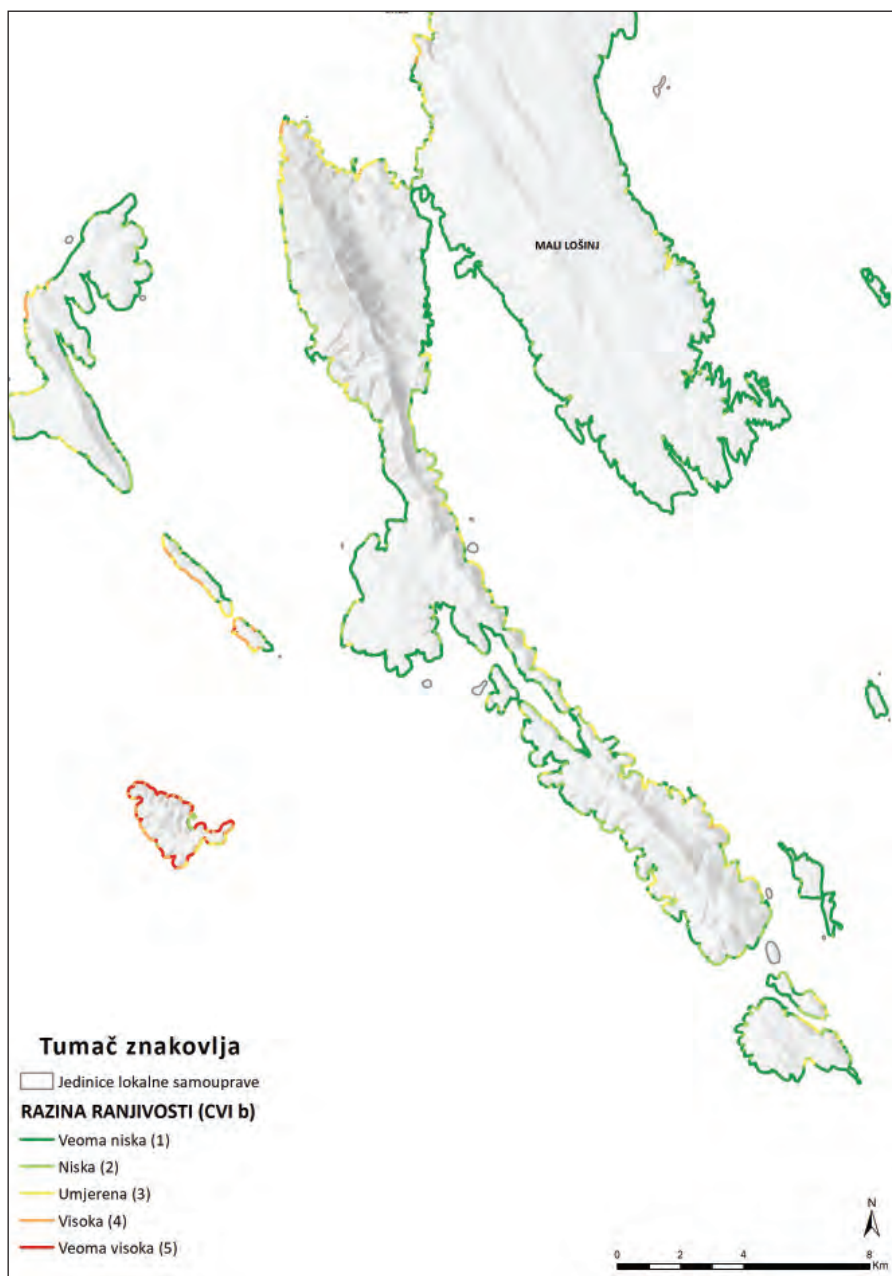
Slika 47. Vinodolski kanal i sjeverni dio otoka Krka – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog nagiba i rizik od klizanja i odrona zemljišta (Uvala Havišće je zaokružena.)

Na Slici 48. prikazana je obalna ranjivost u odnosu na obalni nagib i rizik od klizanja i odrona na jugoistočnoj i istočnoj strani otoka Krka. Ugroženo područje oko naselja Stara Baška karakterizirano je umjerenom do veoma visokom ranjivošću, što je u skladu s prethodno provedenim istraživanjima (Benac i dr., 2014.; Ružić i dr., 2014., 2015., 2018.).



Slika 48. Jugoistočni i istočni dio otoka Krka – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog nagiba i rizik od klizanja i odrona zemljišta (Ugroženo područje Stare Baške je zaokruženo.)

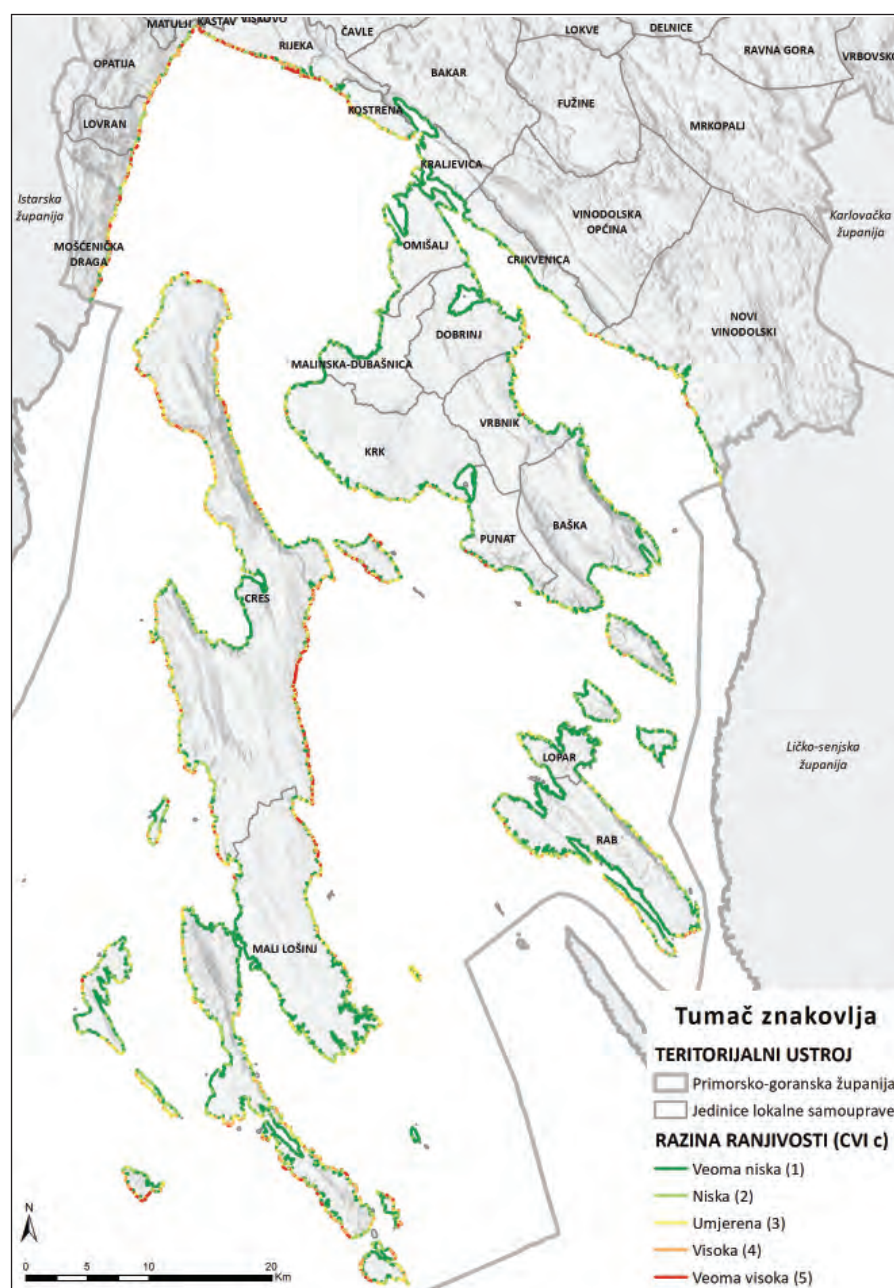
Na Slici 49. prikazana je obalna ranjivost s obzirom na obalni nagib i rizik od klizanja i odrona na području Grada Malog Lošinja. U području pretežito niske ranjivosti ističe se otok Susak čije su obale zahvaljujući geološkoj građi gotovo u cijelosti visoke ili veoma visoke ranjivosti. Iz istog su razloga zapadne obale Velih Srakana i Malih Srakana također mjestimično veoma visoke ranjivosti.



Slika 49. Otok Lošinj – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog nagiba i rizik od klizanja i odrona zemljišta

6.3. Značajna visina vala – H_s (c)

Na Slici 50. prikazana je obalna ranjivost Županije u odnosu na značajnu visinu vala koja je definirana na osnovi provedenih numeričkih simulacija valovanja.

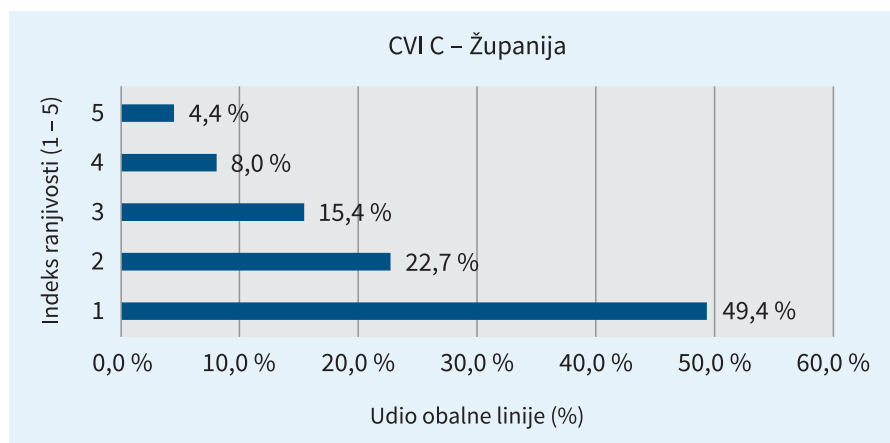


Slika 50. Primorsko-goranska županija – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu značajne visine vala

U Tablici 19. i na Slici 51. prikazana je zastupljenost podindeksa ranjivosti duž obale Županije zbog djelovanja valova.

Tablica 19. Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu značajne valne visine

Ranjivost		Zastupljenost	
Kvalitativno	Kvantitativno	(m)	(%)
Veoma niska	1	58.950	49,4
Niska	2	270.100	22,7
Umjerena	3	183.275	15,4
Visoka	4	95.250	8,0
Veoma visoka	5	52.425	4,4
Prosječna vrijednost		1,95	

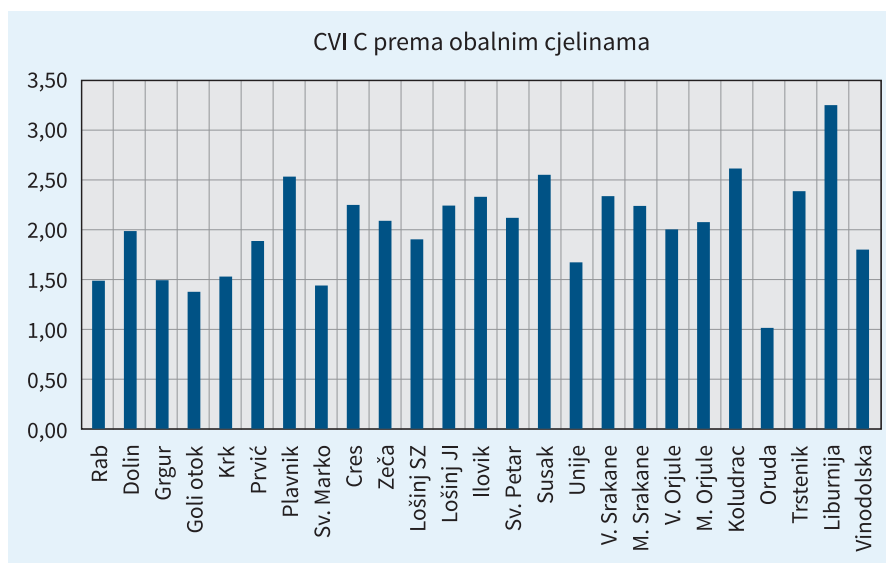


Slika 51. Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu značajne valne visine

Prosječna vrijednost indeksa CVI-ja za djelovanja valova je 1,95 što je niska ranjivost. Oko osmine obale (12,4 %) izloženo je izravnom djelovanju visokih valova pa je visoke i veoma visoke ranjivosti. Na tim lokacijama dolazi do značajnoga nepovoljnog djelovanja valova na obalu. Valovi mogu potaknuti eroziju obale, može doći do prelijevanja i zapljuskivanja valova i na višim kotama (do 5 m), a s time vezana posolica također može značajno ubrzati koroziju.

Na izloženim dijelovima ne preporučuje se izgradnja obalnih građevina (lukobran, umjetna plaža, obalni zid i sl.) bez odgovarajućih prethodnih istraživanja i analiza.

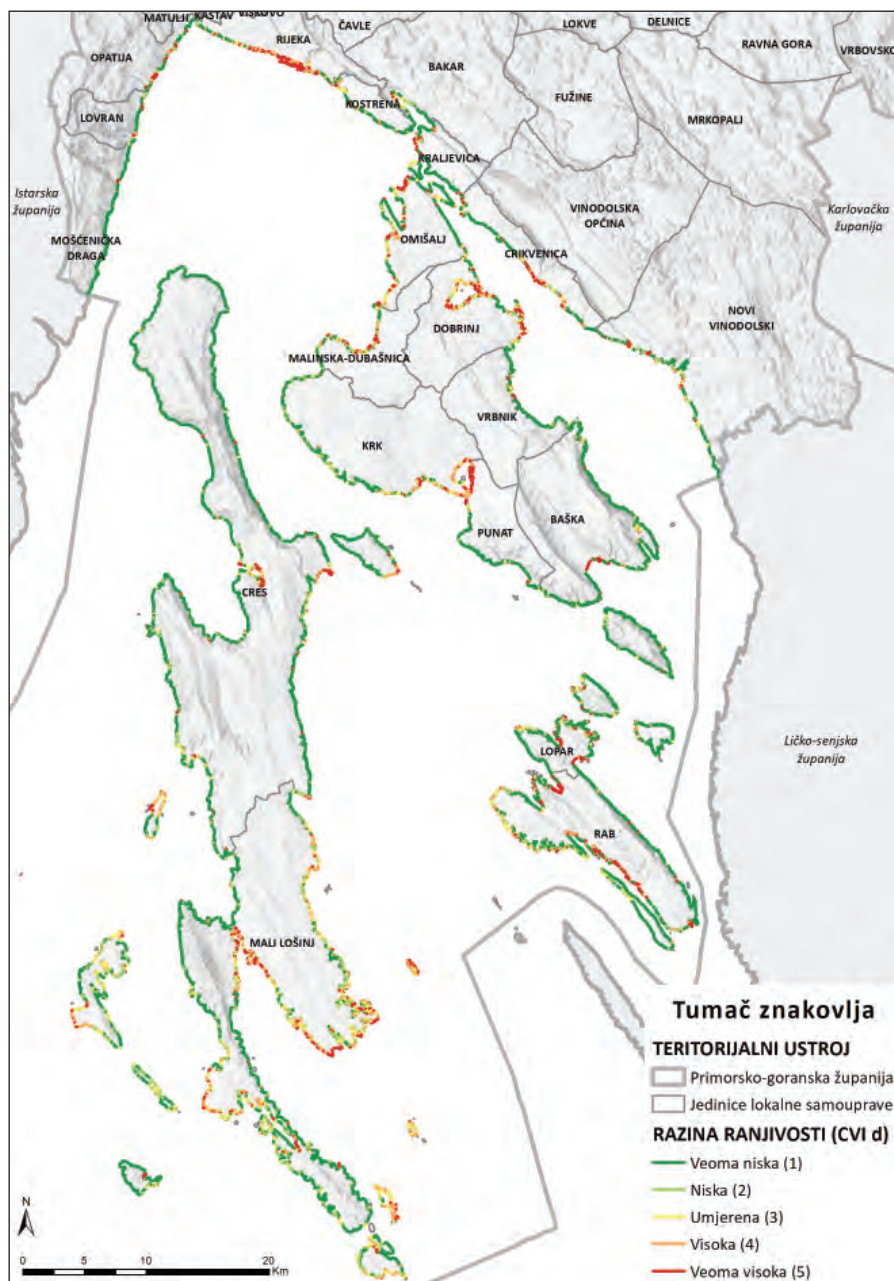
Slika 52. prikazuje prosječnu vrijednost CVI-ja za parametar značajne visine vala prema obrađenim obalnim cjelinama.



Slika 52. Prosječna vrijednost podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu značajne valne visine prema obalnim cjelinama

6.4. Plavljenje obale (d)

Na Slici 53. prikazana je obalna ranjivost Županije, u odnosu na plavljenje obalnog područja. Rezultate je potrebno sagledati u odnosu na vertikalnu (ne)preciznost dostupnih modela terena i osjetljivosti na analizirane varijable.



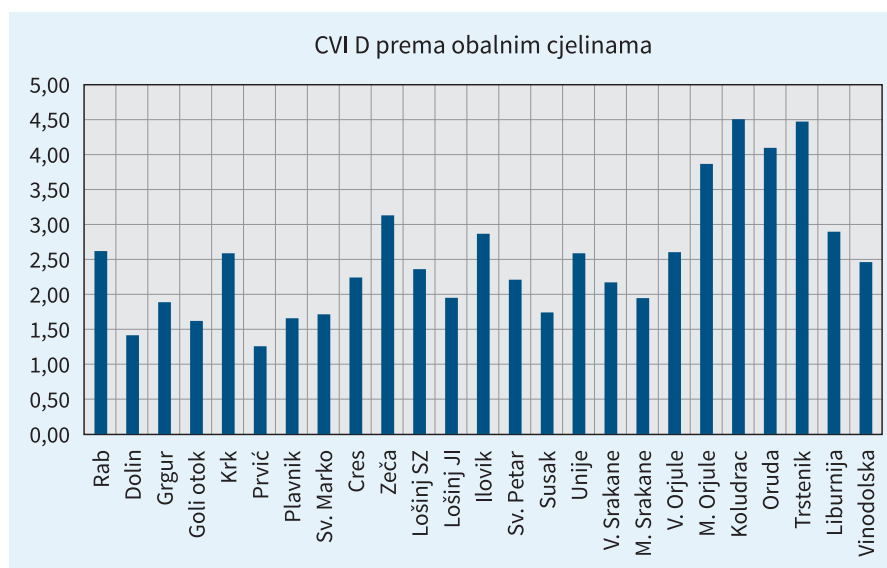
Slika 53. Primorsko-goranska županija – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog plavljenja

U Tablici 20. i na Slici 54. prikazana je zastupljenost podindeksa ranjivosti obalnog plavljenja Županije.

Tablica 20. Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu plavljenja obale

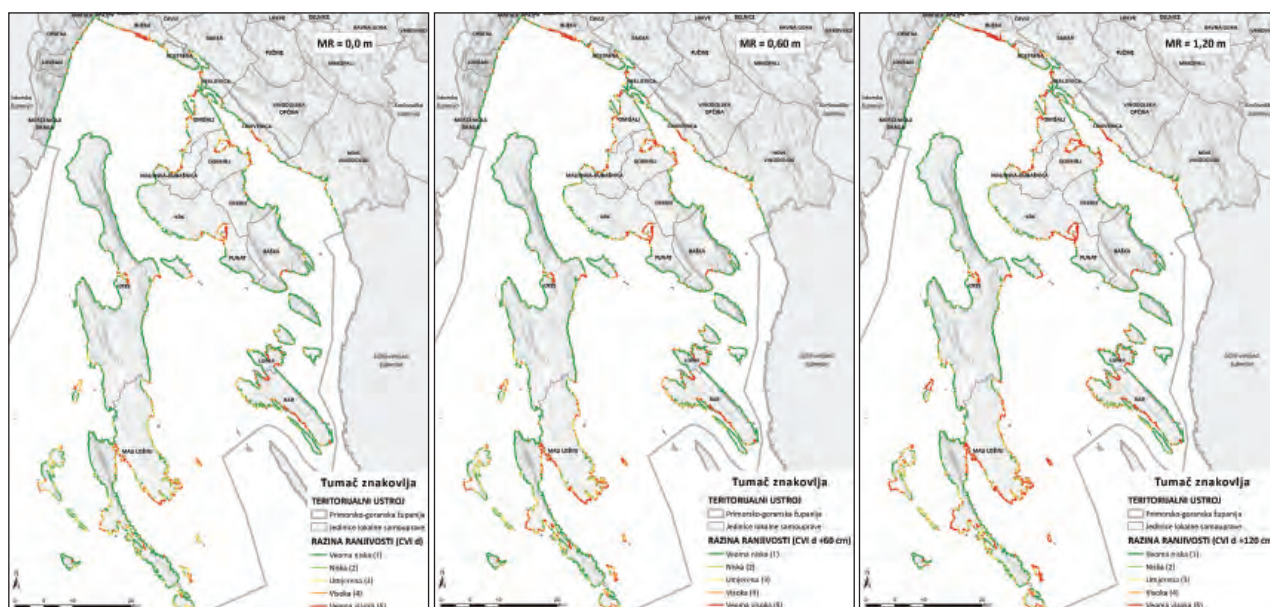
Ranjivost		Zastupljenost	
Kvalitativno	Kvantitativno	(m)	(%)
Veoma niska	1	637.575	53,6
Niska	2	135.850	11,4
Umjerena	3	124.950	10,5
Visoka	4	106.025	8,9
Veoma visoka	5	184.600	15,5
Prosječna vrijednost	2,21		

Slika 54. Prosječna vrijednost podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog plavljenja prema obalnim cjelinama



Gotovo dvije trećine (65 %) obale Županije niske je i veoma niske ranjivosti u odnosu na plavljenja, no više od 24 % obale je veoma visoke i visoke ranjivosti što je veoma zabrinjavajuće. Rizik od plavljenja zastupljen je na čitavom području Županije, a dodatno je nepovoljna činjenica da je većina priobalnih naselja izložena tom riziku. To se i podudara s učestalim negativnim posljedicama na terenu gdje većina obalnih naselja djelomično plavi za vrijeme ekstremno visokih razina mora.

Na Slici 55. i u Tablici 21. prikazana je obalna ranjivost Županije u odnosu na plavljenje obalnog područja u slučaju očekivanog podizanja razine mora (0,60 m) i podizanja razine mora kod ekstremnih događaja (1,20 metara).



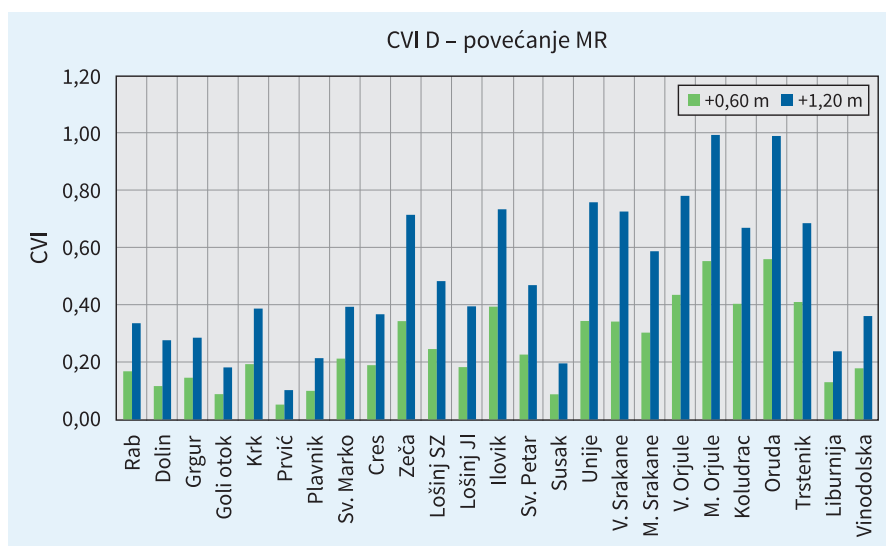
Slika 55. Primorsko-goranska županija – podindeks obalne ranjivosti (CVI) za varijablu plavljenja obale u slučaju podizanja srednje razine mora

Tablica 21. Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu obalnog plavljenja u slučaju podizanja srednje razine mora

		Povećanje MR		
		+0,00 m	+0,60 m	+1,20 m
Ranjivost		(%)	(%)	(%)
1	Veoma niska	53,6	49,4	45,4
2	Niska	11,4	10,8	10,3
3	Umjerena	10,5	10,0	9,3
4	Visoka	8,9	9,1	8,7
5	Veoma visoka	15,5	20,7	26,3

Očekivanim podizanjem razine mora doći će do značajnog povećanja obalne ranjivosti Županije. U slučaju podizanja razine mora za 0,60 m očekuje se smanjenje udjela deklarirane niske i veoma niske obalne ranjivosti od 4,8 %, dok će se udio obale veoma visoke ranjivosti povećati za 5,1 %. U slučaju ekstremnih razina mora za vrijeme olujnih uspora te brojke su još nepovoljnije.

Slika 56. Relativno povećanje prosječne vrijednosti podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog plavljenja pri dizanju razine mora, prema obalnim cjelinama



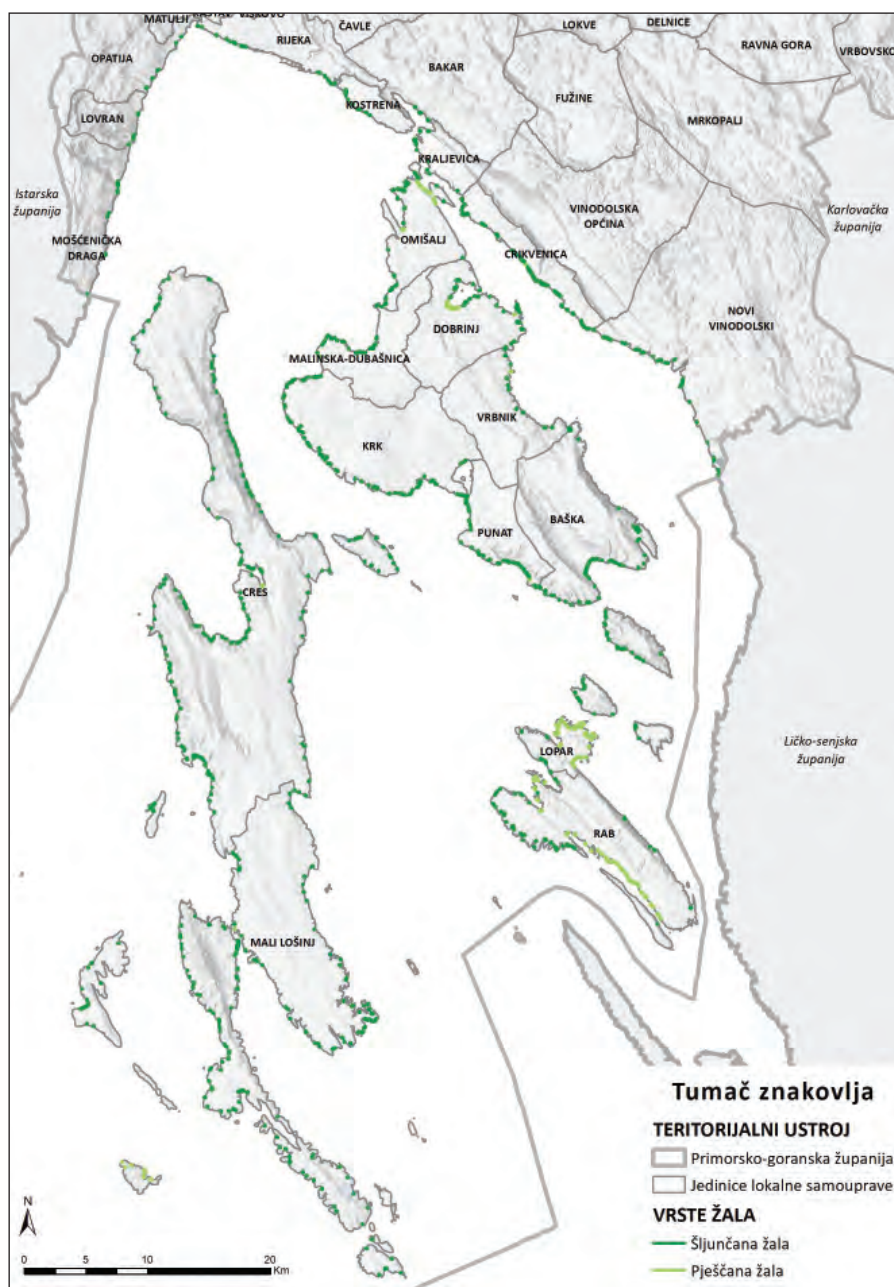
Slika 56. prikazuje povećanje ranjivosti obalnog plavljenja prema obrađenim obalnim cjelinama.

Najveći porast ranjivosti je na manjim otocima, što je i očekivano. Na otoku Susku predviđa se relativno malo povećanje obalne ranjivosti zbog podizanja razine mora, što je ohrabrujuće s obzirom na to da je Susak općenito najugroženiji i već sada dolazi do značajnih plavljenja u Donjem Selu.

6.5. Postojanje i vrsta žala (e)

Na osnovi definirane obalne linije (PAP/RAC, 2019.) i provedene dodatne obrade, utvrđene su površine pod žalima.

Ova je varijabla definirana kao postojanje žala na određenoj lokaciji. Prilagođena je u odnosu na originalnu u kojoj se ranjivost definira na osnovi širine žala zbog mjerila dostupnih podloga. Slika 57. prikazuje lokacije u Županiji u na kojima su formirana žala prema njihovoj vrsti.

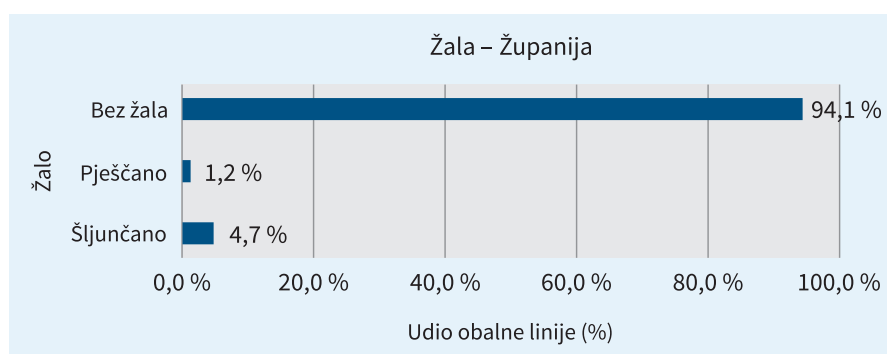


Slika 57. Primorsko-goranska županija – lokacije i vrste žala

U Tablici 22. i na Slici 58. prikazana je zastupljenost pojedine vrste žala na obalama Županije.

Tablica 22. Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu postojanja i vrste žala

	Žalo	(m)	(%)
-2	Šljunčano	56.100	4,7
-1	Pješčano	14.550	1,2
0	Bez žala	1.118.350	94,1

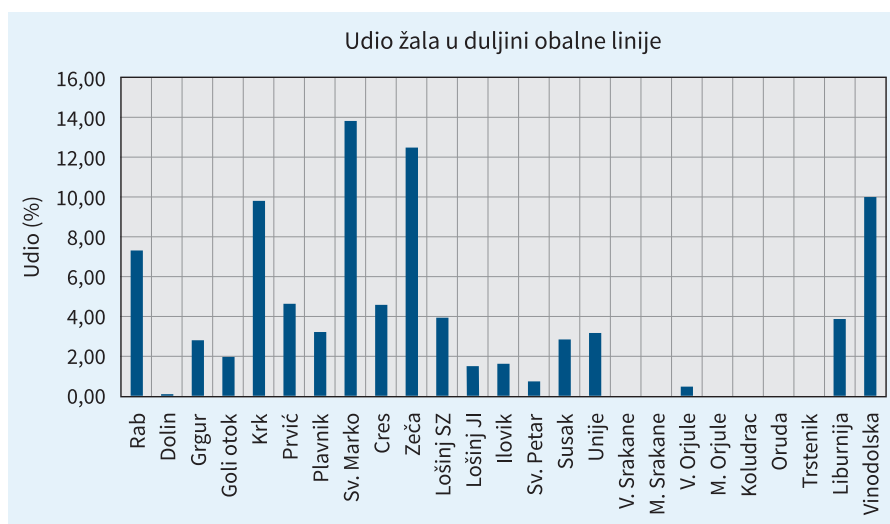


Slika 58. Primorsko-goranska županija – zastupljenost pojedine vrste žala

Zbog male zastupljenosti žala na obalama Županije, na samo 5,9 % obalne linije doći će do umanjavanja ranjivosti uslijed prethodno opisanih povoljnih učinaka žala.

Budući da žala štite obalu od negativnih utjecaja, prvenstveno valova, potrebno je provesti odgovarajuće mjere za zaštitu postojećih prirodnih i umjetnih žala:

- zabraniti izgradnju na žalima i u zoni neposredno iza njih kako ne bi došlo do erozije, a time i povećanja ugroženosti čitave obale
- za žala kod kojih je zaustavljen prirodan sustav dohrane, preporučuje se provesti dohranu, ali samo uz korištenje odgovarajućeg materijala (sedimenta).



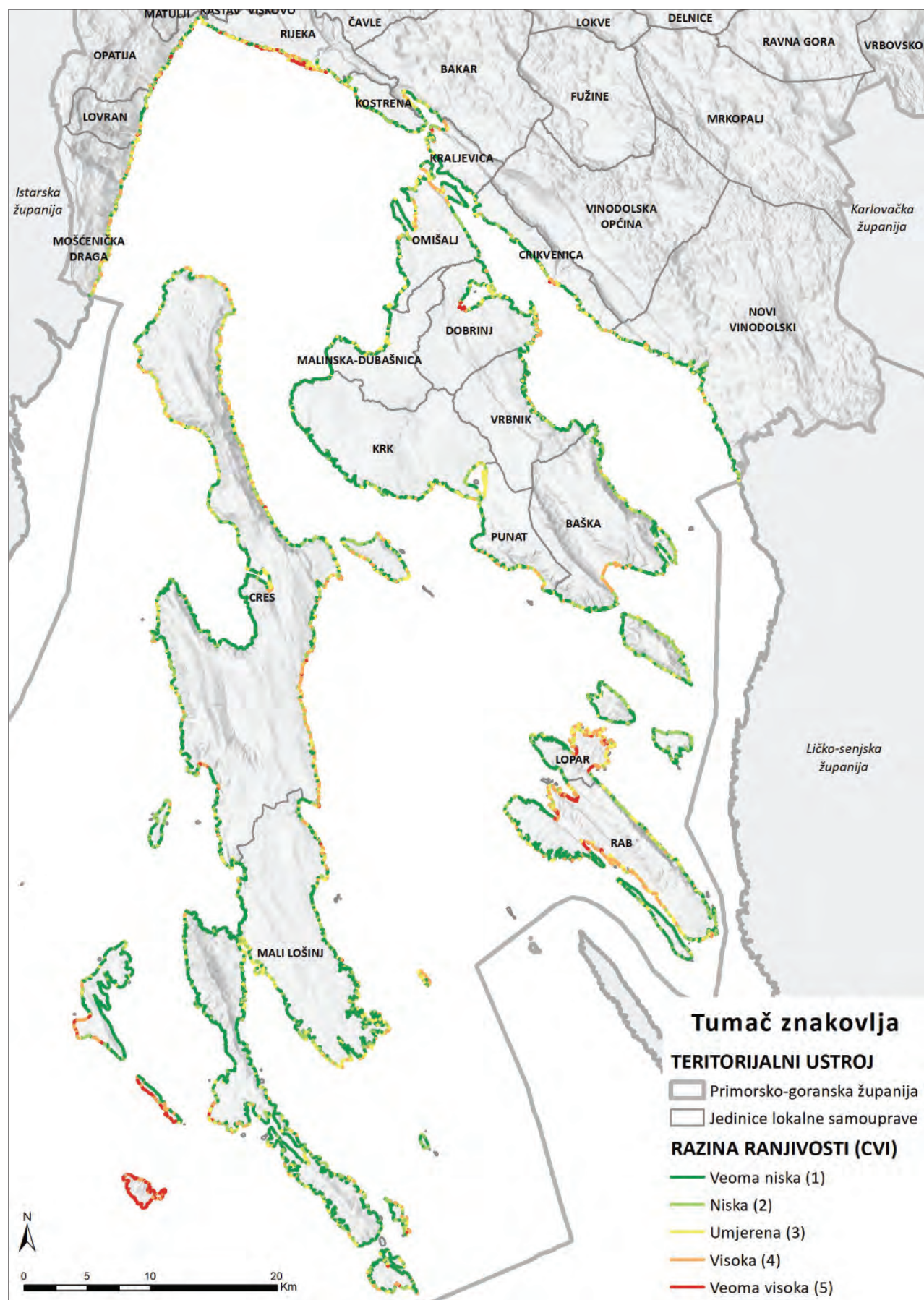
Slika 59. Udio žala u duljini obalne linije prema obalnim cjelinama

Na Slici 59. prikazan je udio žala (pješčanih i šljunčanih) u duljini obalne linije pojedine obrađene obalne cjeline. Zbog nešto većeg udjela žala na obalnoj je liniji smanjena ranjivost vinodolske obale te obala otoka Sv. Marka, Zeče i Krka.

6.6. Indeks obalne ranjivosti (CVI)

Na osnovi provedene analize podindeksa ranjivosti i definirane formule, određen je zbirni indeks obalne ranjivosti (CVI). Provedeno je više analiza uz korištenje različitih formula CVI-ja, ali je odabrana formula koja naglašava umanjenje ranjivosti zbog postojanja žala (poglavlje: 5.2.6. *Indeks obalne ranjivosti (CVI)*).

Na Slici 60. prikazan je CVI za obalnu liniju Županije.

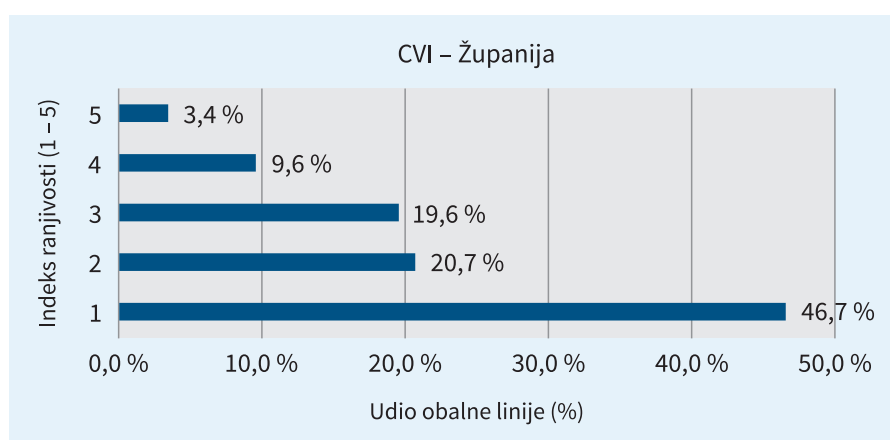


Slika 60. Primorsko-goranska županija – rezultati konačnog indeksa obalne ranjivosti (CVI)

U Tablici 23. i na Slici 61. prikazana je zastupljenost CVI-ja obalnog područja Županije.

Tablica 23. Primorsko-goranska županija – zastupljenost konačnog indeksa obalne ranjivosti (CVI)

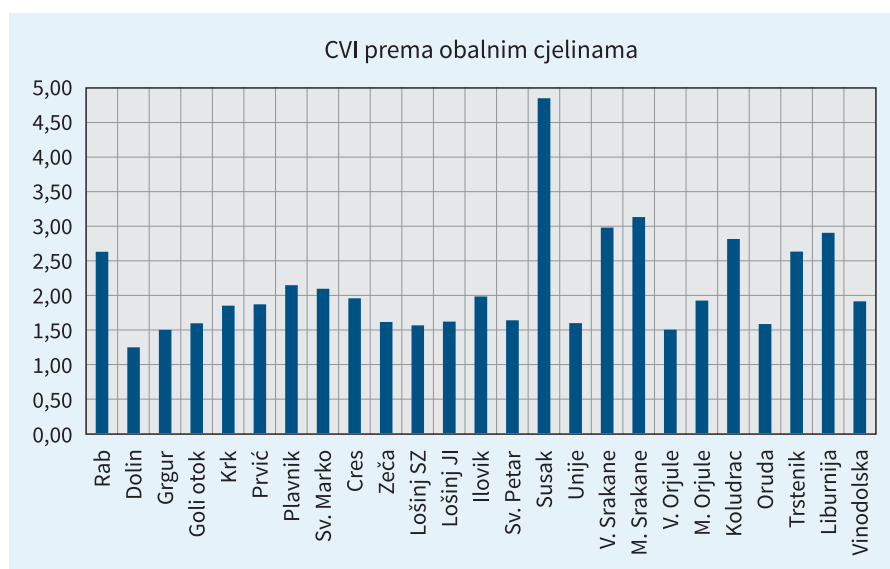
Ranjivost		Zastupljenost	
Kvalitativno	Kvantitativno	(m)	(%)
Veoma niska	1	555.125	46,7
Niska	2	246.575	20,7
Umjerena	3	232.925	19,6
Visoka	4	113.675	9,6
Veoma visoka	5	40.700	3,4
Prosječna vrijednost	2,02		



Slika 61. Primorsko-goranska županija – zastupljenost konačnog indeksa obalne ranjivosti (CVI)

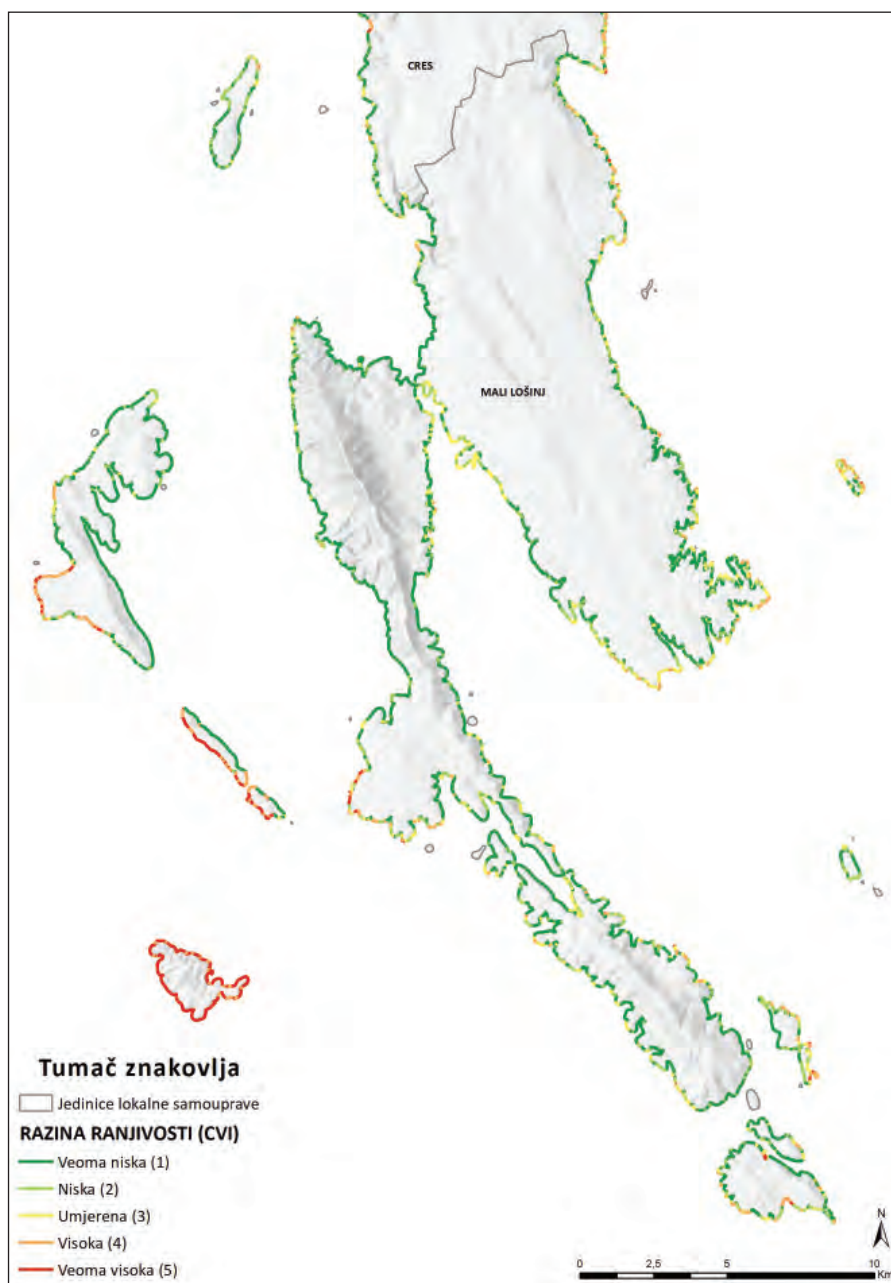
Većina područja Županije (67,4 %) niske je i veoma niske ranjivosti, dok je 13 % visoke i veoma visoke ranjivosti. Prosječna ranjivost je 2,02, što odgovara niskoj ranjivosti.

Na Slici 62. prikazan je CVI obalnog područja PGŽ-a prema obrađenim obalnim cjelinama.



Slika 62. Prosječna vrijednost konačnog indeksa obalne ranjivosti (CVI) prema obalnim cjelinama

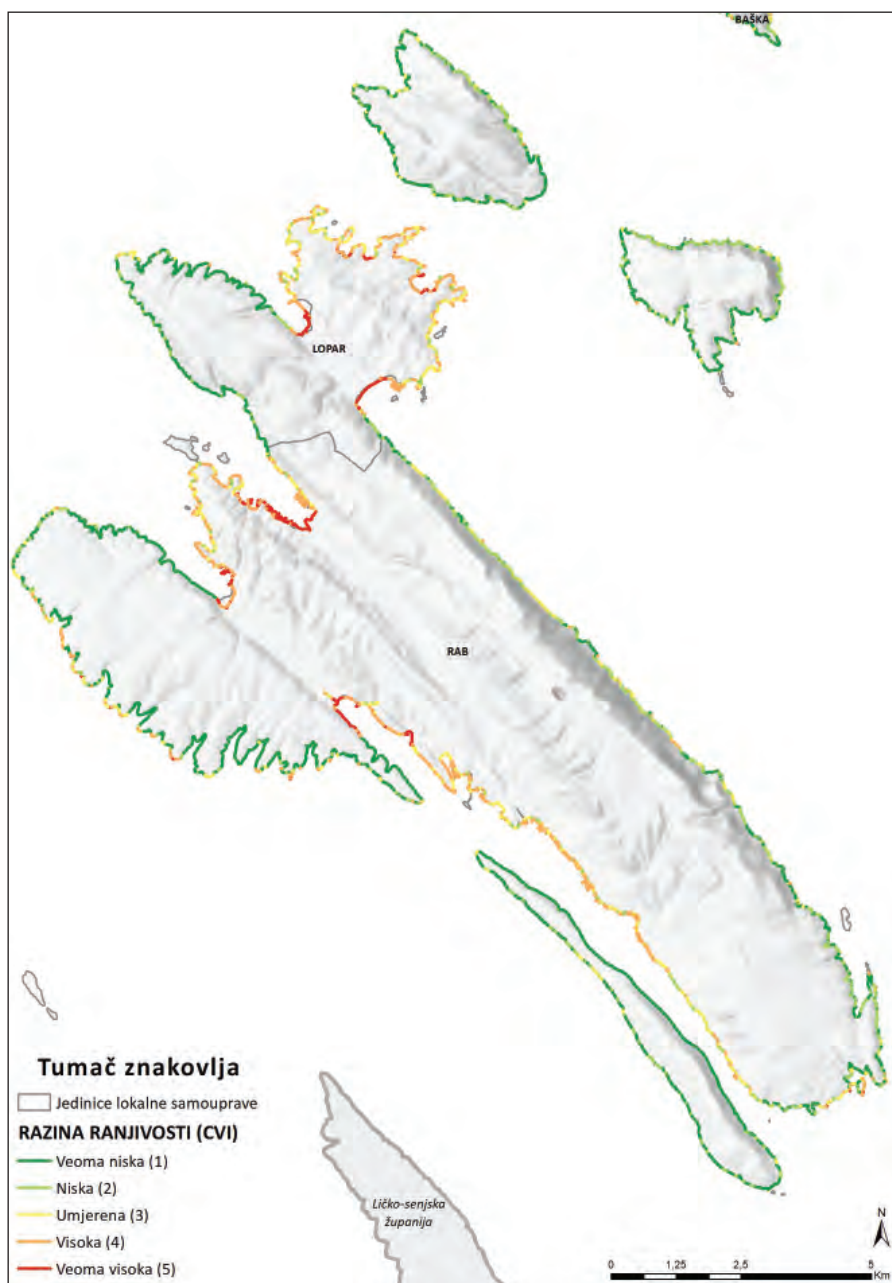
Slika 63. Grad Mali Lošinj – rezultati konačnog indeksa obalne ranjivosti (CVI)



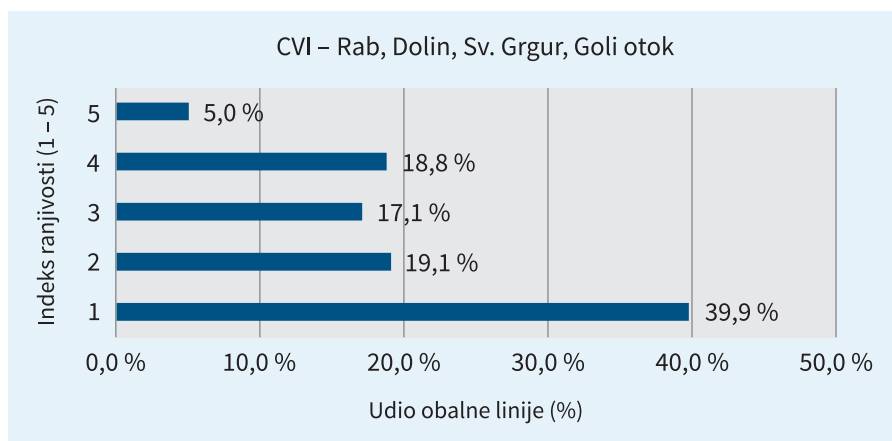
Najugroženiji je otok Susak (Slike 62. i 63.), čija je cijela obalna linija visoke i veoma visoke ranjivosti.

Grad Mali Lošinj je umjerene ranjivosti, što odgovara evidentiranim pojavama izloženosti riziku od obalnog plavljenja, dok su drugi čimbenici umjereniji. Više-manje nenaseljeno južno područje otoka Cresa (Punta Križa) umjerene je do visoke ranjivosti zbog niskih obala i izloženosti djelovanju valova.

Otok Rab općenito ima visok CVI, prosječne vrijednosti 2,3 (Slika 64.). Karakterizira ga obala koja većinom nije ugrožena (59 %), ali je od visoke i veoma visoke ranjivosti ugroženo čak 23,8 % obale (Slika 65.).



Slika 64. Otok Rab – rezultati konačnog indeksa obalne ranjivosti (CVI)



Slika 65. Otok Rab – zastupljenost konačnog indeksa obalne ranjivosti

Na otoku Rabu dodatno je nepovoljna činjenica da su izgrađena područja ujedno i područja najveće ranjivosti, što izrazito povećava rizik.

Područje Liburnije visoke je ranjivosti, vrijednosti CVI-ja oko 2,90. Na tom je dijelu najviše ugroženo područje Grada Rijeke kojemu pripada i riječki luko-
bran dužine oko 4 km, što značajno povećava ukupnu ranjivost (Slika 66.).



Slika 66. Riječki zaljev – rezultati konačnog indeksa obalne ranjivosti (CVI)

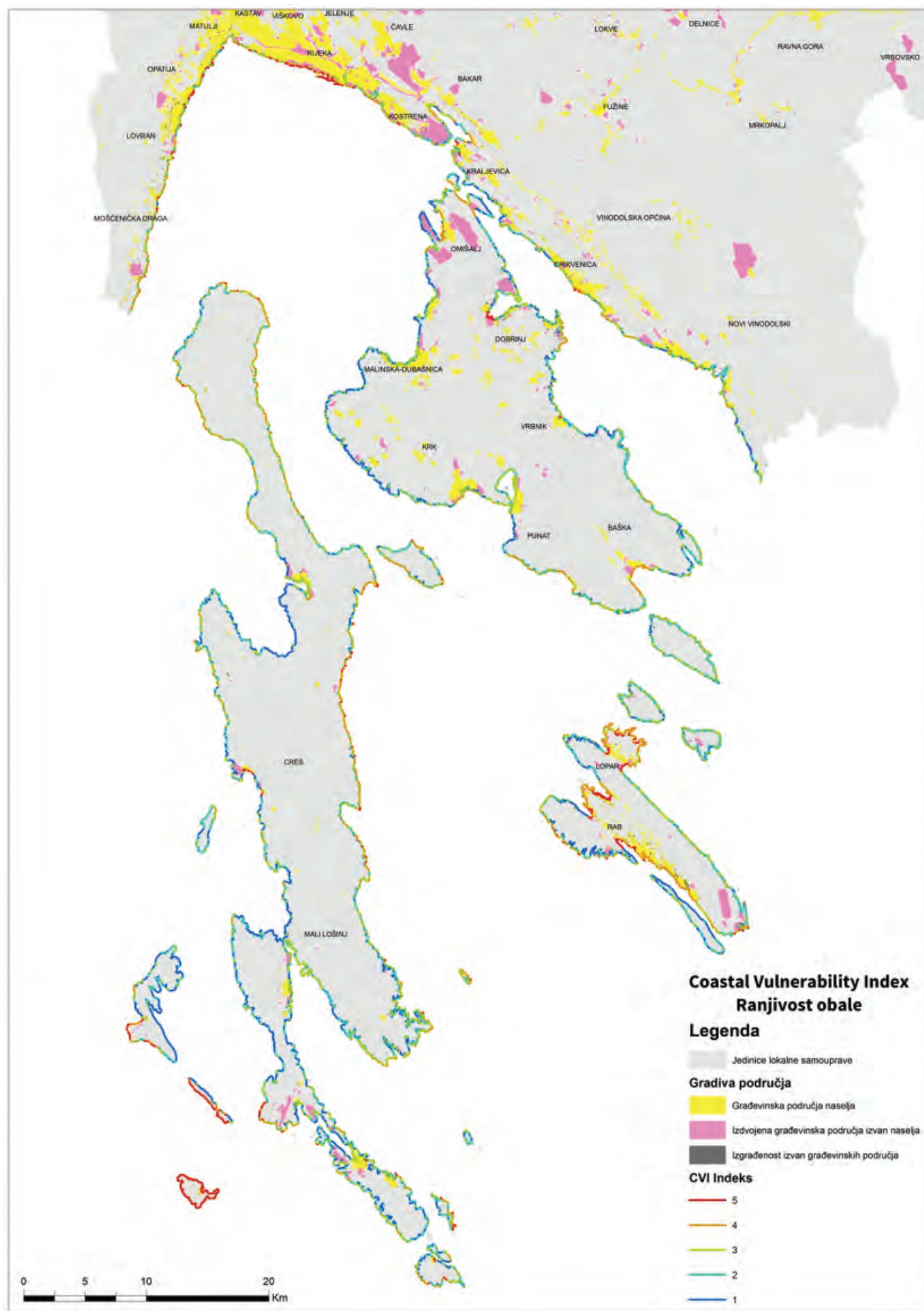
6.7. Analiza dobivenih rezultata ranjivosti obalnog područja Primorsko-goranske županije u odnosu na sva građevinska područja i izgrađena područja izvan građevinskih područja

Radi dodatnih analiza utvrđene ranjivosti i diseminacije rezultata istraživanja, u odnosu na gradiva područja utvrđena prostornim planovima uređenja obalnih općina i gradova na razmatranom području, podatkovni set s rezultatima ranjivosti na obali dodatno je obrađen i prilagođen. Svih 47.560 točaka koje su bile *output* (izlaz) istraživanja vraćeno je na obalnu liniju koja je bila primarni *input* (ulaz) u analizama obalne ranjivosti. Nakon toga obalna linija podijeljena je u 25-metarske segmente, pri čemu je vrijednost ranjivosti pojedine točke pridružena dijelu obalne linije koji se nalazi na 12,5 m udaljenosti sa svake strane te točke.⁴

S obzirom na neusklađenost obalne linije korištene u istraživanju s obalnom linijom korištenom u prostornim planovima uređenja općina/gradova na obali, izvršena je manualna digitalizacija, odnosno atribuiranje segmenata obalne linije sukladno njihovom preklopu i/ili prostornom odnosu s građevinskim područjima utvrđenima u prostorno-planskoj dokumentaciji. Novostvoreni atributi pridodani su obalnoj liniji s podacima o ranjivosti kako bi se mogla izračunati statistika te izvršiti analiza ranjivosti po građevinskim područjima.

Slika 67. prikazuje ukupnu vrijednost indeksa ranjivosti zajedno s građevinskim područjima naselja, izdvojenim građevinskim područjima izvan naselja te izgrađenim dijelovima izvan građevinskog područja.

⁴ S obzirom na korištenu metodologiju te izvršenu prilagodbu rezultata istraživanja, u ovom poglavlju može doći do manjih razlika u pogledu duljine obalne linije koja je ugrožena, u odnosu na rezultate predočene u prethodnim poglavljima.



Slika 67. Ranjivost obale Primorsko-goranske županije u odnosu na postojeća i planirana područja gradnje

U Tablici 24. analizirana je zastupljenost obalne linije koja je ovim istraživanjem određena kao veoma visoko i visoko ranjiva i to:

- u građevinskim područjima (preuzetima iz važećih prostornih planova uređenja gradova i općina) te
- na području postojeće izgradnje izvan građevinskih područja (preuzete iz službenog katastarskog plana).

Analiza pokazuje da je čak četvrtina ukupne obalne linije utvrđena kao veoma visoko i visoko ranjiva (26,3 %) zastupljena u građevinskim područjima naselja, odnosno da je od ukupne obalne linije obuhvaćene svim građevinskim područjima naselja gotovo četvrtina veoma visoko i visoko ranjiva (24,4 %). Zastupljenost je još veća ako se razmatra samo izgrađeno građevinsko područje naselja. Nadalje, od utvrđene veoma visoko i visoko ranjive obalne linije sva izgrađena građevinska područja obuhvaćaju trećinu te linije, a sva postojeća i planirana gradiva područja obuhvaćaju gotovo 40 %!

Tablica 24. Ranjivost obalnog područja Primorsko-goranske županije u odnosu na sva prostornim planovima uređenja gradova i općina utvrđena građevinska područja i izgrađena područja izvan građevinskih područja

	Ukupna duljina obale PGŽ-a		Duljina obale s veoma visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)			
	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale PGŽ-a
Namjena obale						
Sve namjene	1.193,88	100,0	178,30	100,0	14,9	14,9
Građevinska područja naselja	165,97	13,9	43,58	24,4	26,3	3,6
Izgrađeni dijelovi	151,44	12,7	41,76	27,6	27,6	3,5
Neizgrađeni dijelovi	14,53	1,2	1,82	12,5	12,5	0,2
Izdvojena građevinska područja izvan naselja	136,22	11,4	23,38	13,1	17,2	2,0
Izgrađeni dijelovi	103,26	8,6	17,36	9,7	16,8	1,5
Neizgrađeni dijelovi	32,95	2,8	6,02	3,4	18,3	0,5
Izgrađena područja izvan građevinskih područja	14,13	1,2	0,98	0,5	6,9	0,1
Negrađiva područja izvan građevinskih područja	877,56	73,5	110,36	61,9	12,6	9,2
Svi izgrađeni dijelovi građevinskih područja ukupno	254,70	21,3	59,12	33,2	23,2	5,0
Sva građevinska područja ukupno	302,18	25,3	66,96	37,6	22,2	5,6
Sva gradiva područja ukupno	316,32	26,5	67,93	38,1	21,5	5,7

U Tablici 25. dani su udjeli obalne linije definirane s visokom i veoma visokom ranjivosti prema pojedinoj varijabli po svim obalnim jedinicama lokalne samouprave.

Vidljivo je kako prema varijabli **A – geološka građa**, najveću relativnu ranjivost imaju gradovi Crikvenica (8,2 %), Rab (7,7 %) i Mali Lošinj (7,6 %). Veliki je broj gradova i općina (Bakar, Kostrena, Rijeka, Krk, Malinska-Dubašnica i Vrbnik) koji na obali nemaju krupnozrnatih/sitnozrnatih naplavina, odnosno dijelova visoke i veoma visoke ranjivosti.

Prema varijabli **B – obalni nagib**, izrazito visoku ranjivost pokazuju Mošćenička Draga (55 %), Baška (43,5 %), Lopar (30,1 %), Cres (23,8 %) i Rab (19,1 %). Najmanje ugroženi su Malinska-Dubašnica (0 %), Dobrinj (0,3 %), Rijeka (1,4 %) i Lovran (2,6 %). Iako se većini lokalnih jedinica obala ranjiva po ovoj varijabli nalazi u dijelu koji nije izgrađen ili planiran za razvoj, u Kostreni (7,1 %), Bakru (5,2 %), Kraljevici (4,8 %), Opatiji (4,2 %), Rabu (4,2 %) i Puntu (4,1 %) ranjivi dio obale koji se nalazi u već izgrađenim zonama znatno je viši od prosjeka za cijelu Županiju (1,2 %).

Analiza ranjivosti po varijabli **C – maksimalna visina vala**, pokazuje najmanju ugroženost u zaljevom zaštićenom Bakru (0 %), Malinskoj-Dubašnici (0 %), Omišlju (0,1 %) Kraljevici (0,2 %) i Loparu (0,8 %). Istodobno, gusto izgrađeni Rijeka (47,9 %), Opatija (47,7 %), Lovran (42,8 %) imaju najveći udio obale visoke i veoma visoke ranjivosti.

Varijabla **D – plavljenje obale**, najosjetljivija je varijabla, odnosno relativno najveći udio obale ugrožen je upravo od obalnog plavljenja. Sve mikroregije, odnosno promatrane cjeline (priobalje, otočne skupine), imaju udio ugrožene obale na razini županijskog prosjeka (24,4 %). Najugroženiji od utjecaja ove varijable su Rijeka (69,4 %), Dobrinj (49,1 %), Punat (46,7 %), Opatija (44,1 %), Malinska-Dubašnica (37,5 %) i Crikvenica (35 %). Upravo u Rijeci, Opatiji i Crikvenici, kao izrazitim urbaniziranim cjelinama, najveći udio ugrožene obale nalazi se u zonama koje su prostorno-planskom dokumentacijom utvrđene kao izgrađene ili planirane za izgradnju i razvoj. Relativno slabije ugroženi od utjecaja ove varijable su Mošćenička Draga (4,8 %), Vrbnik (9,6 %), Baška (10,1 %), Lopar (11,3 %) i Cres (11,9 %).

Tablica 25. Analiza dobivenih rezultata obalne ranjivosti po varijablama i jedinicama lokalne samouprave, u odnosu na sva građevinska područja i izgrađena područja izvan građevinskih područja

JEDINICA LOKALNE SAMOUPRAVE	IZGRAĐENOST ⁵	VISOKA I VEOMA VISOKA RANJIVOST OBALA ⁶									
		OBALNA LINIJA		Varijabla A – GEOLOŠKA GRAĐA		Varijabla B – OBALNI NAGIB		Varijabla C – MAKSIMALNA VISINA VALA		Varijabla D – PLAVLJENJE OBALA	
		Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)
Bakar	Izgrađeno	5,6	72,7	0,0	0,0	0,4	5,2	0,0	0,0	1,4	17,5
	Planirano za razvoj	0,3	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,3
	Preostalo	1,8	23,0	0,0	0,0	0,7	8,8	0,0	0,0	0,1	0,7
	Ukupno	7,7	100,0	0,0	0,0	1,1	14,0	0,0	0,0	1,5	19,5
Crikvenica	Izgrađeno	18,1	65,0	2,2	7,7	0,7	2,6	0,5	1,6	8,7	31,2
	Planirano za razvoj	2,7	9,9	0,0	0,0	0,4	1,4	0,2	0,6	0,4	1,4
	Preostalo	7,0	25,2	0,1	0,4	2,6	9,5	0,6	2,3	0,7	2,4
	Ukupno	27,8	100,0	2,3	8,2	3,7	13,5	1,3	4,5	9,7	35,0
Kostrena	Izgrađeno	10,2	62,9	0,0	0,0	1,2	7,1	1,6	9,5	2,4	14,8
	Planirano za razvoj	3,9	24,2	0,0	0,0	0,3	1,9	1,4	8,8	0,9	5,8
	Preostalo	2,1	12,9	0,0	0,0	0,1	0,8	0,5	3,0	0,3	1,7
	Ukupno	16,3	100,0	0,0	0,0	1,6	9,8	3,5	21,3	3,6	22,3

⁵ Izgrađenost pokazuje izgrađena građevinska područja, područja prostornim planovima planirana za razvoj te preostala područja obalne linije i to kako slijedi:

IZGRAĐENO je utvrđeno prostornim preklapanjem obalne linije sa zonama izgrađenih građevinskih područja utvrđenih prostornim planovima uređenja gradova i općina na području PGŽ-a, 2020.

PLANIRANO ZA RAZVOJ je utvrđeno prostornim preklapanjem obalne linije sa zonama neizgrađenih građevinskih područja utvrđenih prostornim planovima uređenja gradova i općina na području PGŽ-a, 2020.

PREOSTALO predstavlja preostali dio obalne linije koji nije izgrađen niti planiran za razvoj.

⁶ Prikazane su duljine i udjeli obalne linije koji su prilikom izračuna pojedinih varijabli i ukupnog indeksa pripali visokom (4*) i veoma visokom (5*) stupnju ranjivosti.

JEDINICA LOKALNE SAMOUPRAVE	IZGRAĐENOST ⁵	VISOKA I VEOMA VISOKA RANJIVOST OBALE ⁶									
		OBALNA LINIJA		Varijabla A – GEOLOŠKA GRAĐA		Varijabla B – OBALNI NAGIB		Varijabla C – MAKSIMALNA VISINA VALA		Varijabla D – PLAVLJENJE OBALE	
		Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)
Kraljevica	Izgrađeno	8,8	57,3	0,4	2,8	0,7	4,8	0,0	0,2	3,1	20,1
	Planirano za razvoj	1,5	9,9	0,3	2,0	0,3	2,0	0,0	0,0	0,3	2,0
	Preostalo	5,0	32,8	0,0	0,0	1,3	8,7	0,0	0,0	0,4	2,6
	Ukupno	15,4	100,0	0,7	4,8	2,4	15,5	0,0	0,2	3,8	24,7
Lovran	Izgrađeno	5,3	78,2	0,4	6,2	0,1	0,7	1,9	27,7	1,3	18,8
	Planirano za razvoj	1,3	18,8	0,1	1,1	0,1	0,7	0,9	12,5	0,1	1,8
	Preostalo	0,2	2,9	0,0	0,0	0,1	1,1	0,2	2,6	0,0	0,0
	Ukupno	6,8	100,0	0,5	7,3	0,2	2,6	2,9	42,8	1,4	20,6
Mošćenička Draga	Izgrađeno	2,2	12,6	1,1	6,5	0,2	1,0	0,6	3,7	0,6	3,2
	Planirano za razvoj	0,6	3,6	0,0	0,0	0,2	1,2	0,3	1,8	0,0	0,1
	Preostalo	14,4	83,8	0,0	0,1	9,0	52,8	5,9	34,4	0,3	1,5
	Ukupno	17,1	100,0	1,1	6,6	9,4	55,0	6,8	39,9	0,8	4,8
Novi Vinodolski	Izgrađeno	14,5	47,3	0,4	1,1	0,1	0,3	1,4	4,6	3,8	12,5
	Planirano za razvoj	1,6	5,3	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	1,2	0,1	0,2
	Preostalo	14,5	47,4	0,2	0,7	2,2	7,3	1,4	4,6	2,2	7,3
	Ukupno	30,6	100,0	0,6	1,9	2,4	7,9	3,2	10,3	6,1	20,0
Opatija	Izgrađeno	14,9	93,1	0,4	2,2	0,7	4,2	7,0	43,7	6,1	38,1
	Planirano za razvoj	0,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
	Preostalo	1,0	5,9	0,0	0,3	0,0	0,0	0,6	3,9	0,9	5,6
	Ukupno	16,0	100,0	0,4	2,5	0,7	4,2	7,6	47,7	7,1	44,1
Rijeka	Izgrađeno	26,0	89,4	0,0	0,0	0,4	1,3	12,4	42,6	17,6	60,5
	Planirano za razvoj	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,0	0,0	0,0
	Preostalo	2,8	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	4,3	2,6	8,9
	Ukupno	29,1	100,0	0,0	0,0	0,4	1,4	14,0	47,9	20,2	69,4

VISOKA I VEOMA VISOKA RANJIVOST OBALE ⁶											
JEDINICA LOKALNE SAMOUPRAVE	IZGRAĐENOST ⁵	OBALNA LINIJA		Varijabla A – GEOLOŠKA GRAĐA		Varijabla B – OBALNI NAGIB		Varijabla C – MAKSIMALNA VISINA VALA		Varijabla D – PLAVLJENJE OBALE	
		Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)
UKUPNO PRIOBALJE	Izgrađeno	105,6	63,3	4,8	2,9	4,4	2,6	25,4	15,2	44,9	26,9
	Planirano za razvoj	12,5	7,5	0,4	0,2	1,3	0,8	3,4	2,1	2,0	1,2
	Preostalo	48,7	29,2	0,4	0,3	16,1	9,7	10,5	6,3	7,4	4,4
	Ukupno	166,8	100,0	5,6	3,4	21,9	13,1	39,3	23,5	54,3	32,5
Baška	Izgrađeno	3,9	4,9	1,0	1,3	0,6	0,8	0,0	0,0	2,4	3,0
	Planirano za razvoj	0,8	1,1	0,4	0,5	0,2	0,3	0,0	0,0	0,4	0,5
	Preostalo	74,1	94,0	0,4	0,5	33,4	42,4	3,1	3,9	5,2	6,6
	Ukupno	78,8	100,0	1,8	2,2	34,3	43,5	3,1	3,9	7,9	10,1
Dobrinj	Izgrađeno	7,6	21,7	0,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	12,7
	Planirano za razvoj	5,9	16,7	2,0	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	9,9
	Preostalo	21,7	61,6	0,4	1,0	0,1	0,3	1,2	3,5	9,3	26,4
	Ukupno	35,2	100,0	2,6	7,5	0,1	0,3	1,2	3,5	17,3	49,1
Krk	Izgrađeno	10,8	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,8	6,1	9,3
	Planirano za razvoj	0,7	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
	Preostalo	54,2	82,6	0,0	0,0	7,2	11,0	6,0	9,2	9,4	14,3
	Ukupno	65,6	100,0	0,0	0,0	7,2	11,0	6,6	10,0	15,7	23,9
Malinska- Dubašnica	Izgrađeno	10,6	56,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	31,7
	Planirano za razvoj	0,4	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4
	Preostalo	7,8	41,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	5,4
	Ukupno	18,8	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	37,5
Omišalj	Izgrađeno	16,0	32,0	0,4	0,8	0,9	1,9	0,0	0,0	5,8	11,7
	Planirano za razvoj	6,9	13,9	0,2	0,3	1,0	2,0	0,0	0,1	2,3	4,6
	Preostalo	27,0	54,1	0,0	0,0	5,7	11,4	0,0	0,1	4,9	9,7
	Ukupno	49,8	100,0	0,6	1,1	7,6	15,2	0,1	0,1	13,0	26,0

JEDINICA LOKALNE SAMOUPRAVE	IZGRAĐENOST ⁵	VISOKA I VEOMA VISOKA RANJIVOST OBALA ⁶									
		OBALNA LINIJA		Varijabla A – GEOLOŠKA GRAĐA		Varijabla B – OBALNI NAGIB		Varijabla C – MAKSIMALNA VISINA VALA		Varijabla D – PLAVLJENJE OBALA	
		Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)
Punat	Izgrađeno	11,1	38,8	0,0	0,0	1,2	4,1	0,0	0,0	8,7	30,2
	Planirano za razvoj	0,5	1,7	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0	0,2	0,8
	Preostalo	17,0	59,4	0,6	2,0	3,0	10,6	2,2	7,6	4,5	15,8
	Ukupno	28,7	100,0	0,6	2,0	4,4	15,2	2,2	7,6	13,4	46,7
Vrbnik	Izgrađeno	1,8	9,3	0,0	0,0	0,5	2,7	0,4	1,9	0,4	1,9
	Planirano za razvoj	0,8	4,2	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0	0,1	0,4
	Preostalo	16,4	86,5	0,0	0,0	2,1	11,2	1,0	5,3	1,4	7,4
	Ukupno	19,0	100,0	0,0	0,0	2,7	14,3	1,4	7,2	1,8	9,6
UKUPNO OTOK KRK	Izgrađeno	61,8	20,9	1,7	0,6	3,2	1,1	0,9	0,3	33,7	11,4
	Planirano za razvoj	16,0	5,4	2,6	0,9	1,5	0,5	0,0	0,0	6,7	2,3
	Preostalo	218,2	73,7	1,3	0,4	51,6	17,4	13,6	4,6	35,7	12,1
	Ukupno	296,0	100,0	5,5	1,9	56,3	19,0	14,5	4,9	76,1	25,7
Cres	Izgrađeno	16,2	8,4	1,6	0,8	0,3	0,1	0,3	0,2	7,7	4,0
	Planirano za razvoj	2,3	1,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
	Preostalo	174,4	90,4	1,1	0,6	45,6	23,6	45,4	23,5	15,2	7,9
	Ukupno	193,0	100,0	2,7	1,4	45,9	23,8	45,8	23,7	23,0	11,9
Mali Lošinj	Izgrađeno	42,6	12,5	2,3	0,7	0,4	0,1	1,5	0,4	16,3	4,8
	Planirano za razvoj	8,6	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,3	1,0	0,3
	Preostalo	290,1	85,0	23,6	6,9	15,2	4,5	38,0	11,1	70,7	20,7
	Ukupno	341,3	100,0	25,9	7,6	15,6	4,6	40,6	11,9	87,9	25,8
UKUPNO CRES-LOŠINJ	Izgrađeno	58,9	11,0	3,9	0,7	0,7	0,1	1,9	0,3	23,9	4,5
	Planirano za razvoj	10,9	2,0	0,0	0,0	0,1	0,0	1,1	0,2	1,1	0,2
	Preostalo	464,6	86,9	24,7	4,6	60,8	11,4	83,4	15,6	85,9	16,1
	Ukupno	534,3	100,0	28,6	5,4	61,5	11,5	86,3	16,2	110,9	20,8

VISOKA I VEOMA VISOKA RANJIVOST OBALA ⁶											
JEDINICA LOKALNE SAMOUPRAVE	IZGRAĐENOST ⁵	OBALNA LINIJA		Varijabla A – GEOLOŠKA GRAĐA		Varijabla B – OBALNI NAGIB		Varijabla C – MAKSIMALNA VISINA VALA		Varijabla D – PLAVLJENJE OBALA	
		Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)	Duljina (km)	Udio (%)
Rab	Izgrađeno	34,4	27,6	6,1	4,9	5,2	4,2	0,2	0,1	21,8	17,5
	Planirano za razvoj	3,8	3,0	0,3	0,3	0,7	0,6	0,3	0,2	1,3	1,0
	Preostalo	86,6	69,4	3,2	2,6	17,9	14,3	7,3	5,8	13,6	10,9
	Ukupno	124,8	100,0	9,7	7,7	23,8	19,1	7,7	6,2	36,7	29,4
Lopar	Izgrađeno	8,1	11,3	1,7	2,3	0,5	0,7	0,0	0,0	4,5	6,3
	Planirano za razvoj	4,4	6,1	0,3	0,3	1,2	1,7	0,0	0,0	0,9	1,3
	Preostalo	59,5	82,7	2,7	3,8	19,9	27,7	0,5	0,7	8,1	11,3
	Ukupno	71,9	100,0	4,6	6,4	21,6	30,1	0,6	0,8	13,6	18,9
UKUPNO OTOK RAB	Izgrađeno	42,5	21,6	7,8	4,0	5,7	2,9	0,2	0,1	26,4	13,4
	Planirano za razvoj	8,1	4,1	0,6	0,3	2,0	1,0	0,3	0,2	2,2	1,1
	Preostalo	146,1	74,3	5,9	3,0	37,8	19,2	7,8	4,0	21,7	11,0
	Ukupno	196,7	100,0	14,3	7,3	45,5	23,1	8,3	4,2	50,3	25,6
UKUPNO OTOCI	Izgrađeno	163,2	15,9	13,3	1,3	9,6	0,9	2,9	0,3	84,0	8,2
	Planirano za razvoj	35,0	3,4	3,2	0,3	3,5	0,3	1,4	0,1	10,0	1,0
	Preostalo	828,8	80,7	31,9	3,1	150,1	14,6	104,8	10,2	143,3	14,0
	Ukupno	1027,0	100,0	48,4	4,7	163,2	15,9	109,1	10,6	237,4	23,1
UKUPNO PRIMORSKO- GORANSKA ŽUPANIJA	Izgrađeno	268,8	22,5	18,1	1,5	14,0	1,2	28,3	2,4	128,9	10,8
	Planirano za razvoj	47,5	4,0	3,5	0,3	4,8	0,4	4,8	0,4	12,1	1,0
	Preostalo	877,6	73,5	32,4	2,7	166,3	13,9	115,3	9,7	150,7	12,6
	Ukupno	1193,9	100,0	54,0	4,5	185,1	15,5	148,4	12,4	291,7	24,4

Izvor: Zavod za prostorno uređenje PGŽ

Kratki pregled ugroženosti po jedinicama lokalne samouprave, prema zastupljenosti segmenata obalne linije visoke i veoma visoke ranjivosti, slijedi u nastavku Analize.

Grad Bakar ima nisku ugroženost obale jer je 7,1 % obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji je prostor izgrađeni dio izdvojenoga građevinskog područja izvan naselja (3,6 %).

Općina Baška ima nisku ugroženost obale jer je 7,5 % obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji je prostor negradivo područje izvan građevinskog područja (4,8 %).

Grad Cres ima visoku ugroženost obale jer je 14,8 % obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji je prostor negradivo područje izvan građevinskog područja (13,8 %).

Grad Crikvenica ima visoku ugroženost obale jer je 12,3 % obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji je prostor izgrađeni dio građevinskog područja naselja (7,5 %).

Općina Dobrinj ima visoku ugroženost obale jer je 12,3 % obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji je prostor neizgrađeni dio izdvojenoga građevinskog područja izvan naselja (5,8 %).

Općina Kostrena ima visoku ugroženost obale jer je 11,7 % obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji je prostor neizgrađeni dio izdvojenoga građevinskog područja izvan naselja (5,2 %).

Grad Kraljevica ima visoku ugroženost obale jer je 11,7 % obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji je prostor izgrađeni dio građevinskog područja naselja (4,0 %).

Grad Krk ima nisku ugroženost obale jer je 7,0 % ukupne obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji je prostor negradivo područje izvan građevinskog područja (5,9 %).

Općina Lopar ima izrazito visoku ugroženost obale gdje je čak 19,3 % ukupne obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji je prostor negradivo područje izvan građevinskog područja (12,8 %).

Općina Lovran ima izrazito visoku ugroženost obale, gdje je čak 18,3 % obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji je prostor izgrađeni dio građevinskog područja naselja (11,7 %).

Grad Mali Lošinj ima visoku ugroženost obale, gdje je 12,5 % obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji prostor čini negradivo područje izvan građevinskog područja (11,5 %).

Općina Malinska-Dubašnica je jedina jedinica lokalne samouprave u Županiji čija obala nema niti jedan dio s veoma visokom i visokom ranjivošću.

Grad Novi Vinodolski ima nisku ugroženost obale, gdje je 5,7 % obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji prostor čini izgrađeni dio građevinskog područja naselja (2,9 %).

Općina Omišalj ima visoku ugroženost obale, gdje je 11,3 % obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji prostor čini negradivo područje izvan građevinskog područja (5,1 %).

Grad Opatija, nakon Grada Rijeke, ima najveću ugroženost obale u Županiji, gdje je čak 37 % obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji prostor čini izgrađeni dio građevinskog područja naselja s udjelom od visokih 31 % ukupne obalne duljine Opatije.

Općina Punat ima nisku ugroženost obale, gdje je 9,3 % obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji prostor čini negradivo područje izvan građevinskog područja (6,8 %).

Grad Rijeka s 43,6 % obale veoma visoke i visoke ranjivosti, najugroženija je jedinica s obzirom na ostale jedinice lokalne samouprave Županije. Prema namjeni, najugroženiji prostor čini izgrađeni dio izdvojenoga građevinskog područja izvan naselja (29,3 %).

Općina Vrbnik, nakon Općine Malinska-Dubašnica, ima najnižu ugroženost obale u usporedbi s ostalim jedinicama lokalne samouprave Županije, gdje je 4 % obale veoma visoko i visoko ranjivo. Prema namjeni, najugroženiji prostor čini negradivo područje izvan građevinskog područja (2,3 %).

Analiza ukupnog indeksa ranjivosti (CVI), u odnosu na sva građevinska područja i izgrađena područja izvan građevinskih područja, zbirno i pojedinačno za sve prostorne cjeline (priobalje i otoci) te obalne jedinice lokalne samouprave, prikazana je u tablicama u nastavku Analize.

Tablica 26. Analiza dobivenih rezultata obalne ranjivosti obale Primorsko-goranske županije, priobalja i kvarnerskih otoka zbirno i pojedinačno, a u odnosu na sva građevinska područja i izgrađena područja izvan građevinskih područja

Područje	PRIMORSKO-GORANSKA ŽUPANIJA						PRIOBALJE					
	Ukupna duljina obale PGŽ-a		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)				Ukupna duljina obale priobalja		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)			
	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale PGŽ-a	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale priobalja
Namjena obale												
Sve namjene	1.193,88	100,0	178,30	100,0	14,9	14,9	166,85	100,0	34,94	100,0	20,9	20,9
GP-ovi naselja	165,97	13,9	43,58	24,4	26,3	3,6	65,18	39,1	13,89	39,8	21,3	8,3
Izgrađeni dijelovi	151,44	12,7	41,76	23,4	27,6	3,5	62,12	37,2	13,28	38,0	21,4	8,0
Neizgrađeni dijelovi	14,53	1,2	1,82	1,0	12,5	0,2	3,06	1,8	0,61	1,7	19,9	0,4
Izdvojeni GP-ovi izvan naselja	136,22	11,4	23,38	13,1	17,2	2,0	50,54	30,3	11,99	34,3	23,7	7,2
Izgrađeni dijelovi	103,26	8,6	17,36	9,7	16,8	1,5	41,11	24,6	10,52	30,1	25,6	6,3
Neizgrađeni dijelovi	32,95	2,8	6,02	3,4	18,3	0,5	9,43	5,7	1,47	4,2	15,6	0,9
Izgrađena područja izvan GP-ova	14,13	1,2	0,98	0,5	6,9	0,1	2,42	1,5	0,20	0,6	8,3	0,1
Negrađiva područja izvan GP-ova	877,56	73,5	110,36	61,9	12,6	9,2	48,71	29,2	8,86	25,4	18,2	5,3
Svi izgrađeni dijelovi GP-ova ukupno	254,70	21,3	59,12	33,2	23,2	5,0	103,23	61,9	23,80	68,1	23,1	14,3
Svi GP-ovi ukupno	302,18	25,3	66,96	37,6	22,2	5,6	115,72	69,4	25,88	74,1	22,4	15,5
Sva građiva područja ukupno	316,32	26,5	67,93	38,1	21,5	5,7	118,14	70,8	26,08	74,6	22,1	15,6

Područje	KVARNERSKI OTOCI						OTOK KRK					
	Ukupna duljina obale otoka		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)				Ukupna duljina obale otoka		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)			
	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale otoka	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale otoka
Namjena obale												
Sve namjene	1.027,03	100,0	143,36	100,0	14,0	14,0	296,00	100,0	23,95	100,0	8,1	8,1
GP-ovi naselja	100,79	9,8	29,68	20,7	29,4	2,9	33,15	11,2	3,84	16,0	11,6	1,3
Izgrađeni dijelovi	89,32	8,7	28,48	19,9	31,9	2,8	27,98	9,5	3,21	13,4	11,5	1,1
Neizgrađeni dijelovi	11,47	1,1	1,20	0,8	10,5	0,1	5,17	1,7	0,63	2,6	12,2	0,2
Izdvojeni GP-ovi izvan naselja	85,68	8,3	11,39	7,9	13,3	1,1	42,45	14,3	5,41	22,6	12,7	1,8
Izgrađeni dijelovi	62,16	6,1	6,84	4,8	11,0	0,7	31,65	10,7	2,71	11,3	8,6	0,9
Neizgrađeni dijelovi	23,52	2,3	4,55	3,2	19,3	0,4	10,80	3,6	2,70	11,3	25,0	0,9
Izgrađena područja izvan GP-ova	11,72	1,1	0,78	0,5	6,7	0,1	2,19	0,7	0,25	1,0	11,4	0,1
Negrađiva područja izvan GP-ova	828,84	80,7	101,51	70,8	12,2	9,9	218,21	73,7	14,45	60,3	6,6	4,9
Svi izgrađeni dijelovi GP-ova ukupno	151,48	14,7	35,32	24,6	23,3	3,4	59,63	20,1	5,92	24,7	9,9	2,0
Svi GP-ovi ukupno	186,47	18,2	41,07	28,6	22,0	4,0	75,60	25,5	9,25	38,6	12,2	3,1
Sva građiva područja ukupno	198,19	19,3	41,85	29,2	21,1	4,1	77,79	26,3	9,50	39,7	12,2	3,2

Područje	OTOCI CRES I LOŠINJ						OTOK RAB					
	Ukupna duljina obale otoka		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)				Ukupna duljina obale otoka		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)			
	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale otoka	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale otoka
Namjena obale												
Sve namjene	534,29	100,0	71,19	100,0	13,3	13,3	196,74	100,0	48,23	100,0	24,5	24,5
GP-ovi naselja	34,66	6,5	3,58	5,0	10,3	0,7	32,98	16,8	22,27	46,2	67,5	11,3
Izgrađeni dijelovi	29,01	5,4	3,40	4,8	11,7	0,6	32,33	16,4	21,87	45,3	67,6	11,1
Neizgrađeni dijelovi	5,65	1,1	0,18	0,3	3,2	0,0	0,65	0,3	0,40	0,8	61,5	0,2
Izdvojeni GP-ovi izvan naselja	27,45	5,1	1,46	2,1	5,3	0,3	15,77	8,0	4,53	9,4	28,7	2,3
Izgrađeni dijelovi	22,23	4,2	1,36	1,9	6,1	0,3	8,28	4,2	2,78	5,8	33,6	1,4
Neizgrađeni dijelovi	5,22	1,0	0,10	0,1	1,9	0,0	7,49	3,8	1,75	3,6	23,4	0,9
Izgrađena područja izvan GP-ova	7,63	1,4	0,25	0,4	3,3	0,0	1,90	1,0	0,28	0,6	14,7	0,1
Negrađiva područja izvan GP-ova	464,55	86,9	65,90	92,6	14,2	12,3	146,09	74,3	21,15	43,9	14,5	10,8
Svi izgrađeni dijelovi GP-ova ukupno	51,24	9,6	4,76	6,7	9,3	0,9	40,61	20,6	24,65	51,1	60,7	12,5
Svi GP-ovi ukupno	62,11	11,6	5,04	7,1	8,1	0,9	48,75	24,8	26,80	55,6	55,0	13,6
Sva građiva područja ukupno	69,74	13,1	5,29	7,4	7,6	1,0	50,65	25,7	27,08	56,1	53,5	13,8

Tablica 27. Analiza dobivenih rezultata ranjivosti obale po jedinicama lokalne samouprave, a u odnosu na sva građevinska područja i izgrađena područja izvan građevinskih područja

Područje	GRAD BAKAR						OPĆINA BAŠKA					
	Ukupna duljina obale Grada		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)				Ukupna duljina obale Općine		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)			
	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Grada	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Općine
Namjena obale												
Sve namjene	7,71	100,0	0,55	100,0	7,1	7,1	78,77	100,0	5,90	100,0	7,5	7,5
GP-ovi naselja	1,76	22,8	0,17	30,9	9,7	2,2	3,01	3,8	1,35	22,9	44,9	1,7
Izgrađeni dijelovi	1,43	18,5	0,12	21,8	8,4	1,6	2,28	2,9	1,20	20,3	52,6	1,5
Neizgrađeni dijelovi	0,33	4,3	0,05	9,1	15,2	0,6	0,73	0,9	0,15	2,5	20,5	0,2
Izdvojeni GP-ovi izvan naselja	3,93	51,0	0,28	50,9	7,1	3,6	1,28	1,6	0,78	13,2	60,9	1,0
Izgrađeni dijelovi	3,93	51,0	0,28	50,9	7,1	3,6	1,18	1,5	0,68	11,5	57,6	0,9
Neizgrađeni dijelovi	0,00	0,0	0,00	0,0	-	0,0	0,10	0,1	0,10	1,7	100,0	0,1
Izgrađena područja izvan GP-ova	0,25	3,2	0,05	9,1	20,0	0,6	0,43	0,5	0,02	0,3	4,7	0,0
Negrađiva područja izvan GP-ova	1,77	23,0	0,05	9,1	2,8	0,6	74,05	94,0	3,75	63,6	5,1	4,8
Svi izgrađeni dijelovi GP-ova ukupno	5,36	69,5	0,40	72,7	7,5	5,2	3,46	4,4	1,88	31,9	54,3	2,4
Svi GP-ovi ukupno	5,69	73,8	0,45	81,8	7,9	5,8	4,29	5,4	2,13	36,1	49,7	2,7
Sva gradiva područja ukupno	5,94	77,0	0,50	90,9	8,4	6,5	4,72	6,0	2,15	36,4	45,6	2,7

Područje	GRAD CRES						GRAD CRIKVENICA					
	Ukupna duljina obale Grada		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)				Ukupna duljina obale Grada		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)			
	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Grada	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Grada
Namjena obale												
Sve namjene	193,00	100,0	28,55	100,0	14,8	14,8	27,81	100,0	3,43	100,0	12,3	12,3
GP-ovi naselja	7,92	4,1	1,53	5,4	19,3	0,8	13,32	47,9	2,08	60,6	15,6	7,5
Izgrađeni dijelovi	7,84	4,1	1,53	5,4	19,5	0,8	13,04	46,9	2,08	60,6	16,0	7,5
Neizgrađeni dijelovi	0,08	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,28	1,0	0,00	0,0	0,0	0,0
Izdvojeni GP-ovi izvan naselja	8,83	4,6	0,16	0,6	1,8	0,1	7,04	25,3	0,70	20,4	9,9	2,5
Izgrađeni dijelovi	6,59	3,4	0,16	0,6	2,4	0,1	4,57	16,4	0,58	16,9	12,7	2,1
Neizgrađeni dijelovi	2,24	1,2	0,00	0,0	0,0	0,0	2,47	8,9	0,12	3,5	4,9	0,4
Izgrađena područja izvan GP-ova	1,81	0,9	0,22	0,8	12,2	0,1	0,45	1,6	0,00	0,0	0,0	0,0
Negrađiva područja izvan GP-ova	174,44	90,4	26,64	93,3	15,3	13,8	7,00	25,2	0,65	19,0	9,3	2,3
Svi izgrađeni dijelovi GP-ova ukupno	14,43	7,5	1,69	5,9	11,7	0,9	17,61	63,3	2,66	77,6	15,1	9,6
Svi GP-ovi ukupno	16,75	8,7	1,69	5,9	10,1	0,9	20,36	73,2	2,78	81,0	13,7	10,0
Sva gradiva područja ukupno	18,56	9,6	1,91	6,7	10,3	1,0	20,81	74,8	2,78	81,0	13,4	10,0

Područje	OPĆINA DOBRINJ						OPĆINA KOSTRENA					
	Ukupna duljina obale Općine		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)				Ukupna duljina obale Općine		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)			
	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Općine	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Općine
Namjena obale												
Sve namjene	35,24	100,0	4,35	100,0	12,3	12,3	16,28	100,0	1,90	100,0	11,7	11,7
GP-ovi naselja	7,78	22,1	0,15	3,4	1,9	0,4	1,64	10,1	0,43	22,6	26,2	2,6
Izgrađeni dijelovi	7,15	20,3	0,15	3,4	2,1	0,4	1,64	10,1	0,43	22,6	26,2	2,6
Neizgrađeni dijelovi	0,63	1,8	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	-	0,0
Izdvojeni GP-ovi izvan naselja	5,27	15,0	2,06	47,4	39,1	5,8	12,44	76,4	1,29	67,9	10,4	7,9
Izgrađeni dijelovi	0,02	0,1	0,00	0,0	0,0	0,0	8,50	52,2	0,45	23,7	5,3	2,8
Neizgrađeni dijelovi	5,25	14,9	2,06	47,4	39,2	5,8	3,94	24,2	0,84	44,2	21,3	5,2
Izgrađena područja izvan GP-ova	0,48	1,4	0,20	4,6	41,7	0,6	0,10	0,6	0,00	0,0	0,0	0,0
Negrađiva područja izvan GP-ova	21,71	61,6	1,94	44,6	8,9	5,5	2,10	12,9	0,18	9,5	8,6	1,1
Svi izgrađeni dijelovi GP-ova ukupno	7,17	20,3	0,15	3,4	2,1	0,4	10,14	62,3	0,88	46,3	8,7	5,4
Svi GP-ovi ukupno	13,05	37,0	2,21	50,8	16,9	6,3	14,08	86,5	1,72	90,5	12,2	10,6
Sva gradiva područja ukupno	13,53	38,4	2,41	55,4	17,8	6,8	14,18	87,1	1,72	90,5	12,1	10,6

Analiza ranjivosti obalnog područja Primorsko-goranske županije zbog podizanja razine mora

Područje	GRAD KRALJEVICA						GRAD KRK					
	Ukupna duljina obale Grada		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)				Ukupna duljina obale Grada		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)			
	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Grada	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Grada
Namjena obale												
Sve namjene	15,38	100,0	1,80	100,0	11,7	11,7	65,63	100,0	4,62	100,0	7,0	7,0
GP-ovi naselja	3,82	24,8	1,02	56,7	26,7	6,6	4,74	7,2	0,50	10,8	10,5	0,8
Izgrađeni dijelovi	3,13	20,4	0,61	33,9	19,5	4,0	4,74	7,2	0,50	10,8	10,5	0,8
Neizgrađeni dijelovi	0,69	4,5	0,41	22,8	59,4	2,7	0,00	0,0	0,00	0,0	-	0,0
Izdvojeni GP-ovi izvan naselja	5,71	37,1	0,27	15,0	4,7	1,8	5,97	9,1	0,28	6,1	4,7	0,4
Izgrađeni dijelovi	4,88	31,7	0,27	15,0	5,5	1,8	5,29	8,1	0,28	6,1	5,3	0,4
Neizgrađeni dijelovi	0,83	5,4	0,00	0,0	0,0	0,0	0,68	1,0	0,00	0,0	0,0	0,0
Izgrađena područja izvan GP-ova	0,81	5,3	0,08	4,4	9,9	0,5	0,73	1,1	0,00	0,0	0,0	0,0
Negrađiva područja izvan GP-ova	5,04	32,8	0,43	23,9	8,5	2,8	74,19	113,0	3,84	83,1	5,2	5,9
Svi izgrađeni dijelovi GP-ova ukupno	8,01	52,1	0,88	48,9	11,0	5,7	10,03	15,3	0,78	16,9	7,8	1,2
Svi GP-ovi ukupno	9,53	62,0	1,29	71,7	13,5	8,4	10,71	16,3	0,78	16,9	7,3	1,2
Sva građiva područja ukupno	10,34	67,2	1,37	76,1	13,2	8,9	11,44	17,4	0,78	16,9	6,8	1,2

Područje	OPĆINA LOPAR						OPĆINA LOVRAN					
	Ukupna duljina obale Općine		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)				Ukupna duljina obale Općine		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)			
	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Općine	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Općine
Namjena obale												
Sve namjene	71,95	100,0	13,90	100,0	19,3	19,3	6,82	100,0	1,25	100,0	18,3	18,3
GP-ovi naselja	1,45	2,0	1,20	8,6	82,8	1,7	5,54	81,2	0,82	65,6	14,8	12,0
Izgrađeni dijelovi	1,45	2,0	1,20	8,6	82,8	1,7	5,11	74,9	0,80	64,0	15,7	11,7
Neizgrađeni dijelovi	0,00	0,0	0,00	0,0	-	0,0	0,43	6,3	0,02	1,6	4,7	0,3
Izdvojeni GP-ovi izvan naselja	9,81	13,6	3,28	23,6	33,4	4,6	1,08	15,8	0,36	28,8	33,3	5,3
Izgrađeni dijelovi	5,45	7,6	2,23	16,0	40,9	3,1	0,23	3,4	0,08	6,4	34,8	1,2
Neizgrađeni dijelovi	4,36	6,1	1,05	7,6	24,1	1,5	0,85	12,5	0,28	22,4	32,9	4,1
Izgrađena područja izvan GP-ova	1,20	1,7	0,20	1,4	16,7	0,3	0,00	0,0	0,00	0,0	-	0,0
Negrađiva područja izvan GP-ova	59,49	82,7	9,22	66,3	15,5	12,8	0,20	2,9	0,07	5,6	35,0	1,0
Svi izgrađeni dijelovi GP-ova ukupno	6,90	9,6	3,43	24,7	49,7	4,8	5,34	78,3	0,88	70,4	16,5	12,9
Svi GP-ovi ukupno	11,26	15,6	4,48	32,2	39,8	6,2	6,62	97,1	1,18	94,4	17,8	17,3
Sva građiva područja ukupno	12,46	17,3	4,68	33,7	37,6	6,5	6,62	97,1	1,18	94,4	17,8	17,3

Područje	GRAD MALI LOŠINJ						OPĆINA MALINSKA-DUBAŠNICA					
	Ukupna duljina obale Grada		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)				Ukupna duljina obale Općine		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)			
	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Grada	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Općine
Namjena obale												
Sve namjene	341,29	100,0	42,63	100,0	12,5	12,5	18,82	100,0	0,00	0,0	0,0	0,0
GP-ovi naselja	26,75	7,8	2,06	4,8	7,7	0,6	5,65	30,0	0,00	0,0	0,0	0,0
Izgrađeni dijelovi	21,17	6,2	1,88	4,4	8,9	0,6	5,65	30,0	0,00	0,0	0,0	0,0
Neizgrađeni dijelovi	5,58	1,6	0,18	0,4	3,2	0,1	0,00	0,0	0,00	0,0	-	0,0
Izdvojeni GP-ovi izvan naselja	18,61	5,5	1,30	3,0	7,0	0,4	5,35	28,4	0,00	0,0	0,0	0,0
Izgrađeni dijelovi	15,63	4,6	1,20	2,8	7,7	0,4	4,99	26,5	0,00	0,0	0,0	0,0
Neizgrađeni dijelovi	2,98	0,9	0,10	0,2	3,4	0,0	0,36	1,9	0,00	0,0	0,0	0,0
Izgrađena područja izvan GP-ova	5,82	1,7	0,02	0,0	0,3	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	-	0,0
Negrađiva područja izvan GP-ova	290,11	85,0	39,25	92,1	13,5	11,5	7,82	41,6	0,00	0,0	0,0	0,0
Svi izgrađeni dijelovi GP-ova ukupno	36,80	10,8	3,08	7,2	8,4	0,9	10,64	56,5	0,00	0,0	0,0	0,0
Svi GP-ovi ukupno	45,36	13,3	3,36	7,9	7,4	1,0	11,00	58,4	0,00	0,0	0,0	0,0
Sva građiva područja ukupno	51,18	15,0	3,38	7,9	6,6	1,0	11,00	58,4	0,00	0,0	0,0	0,0

Područje	OPĆINA MOŠČENIČKA DRAGA						GRAD NOVI VINODOLSKI					
	Ukupna duljina obale Općine		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)				Ukupna duljina obale Grada		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)			
	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Općine	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Grada
Namjena obale												
Sve namjene	17,12	100,0	5,62	100,0	32,8	32,8	30,62	100,0	1,76	100,0	5,7	5,7
GP-ovi naselja	2,01	11,7	0,91	16,2	45,3	5,3	12,23	39,9	0,95	54,0	7,8	3,1
Izgrađeni dijelovi	1,76	10,3	0,83	14,8	47,2	4,8	11,30	36,9	0,90	51,1	8,0	2,9
Neizgrađeni dijelovi	0,25	1,5	0,08	1,4	32,0	0,5	0,93	3,0	0,05	2,8	5,4	0,2
Izdvojeni GP-ovi izvan naselja	0,36	2,1	0,13	2,3	36,1	0,8	3,47	11,3	0,08	4,5	2,3	0,3
Izgrađeni dijelovi	0,00	0,0	0,00	0,0	-	0,0	2,79	9,1	0,08	4,5	2,9	0,3
Neizgrađeni dijelovi	0,36	2,1	0,13	2,3	36,1	0,8	0,68	2,2	0,00	0,0	0,0	0,0
Izgrađena područja izvan GP-ova	0,40	2,3	0,07	1,2	17,5	0,4	0,40	1,3	0,00	0,0	0,0	0,0
Negrađiva područja izvan GP-ova	14,35	83,8	4,51	80,2	31,4	26,3	14,52	47,4	0,73	41,5	5,0	2,4
Svi izgrađeni dijelovi GP-ova ukupno	1,76	10,3	0,83	14,8	47,2	4,8	14,09	46,0	0,98	55,7	7,0	3,2
Svi GP-ovi ukupno	2,37	13,8	1,04	18,5	43,9	6,1	15,70	51,3	1,03	58,5	6,6	3,4
Sva gradiva područja ukupno	2,77	16,2	1,11	19,8	40,1	6,5	16,10	52,6	1,03	58,5	6,4	3,4

Područje	OPĆINA OMIŠALJ						GRAD OPATIJA					
	Ukupna duljina obale Općine		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)				Ukupna duljina obale Grada		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)			
	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Općine	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Grada
Namjena obale												
Sve namjene	49,85	100,0	5,62	100,0	11,3	11,3	16,01	100,0	5,93	100,0	37,0	37,0
GP-ovi naselja	6,32	12,7	1,15	20,5	18,2	2,3	14,15	88,4	4,96	83,6	35,1	31,0
Izgrađeni dijelovi	2,71	5,4	0,75	13,3	27,7	1,5	14,00	87,4	4,96	83,6	35,4	31,0
Neizgrađeni dijelovi	3,61	7,2	0,40	7,1	11,1	0,8	0,15	0,9	0,00	0,0	0,0	0,0
Izdvojeni GP-ovi izvan naselja	16,29	32,7	1,91	34,0	11,7	3,8	0,91	5,7	0,25	4,2	27,5	1,6
Izgrađeni dijelovi	12,98	26,0	1,40	24,9	10,8	2,8	0,91	5,7	0,25	4,2	27,5	1,6
Neizgrađeni dijelovi	3,31	6,6	0,51	9,1	15,4	1,0	0,00	0,0	0,00	0,0	-	0,0
Izgrađena područja izvan GP-ova	0,28	0,6	0,03	0,5	10,7	0,1	0,00	0,0	0,00	0,0	-	0,0
Negrađiva područja izvan GP-ova	26,96	54,1	2,53	45,0	9,4	5,1	0,95	5,9	0,72	12,1	75,8	4,5
Svi izgrađeni dijelovi GP-ova ukupno	15,69	31,5	2,15	38,3	13,7	4,3	14,91	93,1	5,21	87,9	34,9	32,5
Svi GP-ovi ukupno	22,61	45,4	3,06	54,4	13,5	6,1	15,06	94,1	5,21	87,9	34,6	32,5
Sva gradiva područja ukupno	22,89	45,9	3,09	55,0	13,5	6,2	15,06	94,1	5,21	87,9	34,6	32,5

Područje	OPĆINA PUNAT						GRAD RAB					
	Ukupna duljina obale Općine		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)				Ukupna duljina obale Grada		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)			
	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Općine	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Grada
Namjena obale												
Sve namjene	28,67	100,0	2,68	100,0	9,3	9,3	124,79	100,0	34,33	100,0	27,5	27,5
GP-ovi naselja	4,00	14,0	0,34	12,7	8,5	1,2	31,53	25,3	21,07	61,4	66,8	16,9
Izgrađeni dijelovi	3,90	13,6	0,28	10,4	7,2	1,0	30,88	24,7	20,67	60,2	66,9	16,6
Neizgrađeni dijelovi	0,10	0,3	0,06	2,2	60,0	0,2	0,65	0,5	0,40	1,2	61,5	0,3
Izdvojeni GP-ovi izvan naselja	7,58	26,4	0,38	14,2	5,0	1,3	5,96	4,8	1,25	3,6	21,0	1,0
Izgrađeni dijelovi	7,18	25,0	0,35	13,1	4,9	1,2	2,83	2,3	0,55	1,6	19,4	0,4
Neizgrađeni dijelovi	0,40	1,4	0,03	1,1	7,5	0,1	3,13	2,5	0,70	2,0	22,4	0,6
Izgrađena područja izvan GP-ova	0,05	0,2	0,00	0,0	0,0	0,0	0,70	0,6	0,08	0,2	11,4	0,1
Negrađiva područja izvan GP-ova	17,04	59,4	1,96	73,1	11,5	6,8	86,60	69,4	11,93	34,8	13,8	9,6
Svi izgrađeni dijelovi GP-ova ukupno	11,08	38,6	0,63	23,5	5,7	2,2	33,71	27,0	21,22	61,8	62,9	17,0
Svi GP-ovi ukupno	11,58	40,4	0,72	26,9	6,2	2,5	37,49	30,0	22,32	65,0	59,5	17,9
Sva gradiva područja ukupno	11,63	40,6	0,72	26,9	6,2	2,5	38,19	30,6	22,40	65,2	58,7	18,0

Analiza ranjivosti obalnog područja Primorsko-goranske županije zbog podizanja razine mora

Područje	GRAD RIJEKA						OPĆINA VRBNIK					
	Ukupna duljina obale Grada		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)				Ukupna duljina obale Općine		Duljina obale s vrlo visokom i visokom ranjivošću (CVI = 4 i 5)			
	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Grada	km	%	km	%	% od ukupne duljine obale po namjeni	% od sveukupne duljine obale Općine
Namjena obale												
Sve namjene	29,11	100,0	12,68	100,0	43,6	43,6	19,00	100,0	0,76	100,0	4,0	4,0
GP-ovi naselja	10,73	36,9	2,54	20,0	23,7	8,7	1,64	8,6	0,33	43,4	20,1	1,7
Izgrađeni dijelovi	10,73	36,9	2,54	20,0	23,7	8,7	1,54	8,1	0,33	43,4	21,4	1,7
Neizgrađeni dijelovi	0,00	0,0	0,00	0,0	-	0,0	0,10	0,5	0,00	0,0	0,0	0,0
Izdvojeni GP-ovi izvan naselja	15,60	53,6	8,64	68,1	55,4	29,7	0,70	3,7	0,00	0,0	0,0	0,0
Izgrađeni dijelovi	15,30	52,6	8,54	67,4	55,8	29,3	0,00	0,0	0,00	0,0	-	0,0
Neizgrađeni dijelovi	0,30	1,0	0,10	0,8	33,3	0,3	0,70	3,7	0,00	0,0	0,0	0,0
Izgrađena područja izvan GP-ova	0,00	0,0	0,00	0,0	-	0,0	0,23	1,2	0,00	0,0	0,0	0,0
Negrađiva područja izvan GP-ova	2,78	9,5	1,50	11,8	54,0	5,2	16,43	86,5	0,43	56,6	2,6	2,3
Svi izgrađeni dijelovi GP-ova ukupno	26,03	89,4	11,08	87,4	42,6	38,1	1,54	8,1	0,33	43,4	21,4	1,7
Svi GP-ovi ukupno	26,33	90,5	11,18	88,2	42,5	38,4	2,34	12,3	0,33	43,4	14,1	1,7
Sva gradiva područja ukupno	26,33	90,5	11,18	88,2	42,5	38,4	2,57	13,5	0,33	43,4	12,8	1,7

7. PRIMJENA REZULTATA ISTRAŽIVANJA U PROSTORNOM PLANIRANJU

U odnosu na utjecaj zbog klimatskih promjena, prije svega predviđenog podizanja razine mora, potreba za utvrđivanjem kriterija, smjernica i preporuka za prostorno planiranje obalnog područja naglašava se i na razini Europske unije direktivama, protokolima, strategijama i dr. Također i na razini Republike Hrvatske ratifikacijom europskih dokumenata i ostalim programima te implementacijom u zakonodavni okvir (kako je u uvodnom dijelu detaljno prikazano).

Unatoč tome, u planiranju prostora niti na državnoj/županijskoj razini, niti na lokalnoj provedbenoj razini, takva istraživanja ranjivosti obalnog područja uglavnom nisu izrađivana za područja pojedine jedinice lokalne samouprave i cjelovitoga obalnog područja istočnog Jadrana. Stoga i mogući utjecaj klimatskih promjena i ranjivost obalnog područja nisu sustavno primjenjivani u prostornom planiranju kao podloga za definiranje specifičnih uvjeta gradnje i uređenja prostora.

Provedeno istraživanje pokazalo je kompleksnost i dugotrajnost u dobivanju kvalitetnih rezultata uporabljivih u prostornim planovima (kojemu je prethodilo utvrđivanje metodologije u skladu s karakteristikama istraživanog područja i podneblja). Metodološki okvir je moguće dodatno dopuniti, a time i unaprijediti, primjenom ostalih podataka o prostoru i podneblju (koji u ovom istraživanju nisu korišteni zbog nedostupnosti ili njihova nepostojanja) te primjenom kvalitetnijih detaljnijih podloga (jer još nisu izrađene).

Kako bi se dobiveni rezultati provedenog istraživanja primijenili u prostornom planiranju, razmotrena je njihova reinterpretacija u odnosu na različite vrste planiranja (strateško, provedbeno), odnosno razini/mjerilo planiranja (županijska, lokalna razina) te primjenu u odnosu na vrstu planiranih promjena u prostoru (gradnja linijske infrastrukture, obalne građevine te ostalih građevina smještenih na obalnom području).

Točke obalne linije na udaljenosti 25 m koje su se analizirale u ovom istraživanju, u odnosu na zadane parametre, su na Slici 67. interpretirane kao linije od 25 metara. Ipak, konačni je rezultat izrazito fragmentirana linija u odnosu na kategoriju ranjivosti što nije primjenjivo za direktnu primjenu u planira-

nju kroz strateški prostorni plan sitnog mjerila. Stoga u daljnjem istraživanju treba detaljnije ispitati prilagodbu vrijednosti ranjivosti obalne linije mjerilu u kojem se izrađuje prostorni plan.

U rezultatima ovoga istraživanja naglašeno je da bi CVI vrijednosti ranjivosti područja koje su utvrđene kao umjereno, nisko ili veoma nisko ranjiva, ponavljanjem istraživanja rezultata s noveliranim, kvalitetnijim podlogama mogla rezultirati i većom ranjivošću od sada utvrđene. Međutim, obrnuto je malo vjerojatno – područja obale koja su već u ovim rezultatima utvrđena kao veoma visoke i visoke ranjivosti vjerojatno bi imala istu vrijednost CVI-ja. Stoga se temeljem ovih rezultata za ta područja obale veoma visoke i visoke ranjivosti utvrđuje prostorni obuhvat: područje ranjive obale određuje se linijom obale (crte plimnog vala na obali) te linijom koja je udaljena najmanje 50 m od obalne linije i dodatno područjem obuhvaćenim izohipsom 5 m n. v. (primjenjuju se oba kriterija).

Analizom dobivenih rezultata utvrđuju se moguće primjene u zakonodavnom okviru, prostornim planovima te programima i mjerama za obnovu/rekonstrukciju izgrađenih dijelova obalnog područja.

Rezultati istraživanja u odnosu na zakonodavni okvir

Zakonom o prostornom uređenju⁷ propisano je ograničenje gradnje u pojasu 100 m od obalne linije⁸ u izdvojenim građevinskim područjima izvan naselja te na prostoru izvan građevinskih područja na kojem se namjerava graditi igralište za golf te sportsko-rekreacijsko igralište na otvorenom. Analiza rezultata ovoga istraživanja pokazuje da je potrebno preispitati potrebu primjene ograničenja gradnje i na obalnom dijelu građevinskih područja naselja (a posebno na one obalne dijelove koja su ovim istraživanjem utvrđena kao najugroženija) te preispitati potrebu ograničenja daljnjega dužobalnog širenja svih postojećih građevinskih područja koja su ovim istraživanjem utvrđena kao veoma visoko i visoko ranjiva.

⁷ Narodne novine 153/13, 65/17, 114/18 i 39/19.

⁸ Zabranjeno je građenje novih građevina, osim građevina komunalne i prometne infrastrukture koje po svojoj prirodi zahtijevaju smještaj na obali i podzemne infrastrukture, pratećih sadržaja ugostiteljsko-turističke namjene, građevina koje po svojoj prirodi zahtijevaju smještaj na obali (brodogradilišta, luke i sl.) te uređenje javnih površina.

Primjena rezultata istraživanja u Prostornom planu Primorsko-goranske županije (strateška razina)

Uz potrebu reinterpetacije ranjivosti obalne linije na razini PGŽ-a, primjerenom mjerilu županijskoga Prostornog plana, potrebno je:

- Preispitati potrebu dopune tema kojima se utvrđuje osjetljivost prostora (čl. 372.) temom ranjivosti obalnog područja.
- Preispitati potrebu prikaza u grafičkom dijelu Prostornog plana Primorsko-goranske županije – mjere ograničenja u korištenju, koji prati i:
 - propisivanje obveza i/ili smjernica prije planiranja i za planiranje građenja, provedbu i praćenje na ugroženom obalnom području kroz prostorne planove lokalne razine
 - sukladno prethodnom propisati za prostorne planove lokalne razine obvezu preispitivanja utvrđenih, a još uvijek neizgrađenih dijelova građevinskih područja čiji su dijelovi smješteni uz vrlo visoko i visoko ranjivu obalnu liniju utvrđenu ovim istraživanjem.

Primjena rezultata istraživanja u prostornim planovima lokalne razine (provedbena razina)

Načelni zaključci ovoga istraživanja koji se trebaju primjenjivati prigodom provedbenog planiranja obvezno na obalnom području utvrđenom kao veoma visoko i visoko ranjivo, a po potrebi i na umjereno ranjivo, u skladu s dodatnim detaljnijim istraživanjima mogućih utjecaja predviđenih klimatskih promjena, su kako slijedi:

- Provoditi dodatna detaljna istraživanja te temeljem njih propisivati dodatne uvjete gradnje, uređenja, opremanja i održavanja građevina i površina te infrastrukturnih objekata i uređaja.
- Za linijske infrastrukturne građevine koje je nužno smjestiti na obalnom području (uz stručno dokazivanje nužnosti smještaja na obalnom području), te građevine i površine koje po svojoj prirodi zahtijevaju smještaj na obali (uz stručno dokazivanje opravdanosti planiranja lokacije u veoma visoko i visoko a ne manje ranjivom obalnom području), propisati specifične uvjete gradnje kao i (po potrebi) obvezu provedaba prethodnih detaljnijih istraživanja ranjivosti obalnog područja.
- Za visokogradnju i uređenje površina koje po svojoj prirodi ne zahtijevaju smještaj na obali propisati specifične uvjete gradnje (uz prethodno stručno dokazivanje opravdanosti smještaja takve građevine odnosno površine), kao i po potrebi provoditi prethodna detaljnija istraživanja ranjivosti obalnog područja (kao podloga za izradu prostornog plana odnosno njegovih izmjena/dopuna):

U izgrađenim dijelovima građevinskih područja

- za novu gradnju – zabraniti/dopustiti uz propisivanje specifičnih uvjeta gradnje
- za zamjensku gradnju – zabraniti/dopustiti uz propisivanje specifičnih uvjeta gradnje
- za rekonstrukciju – propisati specifične uvjete rekonstrukcije.

U neizgrađenim dijelovima građevinskih područja

- preispitati te stručno opravdati zadržavanje neizgrađenih dijelova građevinskih područja na ranjivom obalnom području
- u smjernicama za izradu urbanističkog plana uređenja obvezati na propisivanje specifičnih uvjeta gradnje.

Primjena rezultata istraživanja u mjerama i programima državne/županijske/lokalne razine

- Za veoma visoko i visoko ranjiva područja predvidjeti model(e) provedbe obvezne rekonstrukcije, obnove i/ili održavanja postojećih građevina i površina te infrastrukturnih objekata i uređaja i smanjivanja ranjivosti obalnog područja prikladnom (do)gradnjom/uređenjem. Posebno onih pojedinačnih građevina i kulturno-povijesnih cjelina koje su upisane u Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske.
- Utvrditi financijski okvir, način upravljanja i praćenja provedbe primjene novih saznanja o ranjivim i ugroženim dijelovima obalnog područja.

Daljnja usmjerenja za istraživanje

- Dorada metodologije za utvrđivanje ranjivosti na razini PGŽ-a (po pribavljanju noveliranih/kvalitetnijih podloga ili uporaba novih podloga i podataka koji mogu pridonijeti određivanju ranjivosti obalnog područja).
- Prilagodba rezultata ranjivosti obalne linije po točkama na svakih 25 m obalne linije mjerilu Prostornog plana Primorsko-goranske županije (1 : 100.000).
- Utvrđivanje kriterija za određivanje ranjivih obalnih područja u odnosu na evidentiranu ranjivost obalne linije (nadmorska visina, udaljenost od obalne linije, i sl.).
- Za tako utvrđena područja preispitati potrebu / odrediti obveznu provedbu detaljnijih istraživanja obalnog područja koja prethode izradi prostornog plana, kako bi se utvrdio jedinstveni pristup u određivanju ranjivosti obalnih područja – ponovljivi, međusobno usporedivi i nedvosmisleno utvrđeni rezultati.

8. ZAKLJUČAK

Ovim istraživanjem analizirana je ranjivost obalnog područja Primorsko-goranske županije zbog podizanja razine mora. Za potrebe istraživanja uključene su županijske lučke uprave, Upravni odjel za pomorsko dobro, promet i veze Primorsko-goranske županije te jedinice lokalne samouprave. Svi su dostavili dostupne podatke i sudjelovali u terenskim istraživanjima tijekom kojih su zabilježene visine dosadašnjih poplava, izmjerene visine obala i zabilježeni dosadašnji problemi s povišenim razinama mora, te ostali događaji značajni za ovo istraživanje.

Analizom je pružen pregled mjerodavnih istraživanja obalne ranjivosti na Jadranu, Sredozemlju i globalno. Tako je uvažavajući prethodno navedena znanstvena istraživanja, te uzimajući u obzir karakteristike i specifičnosti prirodnih značajki Primorsko-goranske županije, određen stupanj ranjivosti obala Županije preko standardno korištenog indeksa obalne ranjivosti CVI – *Coastal Vulnerability Index*, za svakih 25 m obale. To je bilo izrazito složeno i zahtjevno, ali prijeko potrebno zbog razvedenosti obale. S obzirom na prirodne karakteristike područja, indeks obalne ranjivosti utvrđen je na osnovi analize geološke građe, obalnog nagiba u odnosu na opasnost od odrona, djelovanja valova, plavljenja obale i prisutnosti žala. Svaka od navedenih varijabli je raščlanjena i detaljno obrazložena. Izrađene su karte ranjivosti obala Županije u mjerilu 1 : 25.000 za analizirane podindekse i zbirni indeks.

Naseljenost područja, odnosno antropogeni utjecaj i sociološki elementi nisu uzeti u obzir kao posebni parametri (podindeksi) pri provedenoj analizi jer se cijelo obalno područje Županije nastojalo uniformno obraditi zbog mogućnosti korištenja rezultata ove Analize kao podloge u prostornom planiranju, što je bio jedan od ciljeva. Da se uzela u obzir naseljenost obalnog područja, nenaseljena područja bila bi prividno manje ranjiva, a tako možda i pogodna za gradnju pa bi, u naknadnim analizama, ista ta područja postala ranjivija.

Rezultate istraživanja potrebno je sagledati u kontekstu korištenih dostupnih podloga sitnijeg, a time i nepreciznijeg mjerila i razvedenosti obale, raznolikog reljefa, složene geološke građe i neujednačenoga antropogenog djelovanja. Zbog toga je potrebno provesti detaljnije analize utvrđenih potencijalno ugroženih područja. Adekvatne analize ranjivosti višestruko su

složenije pa je, osim preciznije geološke podloge i modela terena, potrebno detaljno analizirati i utjecaj valova, pogotovo doseg njihovog djelovanja i utjecaj na teren.

Ranjivost obalnog pojasa Primorsko-goranske županije zbog podizanja razine mora relativno je povoljna, ali najveće vrijednosti indeksa obalne ranjivosti uglavnom su vezane uz naseljena područja. Naselja uz obalu uglavnom su formirana na zaštićenim i/ili ravnijim dijelovima obale, poput zaštićenih uvala, područja uz vodotoke, na naplavinama i sl. Dio naselja se i proširio nasipavanjem mora (npr. gradovi Rijeka, Cres i Crikvenica). Takva područja već su ugrožena, prvenstveno od obalnog plavljenja, zbog povećanja ekstremnih razina mora, što će u budućnosti biti još izraženije pa je već sada potrebno razmišljati o načinu umanjenja nepovoljnih učinaka podizanja razine mora, za što će biti prijeko potreban pojedinačni pristup. Posebno će ugrožene biti obalne građevine kod kojih se povećanjem ekstremnih razina mora i valova mijenjaju projektni parametri. Značajnim premašivanjem projektnih parametara može doći do oštećenja konstrukcija. Nekim obalnim građevinama bit će ugrožena funkcionalnost zbog prelijevanja valova ili smanjenja visine operativne obale.

Vrijednosti zbirnog CVI-ja pokazali su da je manji dio obale Županije ugrožen (13 %), ali se negativan utjecaj pojedinih razmatranih varijabli ne smije zanemariti. Rezultati po pojedinim varijablama ukazuju da je četvrtina obale Županije (24 %) ugrožena obalnim plavljenjem, što je podatak koji ukazuje na nužnost sagledavanja i rješavanja tog problema. Taj je podatak potrebno utvrditi u kontekstu visinske preciznosti dostupnih podloga, što je naglašeno i u ostalim istraživanjima na području Hrvatske, pa se naglašava potreba za izradom detaljnih snimaka obalnog područja. Realnim povećanjem razine mora za 60 cm sadašnji udio ranjive obale bi se povećao na nešto manje od 30 %. Kod ekstremnih događaja popraćenih povećanjem razine mora od 120 cm, taj udio bi se pak povećao na čak 35 % obalne linije.

Kao najranjivije područje Županije ističu se otok Susak, dijelovi otoka Vele Srakane i Male Srakane te Unije zbog kombinacije nepovoljne geološke građe, djelovanja valova, nagiba terena i plavljenja obale. U ovoj Analizi je pretpostavljeno da se nepovoljna geološka građa proteže do same obale, iako je u stvarnosti ta raspodjela puno složenija. Manji otoci i otočići izrazito su ugroženi očekivanim promjenama, pogotovo u odnosu na njihovu površinu i duljinu obalne linije. Srećom, tim otocima ne prijete veliki rizik jer ili nisu izgrađeni i naseljeni, ili su izgrađene samo manje građevine poput pristana ili svjetionika.

Mjere za umanjenje nepovoljnih učinaka ekstremnih razina mora i valovanja u naseljenim područjima primarno će se sastojati od rekonstrukcije, dogradnje i izgradnje nove obalne infrastrukture. Prije svega preporučuje se

provedba redovitog monitoringa, održavanja i praćenja ponašanja postojećih građevina. Neke od općenitih mjera koje je moguće primijeniti za umanjene nepovoljnih učinaka ekstremnih razina mora i valovanja na izgrađenim dijelovima obale su:

- umanjiti agitaciju valova u lučkom prostoru i ispred obala smanjenjem prelijevanja, korekcijom tlocrtne dispozicije lučkog otvora, smanjenjem koeficijenta refleksije valova na obalama, izgradnjom novih lukobrana i sl.
- podizati kotu obala radi smanjenja plavljenja
- u sklopu planiranih rekonstrukcija prostora, uz obalu naselja predvidjeti prostor (konstrukcije) za postavljanje privremenih brana
- pomicati obalnu liniju prema moru proširenjem obalnih šetnica, javnih površina, izgradnjom umjetnih žala i sl.
- po mogućnosti postaviti sustav obrane od plavljenja i evakuacije voda
- regulacije vodotoka ne smiju se izvoditi na način kojim bi se povećali maksimalni protoci na naseljenim područjima i ušćima vodotoka
- izgraditi novu obalnu infrastrukturu.

Za sve te mjere potrebno je provesti detaljna preliminarna istraživanja, a projektima je potrebno pristupiti planski i multidisciplinarno.

U sklopu detaljnih analiza potrebno je istražiti utjecaj lokalnih pojava na ranjivost obalnog područja, poput seša, meteo cunamija i sl., na zatvorenim akvatorijima poput luke Malog Lošinja, Creskog zaljeva, Bakarskog zaljeva, Krčkog zaljeva, Puntarske drage, riječke luke i sl. Naime, takve pojave mogu uzrokovati i intenzivna plavljenja obalnih naselja, a već sada su zabilježene u Malom Lošnju i u središtu Rijeke.

Provedeno istraživanje ukazalo je na kompleksnost i dugotrajnost u dobivanju kvalitetnih rezultata uporabljivih u prostornim planovima, kojemu je prethodilo utvrđivanje metodologije u skladu s karakteristikama istraživanog područja i podneblja. Metodološki je okvir moguće dodatno dopuniti, a time i unaprijediti, primjenom ostalih podataka o prostoru i podneblju koji u ovom istraživanju nisu korišteni zbog nedostupnosti ili njihova nepostojanja te primjenom kvalitetnijih, detaljnijih podloga koje još nisu izrađene.

Analizom dobivenih rezultata utvrđene su moguće primjene u odnosu na zakonodavni okvir, prostorne planove strateške i provedbene razine te programe i mjere za obnovu/rekonstrukciju izgrađenih dijelova obalnog područja.

POPIS LITERATURE

Radovi u časopisima i ocjenski radovi:

1. Bognar, A., 1992. Inženjerskogeomorfološko kartiranje. *Acta geographica Croatica*, 27(1), str. 173–185.
2. Booij, N., Ris, R. C., Holthuijsen, L. H., 1999. A third-generation wave model for coastal regions: 1. Model description and validation. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 104, str. 7649–7666. <https://doi.org/10.1029/98JC02622>
3. Capić, M., 2005. Saniranje potpornoga zida šetnice i formiranje plaže u Baški na Krku. *Građevinar*, 57, str. 163–167.
4. de Bruin, K., Goosen, H., van Ierland, E.C., Groeneveld, R.A., 2014. Costs and benefits of adapting spatial planning to climate change: Lessons learned from a large-scale urban development project in the Netherlands. *Regional Environmental Change*, 14, str. 1009–1020. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0447-1>
5. Dugonjić Jovančević, S., 2013. Procjena hazarda pojave klizanja u flišu. Doktorska disertacija, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka.
6. Gornitz, V., 1991. Global coastal hazards from future sea level rise. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology (Global and Planetary Change Section)*, 89(4), str. 379–398. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(91\)90173-O](https://doi.org/10.1016/0031-0182(91)90173-O)
7. Gornitz, V., 1990. Vulnerability of the East Coast, U.S.A. to future sea level rise. *Journal of Coastal Research*, (9), str. 201–237.
8. Holthuijsen, L. H., Herman, A., Booij, N., 2003. Phase-decoupled refraction–diffraction for spectral wave models. *Coastal Engineering*, 49(4), str. 291–305. [https://doi.org/10.1016/S0378-3839\(03\)00065-6](https://doi.org/10.1016/S0378-3839(03)00065-6)
9. Jurado Fraile, P., 2011. Analisis de las problematicas asociadas a la espacializacion evolucion y representación de niveles de mar presentes en Andalucía . Doktorska disertacija. Sveučilište u Seville. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3843.8489>
10. Koroglu, A., Ranasinghe, R., Jiménez, J. A., Dastgheib, A., 2019. Comparison of Coastal Vulnerability Index applications for Barcelona Province. *Ocean and Coastal Management*, 178, 104799. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.05.001>
11. Ojeda Zújar, J., Alvarez Francoso, J. I., Martin Cajaraville, P., Fraile-Jurado, P., 2009. El uso de las TIG para el cálculo del índice de vulnerabilidad costera (CVI) ante una potencial subida del nivel del mar en la costa andaluza (España). *GeoFocus*, 9, str. 83–100.

12. Orlić, M., Pasarić, Z., 2013. Semi-empirical versus process-based sea-level projections for the twenty-first century. *Nature Climate Change*, 3(8), str. 735-738. <https://doi.org/10.1038/nclimate1877>
13. Özyurt, G., Ergin, A., 2010. Improving Coastal Vulnerability Assessments to Sea-Level Rise: A New Indicator-Based Methodology for Decision Makers. *Journal of Coastal Research*, 26(2), str. 265-273. <https://doi.org/10.2112/08-1055.1>
14. Pantusa, D., D'Alessandro, F., Riefolo, L., Principato, F., Tomasicchio, G. R., 2018. Application of a coastal vulnerability index. A case study along the Apulian Coastline, Italy. *Water*, 10(9), 1218. <https://doi.org/10.3390/w10091218>
15. Ružić, I., 2003. Analiza razina mora sjevernojadranskog područja i njihova međudnosa s pojavama visokih razina voda u vodotocima na primjeru ušća Dubračine. Diplomski rad. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka.
16. Ružić, I., Benac, Č., 2016. Vulnerability of the Rab island coastline due to sea level rise. *Hrvatske vode*, 24(97), str. 203-214.
17. Ružić, I., Benac, Č., Ilić, S., Krvavica, N., Rubinić, J., 2018. Geomorphological changes in a miniature beach in the karst. *Hrvatske vode*, 26(103), str. 27-34.
18. Ružić, I., Benac, Č., Marović, I., Ilić, S., 2015. A stability assessment of coastal cliffs using digital imagery. *Acta Geotechnica Slovenica*, 12(2015/2), str. 25-35.
19. Ružić, I., Dugonjić, S., Benac, Č., Krvavica, N., 2019. Assessment of the Coastal Vulnerability Index in an Area of Complex Geological Conditions on the Krk Island, Northeast Adriatic Sea. *Geosciences*, 9(5), 219. <https://doi.org/10.3390/geosciences9050219>
20. Ružić, I., Marović, I., Benac, Č., Ilić, S., 2014. Coastal cliff geometry derived from structure-from-motion photogrammetry at Stara Baška, Krk Island, Croatia. *Geo-Marine Letters*, 34, str. 555-565. <https://doi.org/10.1007/s00367-014-0380-4>
21. Šegota, T., 1968. Morska razina u holocenu i mlađem dijelu Würma. *Hrvatski geografski glasnik*, 30(1), str. 15-38.
22. Tabain, T., 1997. Standard wind wave spectrum for the Adriatic Sea revisited (1977-1997). *Brodogradnja*, 45, str. 303-313.
23. Torresan, S., Critto, A., Rizzi, J., Marcomini, A., 2012. Assessment of coastal vulnerability to climate change hazards at the regional scale: The case study of the North Adriatic Sea. *Natural Hazards and Earth System Science*, 12(7), str. 2347-2368. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-2347-2012>
24. Tragaki, A., Gallousi, C., Karymbalis, E., 2018. Coastal Hazard Vulnerability Assessment Based on Geomorphic, Oceanographic and Demographic Parameters: The Case of the Peloponnese (Southern Greece). *Land*, 7(2), 56. <https://doi.org/10.3390/land7020056>
25. Trenhaile, A. S., 2018. Shore platform erosion and evolution: Implications for cosmogenic nuclide analysis. *Marine Geology*, 403, str. 80-92. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2018.05.005>

Knjige, poglavlja u knjigama, radovi u zbornicima skupova:

26. Abuodha, P. A., Woodroffe, C. D., 2006. Assessing vulnerability of coasts to climate change: A review of approaches and their application to the Australian coast. U: GIS for the Coastal Zone: A selection of Papers from CoastGIS 2006. Australian National Centre for Ocean Resources and Security University of

- Wollongong, Wollongong, Australia, 2007; Woodroffe C. D., Bruce, E., Puotinen, M. and Furness R. A. (ur.)
27. Benac, Č., Dugonjić Jovančević, S., Ružić, I., Vivoda, M., Peranic, J., 2014. Marine erosion and slope movements: SE coast of the Krk Island. U: *Landslide Science for a Safer Geoenvironment: Volume 3: Targeted Landslides*. Beijing, Kina, 2. – 6. lipnja 2014.; Sassa, K., Canuti, P., Yin, Y. (ur.); str. 563–567. https://doi.org/10.1007/978-3-319-04996-0_86
 28. Benac, Č., Ružić, I., Ljutić, K., Ferenac-Grubišić, A., 2012. Ranjivost obala otoka Raba. U: *Rapski zbornik II*. Andrić, J., Lončarić, R. (ur.). Ogranak Matice hrvatske u Rabu, Zagreb, str. 235–243.
 29. Benac, Č., Ružić, I., Žic, E., Gržančić, Ž., Kraljić, R., 2010. Ranjivost prirodnih žala u području Kvarnera. U: *Prirodoslovna istraživanja riječkog područja II*. Arko-Pijevac, M., Surina, B. (ur.), Prirodoslovni muzej Rijeka, Rijeka, str. 97–107.
 30. Davoudi, S., Crawford, J., Mehmood, A., 2009. *Planning for Climate Change: Strategies for Mitigation and Adaptation for Spatial Planners*. Routledge, London, UK. <https://doi.org/10.4324/9781849770156>
 31. Penzar, B., Penzar, I., Orlić, M., 2001. *Vrijeme i klima hrvatskog Jadrana*. Dr. Feletar, Hrvatski hidrografski institut, Split
 32. Pršić, M., Smirčić, A., Leder, N., 1999. Adriatic High Sea State Characteristics // Wind and Wave Climate '99. U: *Proceedings of the International MEDCOAST Conference on Wind and Wave Climate of the Mediterranean and Black Sea*. Middle East Technical University Ankara, Antalya; Salleh, A., Özhan, E. (ur.). str. 277–293.

Izvješća, studije i dokumenti:

33. ETC CCA, 2011. Methods for assessing coastal vulnerability to climate change. ETC CCA Technical Paper 1/2011
34. EU, 2009. PROTOCOL on Integrated Coastal Zone Management in the Mediterranean.
35. Europska komisija, 2013. An EU Strategy on adaptation to climate change. Komunikacija Komisije Europskom parlamentu, Vijeću, Europskom gospodarskom i socijalnom odboru i Odboru regija
36. Europska komisija, 2019. Europski zeleni plan. Komunikacija Komisije Europskom parlamentu, Europskom vijeću, Vijeću, Europskom gospodarskom i socijalnom odboru i Odboru regija.
37. Europski parlament, Vijeće Europske unije, 2014. Direktiva 2014/89/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 23. srpnja 2014. o uspostavi okvira za prostorno planiranje morskog područja
38. Gornitz, V., Beaty, T. W., Daniels, R., 1997. A coastal hazards data base for the U.S. West coast. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee
39. Gornitz, V., White, T. W., 1992. A coastal hazards database for the U.S. East coast. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee
40. Gutierrez B. T., Williams S. J., Thieler E. R., 2009. Basic approach for shoreline change projections. U: *Coastal Sensitivity to Sea-Level Rise: A Focus on the Mid- Atlantic Region*. Titus J. G., Anderson K. E., Cahoon D. R., Gesch D. B., Gill S. K., Gutierrez B. T., Thieler E. R., Williams S. J. (ur.). Izvješće. U.S. Climate

- Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC, str. 239-242.
41. Institut građevinarstva Hrvatske - PC Rijeka, 1997. Inženjerskogeološke i geotehničke značajke stijena i tala. Prostorni plan Županije primorsko-goranske, separat A1/1.
 42. IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Pachauri, R. K., Meyer, L. A. (ur.)]. IPCC, Geneva, Švicarska
 43. IPCC, 2019. Summary for Policymakers. U: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E., Mintenbeck, K., Alegría, A., Nicolai, M., Okem, A., Petzold, J., Rama, B., Weyer, N.M. (ur.)
 44. JU Zavod za prostorno uređenje PGŽ, 2018. Izvješće o stanju u prostoru Primorsko-goranske županije za razdoblje od 2013. do 2016. godine
 45. PAP/RAC, 2019. Monitoring of IMAP Common Indicator 16: Length of coastline subject to physical disturbance due to the influence of manmade structures – Primorje-Gorski kotar County. Naručitelj: JU Zavod za prostorno uređenje PGŽ
 46. PAP/RAC, 2012. Analysis of the Croatian legal framework in relation to the provisions of the Protocol on ICZM in the Mediterranean.
 47. RH, 2020. Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu
 48. Šibensko-kninska županija, 2015. Plan integralnog upravljanja obalnim područjem Šibensko-kninske županije
 49. Thieler, E. R., 2002. Vulnerability of U.S. National Parks to Sea-Level Rise and Coastal Change. <https://doi.org/10.3133/fs09502>
 50. Thieler, E. R., Hammar-Klose, E. S., 1999. National assessment of coastal vulnerability to sea-level rise: Preliminary results for the U.S. Atlantic coast. U.S.G.S.
 51. UNDP, 2009. Dobra klima za promjene

Internetski izvori:

52. DGU, 2019. Geoportal. URL: <https://geoportal.dgu.hr/>
53. Lokalpatrioti Rijeka, 2012. URL: <http://www.lokalpatrioti-rijeka.com/forum/viewtopic.php?p=89971>
54. Novi list, 2020. JAKO JUGO I OBILNA KIŠA More poplavilo cresku rivu. URL: <https://www.novolist.hr/rijeka-regija/otoci/jako-jugo-i-kisa-more-poplavilo-cresku-rivu/>
55. Rab danas, 2019. Rekonstrukcija i dogradnja luke Rab - najbolji štit od poplava. URL: <https://www.rabdanas.com/index.php/vijesti/item/4301-rekonstrukcija-i-dogradnja-luke-rab-najbolji-stit-od-poplava>
56. tportal.hr, 2010. Voda u Rijeci napokon pitka. URL: <https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/voda-u-rijeci-napokon-pitka-20100104>
57. 24sata, 2016. Plimni val poplavio Mali Lošinj: 'Plivala' riva, kafići, trgovine... URL: <https://www.24sata.hr/news/plimni-val-poplavio-mali-losinj-plivala-riva-kafici-trgovine-479143>

POPIS SLIKA

Slika 1.	Digitalni model podmorja šireg akvatorija Kvarnera	19
Slika 2.	Prognoze učestalosti pojave maksimalne razine mora u Bakru (Ružić, 2003.)	23
Slika 3.	Prognoze učestalosti pojave maksimalne razine mora u Rovinju (Ružić, 2003.)	23
Slika 4.	Standardni hod srednjih satnih brzina olujnih vjetrova na Jadranu (Tabain, 1997.)	25
Slika 5.	Odron stijene u naselju Stara Baška 2009. godine	27
Slika 6.	Područje osipanja i odrona stijene pokraj Lubenica na otoku Cresu	28
Slika 7.	Odron stijene na istočnoj obali otoka Cresa	28
Slika 8.	Područje osipanja i odrona stijene između Lubenica i Martinšćice na otoku Cresu	28
Slika 9.	Uvala Havišće prije 1968. i 2018. godine (https://geoportal.dgu.hr/)	29
Slika 10.	Građevine na istočnom dijelu uvale Havišće (2015. godina)	30
Slika 11.	Prije i nakon odrona 2015. godine u uvali Havišće	30
Slika 12.	Sanacija pokosa u uvali Havišće	30
Slika 13.	Središnji i zapadni (žalo) dio uvale Havišće	31
Slika 14.	Uvala Havišće tijekom povišenih razina mora i valova slabog juga (2009. godina)	31
Slika 15.	Model dohrane žala	32
Slika 16.	Plaža Sablićevo između dva svjetska rata (<i>gore</i> , Lokalpatrioti Rijeka, 2012.) i 2019. godine (<i>dolje</i>)	33
Slika 17.	Plaža Sablićevo prije 1968. (<i>lijevo</i>) i 2011. godine (<i>desno</i>) (DGU, 2019.)	33
Slika 18.	Djelovanje valova na šetnicu u Voloskom kod Opatije	34
Slika 19.	Oštećenja šetnice između Voloskog i Opatije (2018.)	34
Slika 20.	Oštećenje obalne šetnice u kampu Čikat, na području Grada Malog Lošinja (2019.)	35
Slika 21.	Žala uz Ulicu Palada (2015.)	36
Slika 22.	Šteta na plaži i objektima u Crikvenici (2018.)	36
Slika 23.	Pregrada za zadržavanje nanosa na bujici Mošćenička Draga 2004. (<i>lijevo</i>) i 2011. (<i>desno</i>)	37
Slika 24.	Žalo na ušću bujice Mošćenička Draga formirano 2011. godine	37
Slika 25.	Plavljenje grada Raba (www.rabdanas.com , 2019.)	38
Slika 26.	Plavljenje grada Rijeke (tportal.hr , 2010.)	38
Slika 27.	Plavljenje grada Cresa (Novi list, 2020.)	38
Slika 28.	Plavljenje grada Cresa (Novi list, 2020.)	38
Slika 29.	Plavljenje obale u Novom Vinodolskom	39
Slika 30.	Karta ranjivosti obale Andaluzije – GIS prikaz, (Ojeda-Zújar i dr., 2009.)	41
Slika 31.	Prikaz rezultata analize obalne ranjivosti (CVI); Apuglia, Italija (Pantusa i dr., 2018.)	45
Slika 32.	Pregledna karta poluotoka Peloponeza (Tragaki i dr., 2018.)	46

Slika 33. Prikaz rezultata CVI varijabli (Tragaki i dr., 2018.)	47
Slika 34. Zbirna ranjivost na području Šibensko-kninske županije (Šibensko-kninska županija, 2015.)	49
Slika 35. Riječka obala geološkog sastava šljunkovitih naplavina (<i>narančasta boja</i>) definirana niskom ranjivošću geološke građe zbog izgrađenosti i korištenja obale	55
Slika 36. Pregledna geološka karta otoka Raba; 1 – karbonatne stijene gornje krede i paleogena, 2 – siliciklastične stijene paleogena, 3 – kvartarne naplavine	56
Slika 37. Podindeks obalne ranjivosti (CVI) otoka Raba s obzirom na varijablu geološke građe	56
Slika 38. Prognoza visokih razina mora u Bakru u slučaju stagnacije i povišenja morske razine za 30 i 60 cm (Ružić, 2003.)	62
Slika 39. Primorsko-goranska županija – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu geološke građe	66
Slika 40. Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu geološke građe	67
Slika 41. Prosječna vrijednost podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu geološke građe prema obalnim cjelinama	68
Slika 42. Primorsko-goranska županija – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog nagiba i rizik od klizanja i odrona zemljišta	69
Slika 43. Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu obalnog nagiba	70
Slika 44. Prosječna vrijednost podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog nagiba prema obalnim cjelinama	70
Slika 45. Otok Rab – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu obalnog nagiba	71
Slika 46. Otok Rab – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog nagiba i rizik od klizanja i odrona zemljišta	72
Slika 47. Vinodolski kanal i sjeverni dio otoka Krka – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog nagiba i rizik od klizanja i odrona zemljišta (Uvala Havišće je zaokružena.)	73
Slika 48. Jugoistočni i istočni dio otoka Krka – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog nagiba i rizik od klizanja i odrona zemljišta (Ugroženo područje Stare Baške je zaokruženo.)	74
Slika 49. Otok Lošinj – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog nagiba i rizik od klizanja i odrona zemljišta	75
Slika 50. Primorsko-goranska županija – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu značajne visine vala	76
Slika 51. Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu značajne valne visine	77
Slika 52. Prosječna vrijednost podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu značajne valne visine prema obalnim cjelinama	78

Slika 53. Primorsko-goranska županija – rezultati podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog plavljenja	79
Slika 54. Prosječna vrijednost podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog plavljenja prema obalnim cjelinama	80
Slika 55. Primorsko-goranska županija – podindeks obalne ranjivosti (CVI) za varijablu plavljenja obale u slučaju podizanja srednje razine mora	81
Slika 56. Relativno povećanje prosječne vrijednosti podindeksa obalne ranjivosti (CVI) za varijablu obalnog plavljenja pri dizanju razine mora, prema obalnim cjelinama	82
Slika 57. Primorsko-goranska županija – lokacije i vrste žala	83
Slika 58. Primorsko-goranska županija – zastupljenost pojedine vrste žala	84
Slika 59. Udio žala u duljini obalne linije prema obalnim cjelinama	85
Slika 60. Primorsko-goranska županija – rezultati konačnog indeksa obalne ranjivosti (CVI)	86
Slika 61. Primorsko-goranska županija – zastupljenost konačnog indeksa obalne ranjivosti (CVI)	87
Slika 62. Prosječna vrijednost konačnog indeksa obalne ranjivosti (CVI) prema obalnim cjelinama	87
Slika 63. Grad Mali Lošinj – rezultati konačnog indeksa obalne ranjivosti (CVI)	88
Slika 64. Otok Rab – rezultati konačnog indeksa obalne ranjivosti (CVI)	89
Slika 65. Otok Rab – zastupljenost konačnog indeksa obalne ranjivosti	89
Slika 66. Riječki zaljev – rezultati konačnog indeksa obalne ranjivosti (CVI)	90
Slika 67. Ranjivost obale Primorsko-goranske županije u odnosu na postojeća i planirana područja gradnje	92

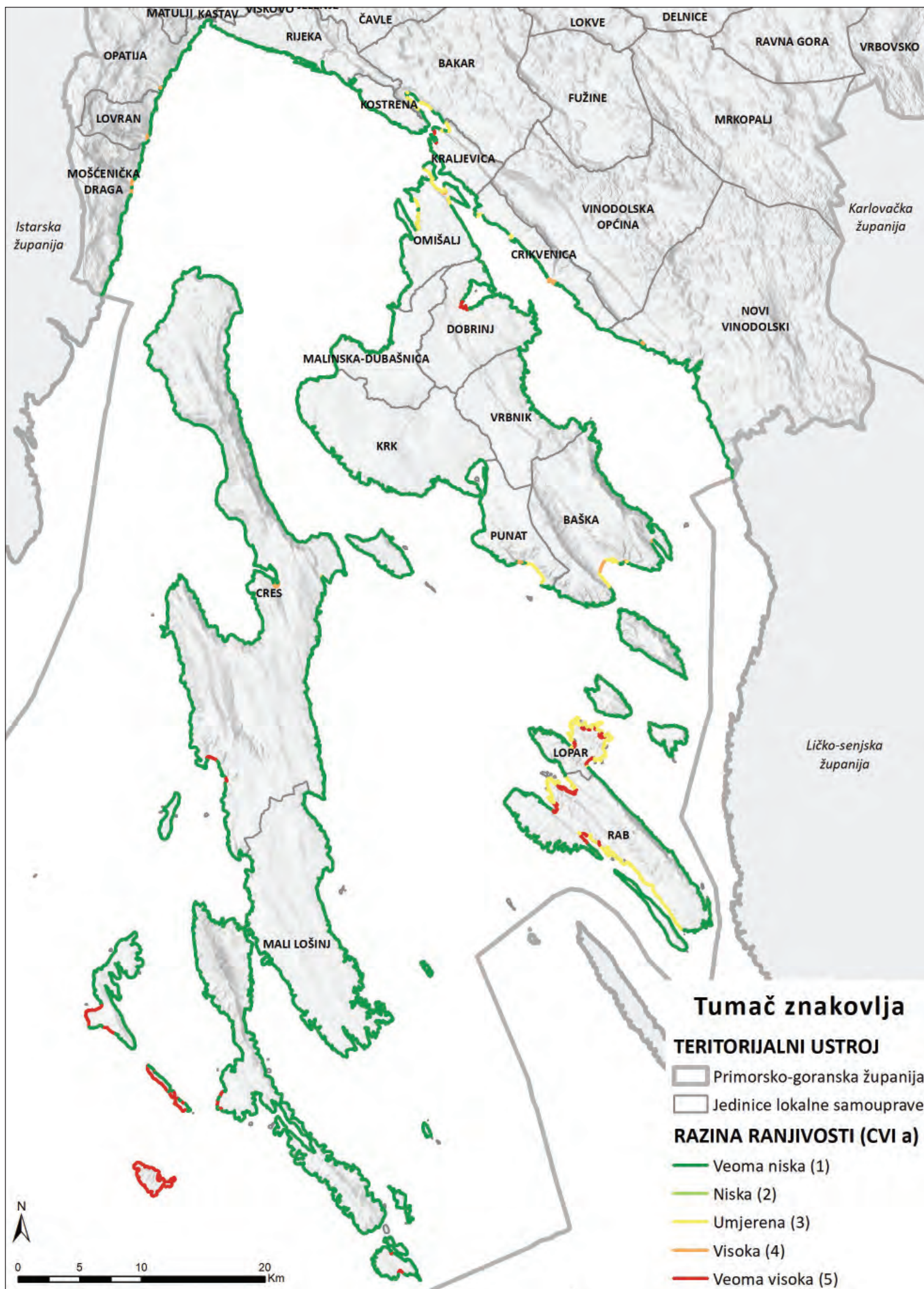
POPIS TABLICA

Tablica 1.	Mjere i aktivnosti prilagodbe porastu morske razine (RH, 2020.)	15
Tablica 2.	Morske razine za karakteristične pozicije u Primorsko-goranskoj županiji (Pršić i dr., 1999.)	21
Tablica 3.	Statistički podaci za mjesečne srednjake u Bakru, za razdoblje 1959. – 2001. (Ružić, 2003.)	21
Tablica 4.	Statistički podaci za mjesečne srednjake u Rovinju za razdoblje 1959. – 2001. (Ružić, 2003.)	22
Tablica 5.	Statistički podaci za mjesečne i godišnje maksimume u Bakru za razdoblje 1959. – 2001. (Ružić, 2003.)	22
Tablica 6.	Statistički podaci za mjesečne i godišnje maksimume u Rovinju za razdoblje 1959. – 2001. (Ružić, 2003.)	22
Tablica 7.	Definicija varijabli obalne ranjivosti, Apuglia, Italija (Pantusa i dr., 2018.)	44
Tablica 8.	Granice korištenih CVI varijabli (Tragaki i dr., 2018.)	47
Tablica 9.	Podindeksi obalne ranjivosti (CVI) za varijablu geološke građe	54
Tablica 10.	Podindeksi obalne ranjivosti (CVI) za varijablu kritičnoga obalnog nagiba u odnosu na odron i klizanje (Bognar, 1992.)	58
Tablica 11.	Podindeksi obalne ranjivosti (CVI) za varijablu značajne valne visine	59
Tablica 12.	Podindeks obalne ranjivosti (CVI) za parametar kritičnoga obalnog nagiba u odnosu na plavljenje obale	61
Tablica 13.	Proračun maksimalnih godišnjih razina mora različitih povratnih razdoblja u Bakru (Ružić, 2003.)	61
Tablica 14.	Obalna ranjivost u odnosu na vrstu žala	63
Tablica 15.	Intervali za konačni indeks obalne ranjivosti (CVI)	64
Tablica 16.	Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu geološke građe	67
Tablica 17.	Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu obalnog nagiba	70
Tablica 18.	Otok Rab – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu obalnog nagiba	71
Tablica 19.	Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu značajne valne visine	77
Tablica 20.	Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu plavljenja obale	80
Tablica 21.	Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu obalnog plavljenja u slučaju podizanja srednje razine mora	81
Tablica 22.	Primorsko-goranska županija – zastupljenost podindeksa obalne ranjivosti za varijablu postojanja i vrste žala	84
Tablica 23.	Primorsko-goranska županija – zastupljenost konačnog indeksa obalne ranjivosti (CVI)	87

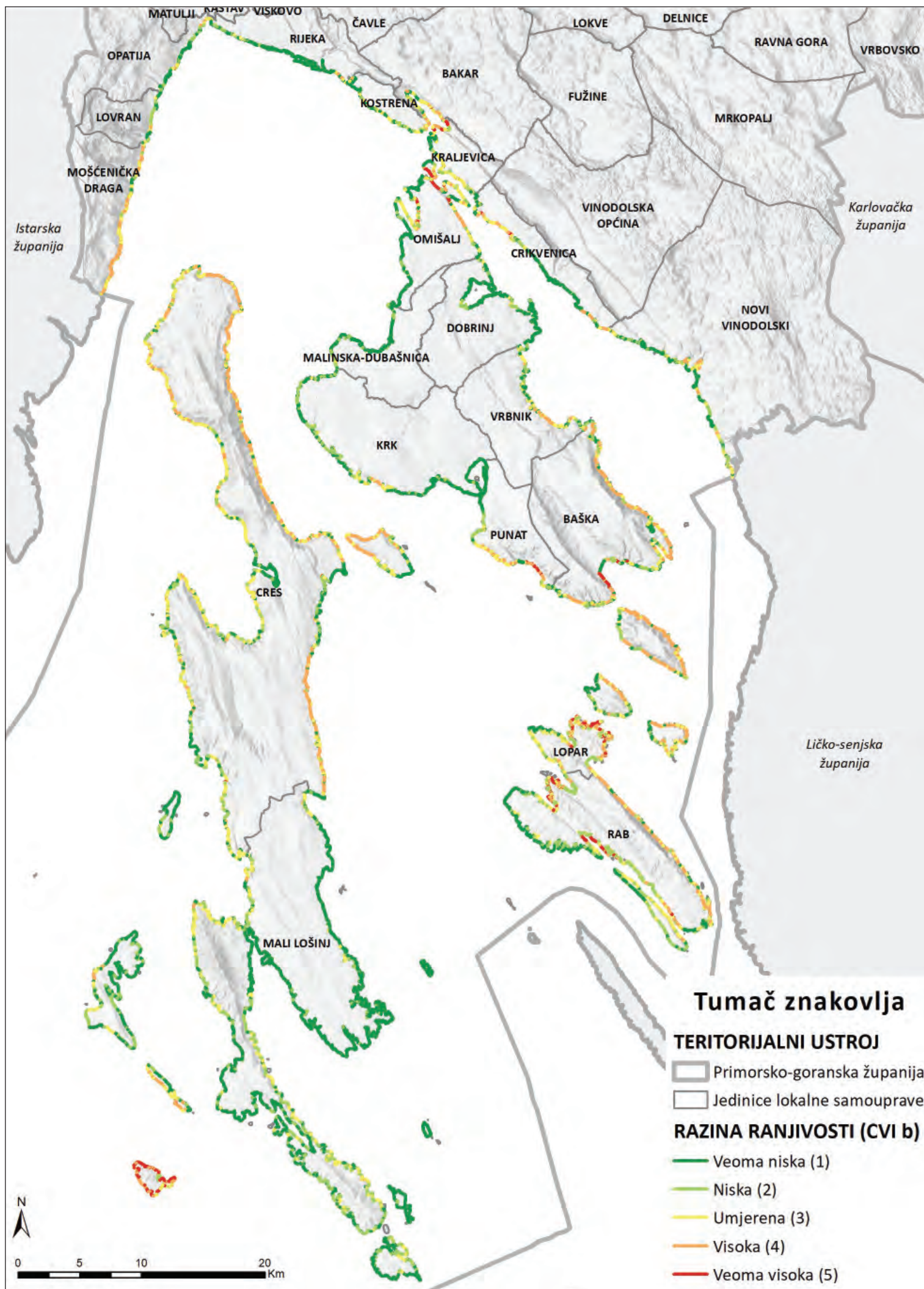
Tablica 24. Ranjivost obalnog područja Primorsko-goranske županije u odnosu na sva prostornim planovima uređenja gradova i općina utvrđena građevinska područja i izgrađena područja izvan građevinskih područja	93
Tablica 25. Analiza dobivenih rezultata obalne ranjivosti po varijablama i jedinicama lokalne samouprave, u odnosu na sva građevinska područja i izgrađena područja izvan građevinskih područja	95
Tablica 26. Analiza dobivenih rezultata obalne ranjivosti obale Primorsko-goranske županije, priobalja i kvarnerskih otoka zbirno i pojedinačno, a u odnosu na sva građevinska područja i izgrađena područja izvan građevinskih područja	102
Tablica 27. Analiza dobivenih rezultata ranjivosti obale po jedinicama lokalne samouprave, a u odnosu na sva građevinska područja i izgrađena područja izvan građevinskih područja	103

GRAFIČKI PRILOZI

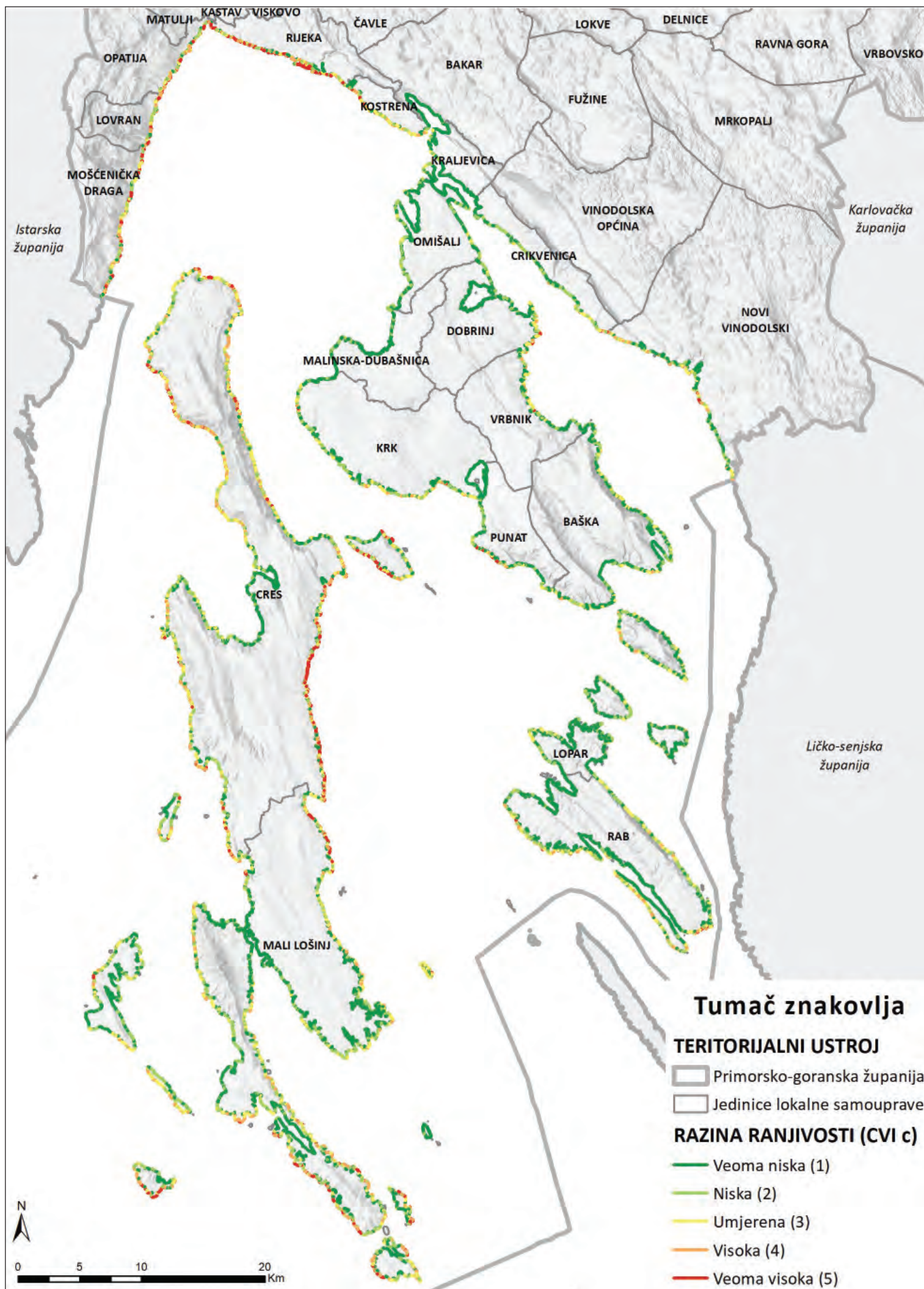
Prilog 1. Ranjivost PGŽ-a prema varijabli geološke građe (CVI a)



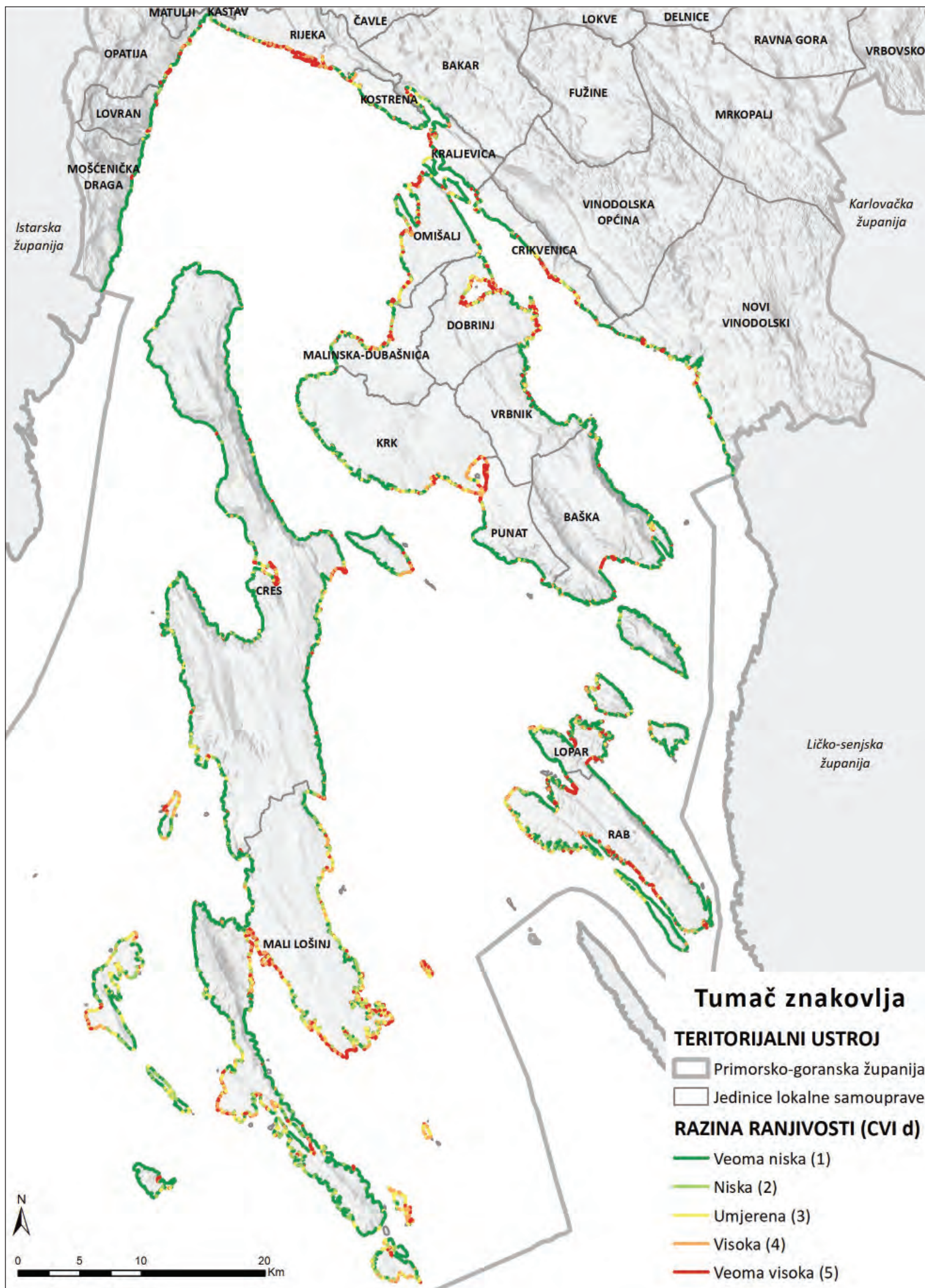
Prilog 2. Ranjivost PGŽ-a prema varijabli obalnog nagiba (CVI b)



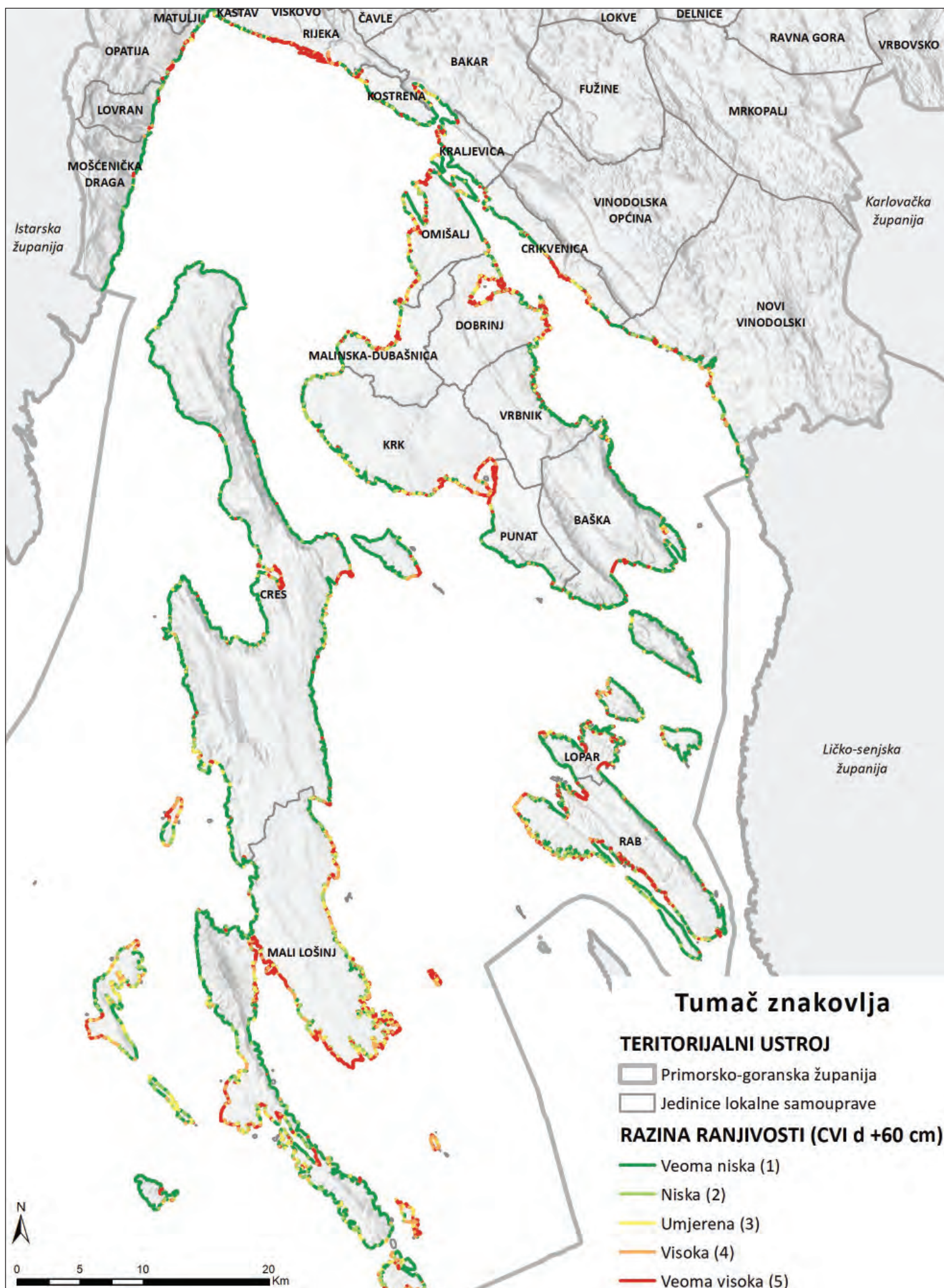
Prilog 3. Ranjivost PGŽ-a prema varijabli značajne visine vala (CVI c)



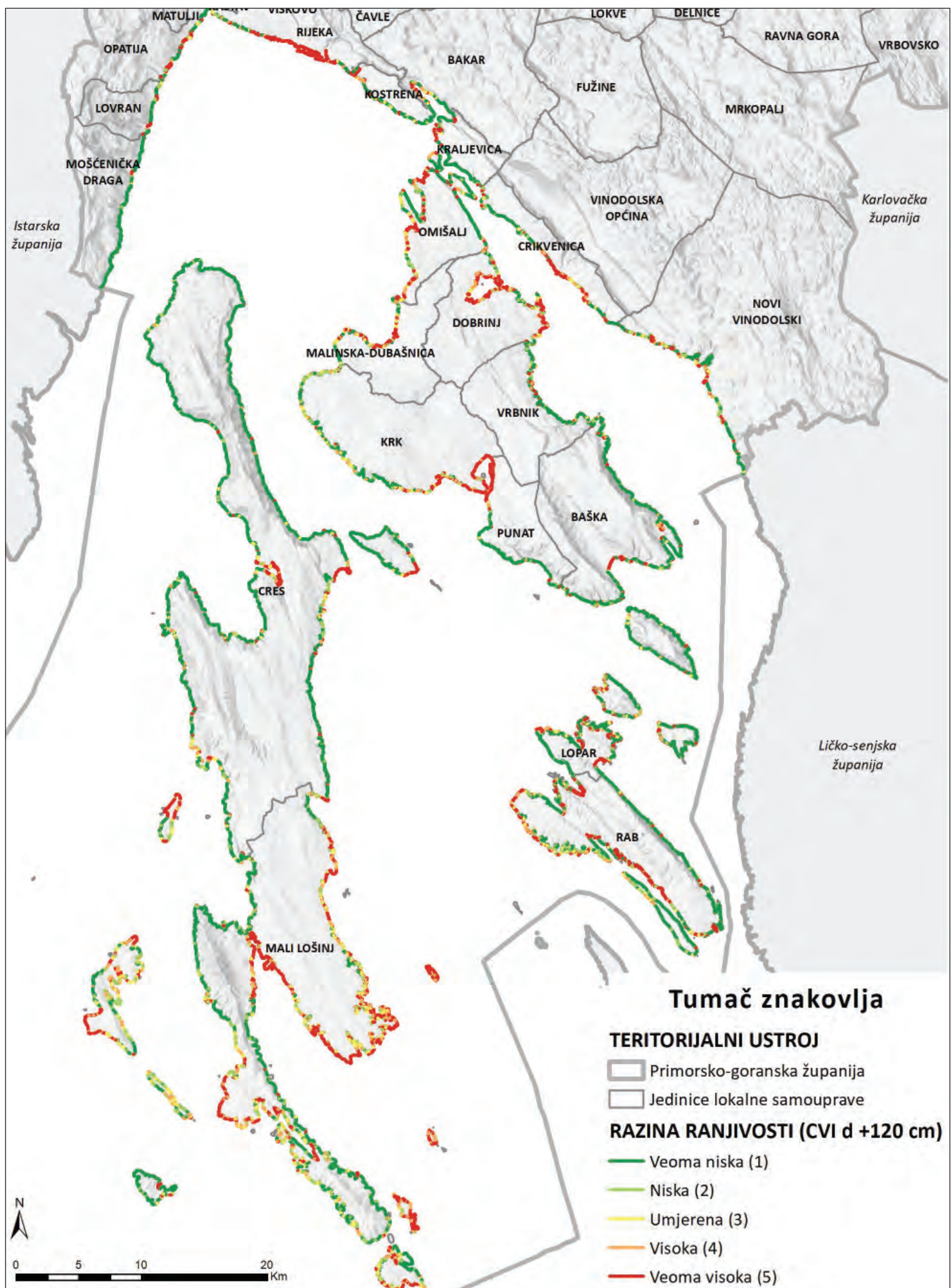
Prilog 4. Ranjivost PGŽ-a prema varijabli plavljenja obale (CVI d)



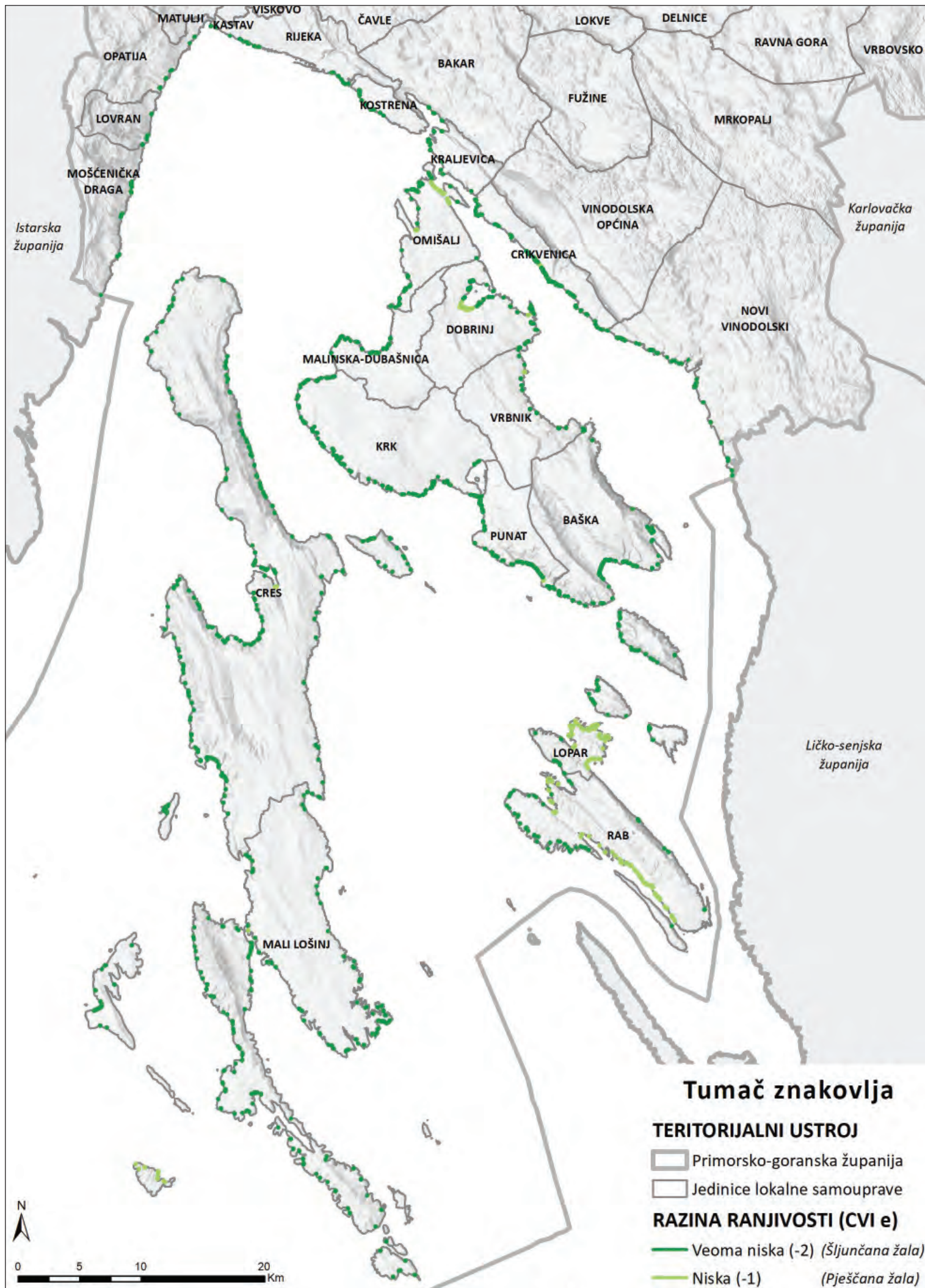
Prilog 5. Ranjivost PGŽ-a prema varijabli plavljenja obale za rast MR za 60 cm (CVI d +60 cm)



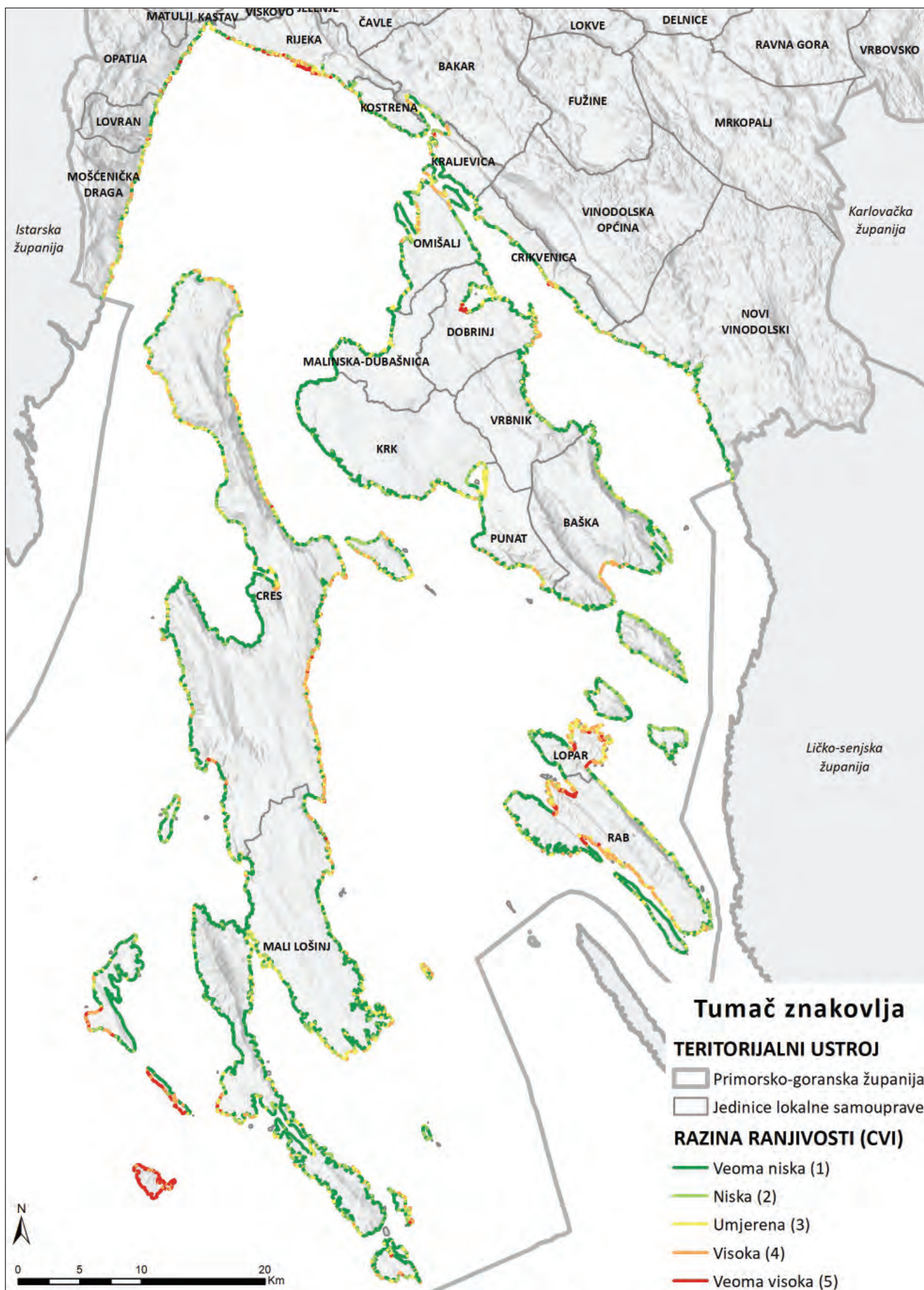
Prilog 6. Ranjivost PGŽ-a prema varijabli plavljenja obale za rast MR za 120 cm (CVI d +120 cm)



Prilog 7. Ranjivost PGŽ-a prema lokaciji žala (CVI e)



Prilog 8. Ranjivost PGŽ-a prema zbirnom indeksu obalne ranjivosti





pžž

ISBN 978-953-58515-5-4