



**EL NASLOVNA STRAN Z OSNOVNIMI PODATKI O
ELABORATU**

NAČRT IN ŠTEVILČNA OZNAKA ELABORATA

ELABORAT VPLIVA PODNEBNIH SPREMEMB NA PROJEKT
(PRESOJA PODNEBNE ODPORNOSTI)

INVESTITOR

Občina Kungota, Plintovec 1, 2201 Zgornja Kungota

POSEG V OKOLJE

Sanacija plazu Kren na Plaču, na lokalni cesti Kren-Hrastnik parc. št. 300/3, 324, 321/2 k.o. 592
Plač

PROJEKTANT:

PNV inženiring d.o.o., Špičnik 47, 2201 Zgornja Kungota

POOBlašČENI INŽENIR:

mag. Janez MAYER univ. dipl. inž. rud. in geotehnol., - RG-0038

ŠTEVILKA, KRAJ IN DATUM IZDELAVE ELABORATA:

25/11/1187 EPS za sanacijo plazu Kren na Plaču, Maribor 28. 11. 2025

KAZALO VSEBINE

KAZALO SLIK	3
KAZALO TABEL	3
SPLOŠNI DEL	4
Podatki nosilca projekta	5
Pregled obravnavanih lokacij.....	5
TEHNIČNI DEL	8
T.1. Geografske in geološke značilnosti lokacij.....	9
T.2. Analiza občutljivosti	12
T.3. Analiza izpostavljenosti v obstoječem in prihodnjem stanju	17
T.3.1 Izpostavljenost v obstoječemu stanju	17
T.3.2. Ocena izpostavljenosti – prihodnje stanje	24
T.3.3. Ocena izpostavljenosti za obstoječe in prihodnje stanje lokacij posegov.....	30
T.4. Ocena ranljivosti	32
T.5. Ocena tveganja	36
T.5.1 Vrednotenje tveganj za projekt zaradi podnebnih sprememb	40
T.6. Prilagoditveni ukrepi in zaključki	42
V. VIRI IN ZAKONODAJA.....	44

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Mikrolokacija</i>	6
<i>Slika 2: Mikrolokacija</i>	6
<i>Slika 3: Mikrolokacija</i>	6
<i>Slika 4: Lokacija občine Kugota [12]</i>	10
<i>Slika 5: Geološka karta Slovenije (1 : 1.000.000) [13]</i>	11
<i>Slika 6: Osnovna geološka karta Slovenije – Plač [13]</i>	12
<i>Slika 7: Podnebni diagram –Maribor (referenčna ARSO postaja) [19]</i>	18
<i>Slika 8: Povprečna letna višina korigiranih padavin za obdobje 1981–2010 na lokaciji [22]</i>	22
<i>Slika 9: Povprečna letna temperatura zraka 1981 - 2010 – območje sanacije [22]</i>	23
<i>Slika 10: Spremembe povprečne letne temperature v Sloveniji tekom 21. stoletja [23]</i>	26
<i>Slika 11: Prikaz poteka spremembe padavinskega režima v Sloveniji tekom 21. stoletja [23]</i> .	28
<i>Slika 12: Absolutne in relativne spremembe napajanja podzemne vode [23]</i>	29

KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Interpretacija barvne legende, uporabljene v nadaljevanju analize občutljivosti</i>	13
<i>Tabela 2: Opis meteoroloških dejavnikov, ki vplivajo na sanacijo poškodb</i>	15
<i>Tabela 3: Analiza občutljivosti predvidenih posegov glede na A – proces projekta in B – uporabnik</i>	16
<i>Tabela 4: Povratne dobe za ekstremne padavine na lokaciji [20]</i>	20
<i>Tabela 5: Projekcija spremembe letne količine padavin za območje sanacije (referenčno obdobje 1981–2010)</i>	27
<i>Tabela 6: Pregledna ocena izpostavljenosti za predvideno sanacijo</i>	31
<i>Tabela 7: Pripadajoča barvna legenda k tabeli 9</i>	31
<i>Tabela 8: Pregledna ocena ranljivosti za območje sanacije</i>	34
<i>Tabela 9: Ocena tveganja za obravnavani projekt ureditve</i>	41

SPLOŠNI DEL

Podatki nosilca projekta

Investitor in nosilec projekta: Občina Kungota, Plintovec 1, 2201 Zgornja Kungota

Kontaktni podatki – telefon: 3862 655 05 05

Kontaktni podatki – e-mail: **obcina@kungota.si**

Odgovorna oseba investitorja: **Županja občine Kungota Tamara Šnofl, univ. dipl. prav.**

Pregled obravnavanih lokacij

Naročnik Naročnik elaborata presoje podnebne odpornosti, Občina Kungota, želi pridobiti celovito oceno vplivov podnebnih sprememb na načrtovano sanacijo plazų Kren. Obravnavano območje se nahaja na jugozahodnem pobočju naselja Plač, nad dolino potoka Plačnice, kjer se razgiban relief, preperinski sedimenti in metamorfna podlaga pohorskega horstantiklinorija združujejo v geomehansko občutljivo pobočno strukturo. Lokacija leži približno na koordinatah 46.655448° N, 15.604466° E (WGS84).

Plazovito območje sestavljajo glinasto–meljasti preperinski materiali, ki ob močnejši hidraciji hitro izgubljajo trdnost, pod njimi pa se nahaja muskovitno–biotitni gnajs s prehodi v blestnik. Pobočje ima naklon, ki omogoča hitro površinsko odtekanje, hkrati pa zaradi slabše prepustnosti v zgornjih plasteh prihaja do zastajanja vode, kar povečuje nevarnost ponovne aktivacije plaznih procesov.

V zadnjih letih je območje Plač večkrat prizadelo intenzivno padavinsko dogajanje, zlasti med ekstremnimi nalivi leta 2023. Takrat so bili zabeleženi:

- razvoj razpok v tleh,
- lokalni zdrsi zemljine,
- deformacije površin,
- okrepljena površinska erozija in nastanek erozijskih žlebov.

Dogodek ni povzročil globokega premika celotnega pobočja, je pa ponovno aktiviral latentno pobočno nestabilnost in potrdil, da je območje zelo občutljivo na spremembe v vodnem režimu tal.

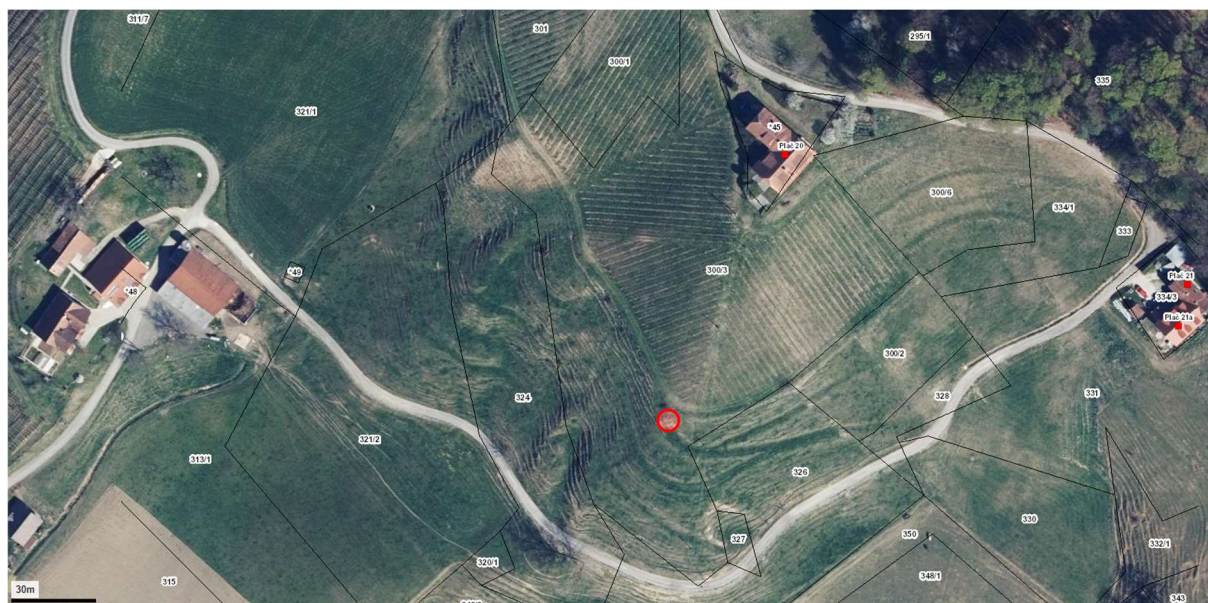
Sanacija plazų Kren bo obsegala:

- stabilizacijo plazovitega telesa,
- ureditev površinskega in globinskega odvodnjavanja,
- razbremenitev tal z usmerjanjem meteorne in zaledne vode,
- izvedbo geotehničnih podpornih ukrepov ter
- zagotavljanje dolgoročne stabilnosti pobočja.

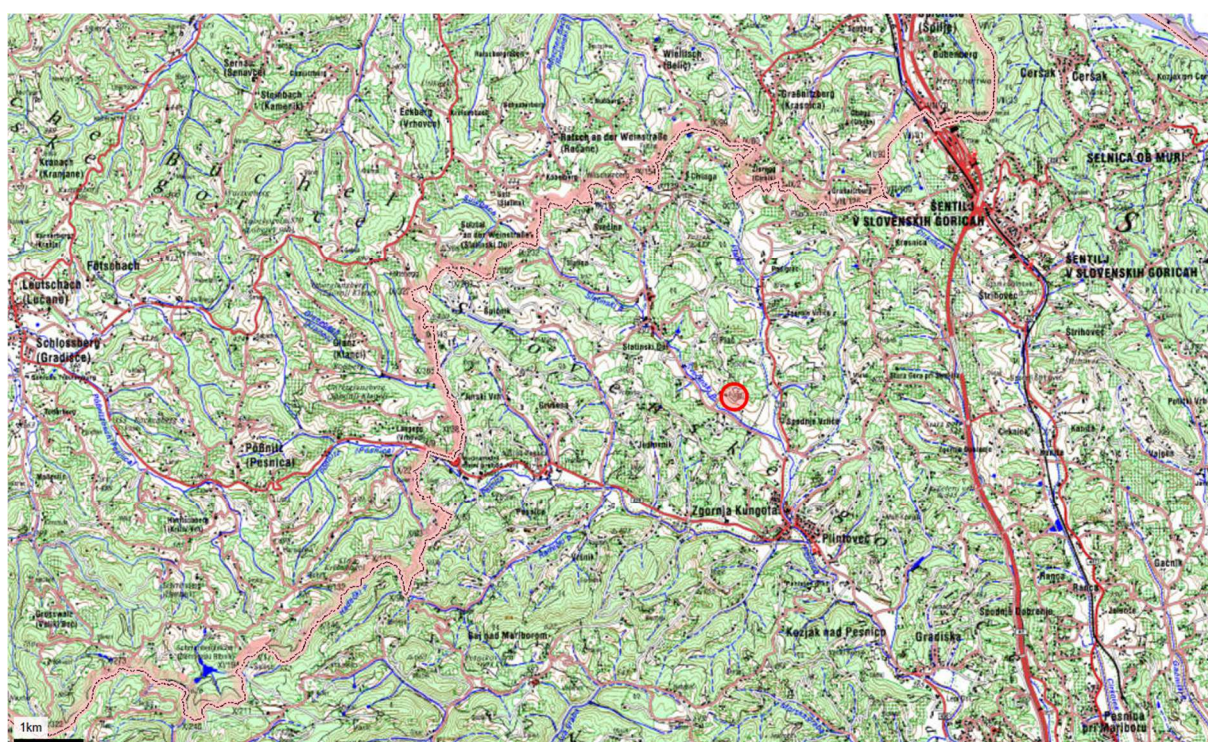
Cilj sanacije je zmanjšati izpostavljenost območja ključnim podnebnim tveganjem, predvsem povečani količini padavin, ekstremnim nalivom, infiltraciji, površinski in pobočni eroziji ter možnosti ponovne aktivacije plitvih zemeljskih plazų. Projekcije podnebnih scenarijev za severovzhodno Slovenijo kažejo, da se bo pogostost in intenzivnost ekstremnih padavin v

prihodnjih desetletjih povečala, kar neposredno vpliva na stabilnost pobočij in dolgoročno učinkovitost izvedenih sanacijskih ukrepov.

Slika 1: Mikrolokacija



Slika 2: Mikrolokacija



Slika 3: Mikrolokacija

Namen pričujočega elaborata presoje podnebne odpornosti je podati celovito analizo vplivov prihodnjih podnebnih sprememb na projekt sanacije plazu Kren, ki se nahaja na južnem delu naselja Plač v Občini Kungota. Plazovito območje, oblikovano v glinasto-meljastih preperinah nad metamorfno podlago muskovitno–biotitnega gnajsa, je izrazito občutljivo na povečano količino padavin, infiltracijo in pobočno erozijo. Zaradi vse pogostejših intenzivnih nalivov, kot

so bili zabeležení leta 2023, je pričakovati nadaljnjo povečanje hidravličnih obremenitev, kar lahko vpliva na stabilnost pobočja ter učinkovitost izvedenih sanacijskih ukrepov.

Elaborat je pripravljen za oceno vplivov podnebnih sprememb na stabilnost plazovitega telesa, na delovanje površinskega in globinskega odvodnjavanja ter na dolgoročno obnašanje terena v kontekstu sprememb padavinskih režimov, ekstremnih vremenskih dogodkov in zasičenja tal. Analiza temelji na zgodovinskih opazovanjih in podatkih Agencije RS za okolje (ARSO) [1], regionalnih podnebnih projekcijah SLO-CLIM [2], geoloških podatkih Geološkega zavoda Slovenije [3] ter dodatnih modeliranih podatkih iz sistema CrossRisk [8].

Dokument je pripravljen skladno s Smernicami organa upravljanja za krepitev podnebne odpornosti 2021–2027 [4], priporočili iz Non-paper Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient [5] ter zahtevami Evropske komisije glede skladnosti z načelom DNSH in metodologijo climate proofinga [6]. Pri oceni bodočih vplivov so uporabljeni scenariji podnebnih sprememb RCP 4.5 in RCP 8.5, povzeti po EEA [7] ter regionalno prilagojeni za severovzhodno Slovenijo [8].

Struktura elaborata sledi metodološkemu okviru Evropske komisije in vključuje:

- Analizo občutljivosti – prepoznavanje ključnih podnebnih dejavnikov, ki vplivajo na plazovito območje (ekstremni padavinski dogodki, erozija, površinski odtok, infiltracija, zasičenje tal), opredeljenih na podlagi ARSO [1], SLO-CLIM [2] in EEA [7].
- Analizo izpostavljenosti – oceno trenutnih in prihodnjih podnebnih razmer za območje Plač, izvedeno z uporabo kartografskih slojev PISO [9] ter podnebnih projekcij za obdobje 2031–2100 [7][8].
- Oceno ranljivosti – oceno dovzetnosti plazovitega telesa in podpornih ukrepov glede na geološko podlago, preperinske materiale in naklonske značilnosti območja, skladno z geološkimi podatki GeoZS [3] in metodologijo EK [4][5].
- Oceno tveganja – matriko verjetnosti in posledic podnebnih obremenitev, pripravljeno skladno z metodologijo EK [4] ter nacionalnimi smernicami za ocenjevanje naravnih nevarnosti [10].
- Prilagoditvene ukrepe – predlog tehničnih, hidrotehničnih, vegetacijskih in organizacijskih ukrepov za dolgoročno stabilizacijo plazovitega območja, pripravljen skladno s priporočili EEA [7], EK [4][5] ter smernicami Direkcije RS za vode (DRSV) [11].

TEHNIČNI DEL

T.1. Geografske in geološke značilnosti lokacij

Območje sanacije plazu Kren na Plaču se nahaja v Občini Kungota v katastrski občini Plač, na prehodu med severnim robom Dravskega polja in južnim obronkom Kozjaka. Relief je razgiban, pobočja so zmerno do izrazito nagnjena, kar je značilno za teren med dolino Dravinje in dvignjenimi metamorfnimi masivi, ki se nadaljujejo proti Pohorju. Lokacija leži na nadmorski višini približno 330–360 m, na območju, kjer so pobočja podvržena intenzivnemu površinskemu odtoku ter premeščanju preperinskega materiala ob močnih padavinah.

Geološko obravnavano območje pripada geotektonski enoti Vzhodne Alpe, natančneje podenoti pohorski horstantiklinorij, kar je skladno z Geološko karto lista *Ravne na Koroškem* [3]. Temeljno kamninsko podlago sestavljajo muskovitno–biotitni gnajsi s prehodi v blestnik (oznaka Gbm), ki predstavljajo najgloblji del metamorfnega kompleksa območja. Kamnine so drobno- do srednjezrnate, svetlo do temno sive barve, z granoblastično do lepidoblastično strukturo ter pogostimi prehodi v blestnik. Ponekod so diafторizirane oziroma delno filonitizirane, kar pomeni, da so lokalno tektonsko preoblikovane in mehansko oslabiljene.

Pobočja, kjer se nahaja aktivni plaz so prekrita z debelimi plastmi preperine in deluvija, ki nastajajo z drobljenjem gnajsa ter njegovim mehanskim premeščanjem po pobočju. Tovrstni materiali imajo nizko do srednjo strižno trdnost, ob razmočenju pa hitro izgubijo stabilnost, kar je ključen dejavnik nastanka pobočnih procesov v letu 2023.

Na območje vpliva tudi labotska prelomna cona, ki določa dvig in pogrezanje posameznih blokov metamorfnega kompleksa. Dvignjeni jugozahodni blok, v katerem leži Plač, je zato geološko heterogen ter bolj nagnjen k nastanku lokalnih prelomnih con in s tem k slabši koheziji preperinskih mas.

Hidrologija in podnebni vplivi

Območje Plač ima zmerno celinsko podnebje z letno količino padavin približno 1000–1200 mm [1], pri čemer se padavinski maksimum pojavlja v poletnih mesecih. Nalivi, kot so tisti avgusta 2023, povzročajo hitro nasičenje preperinskih tal in velik porast površinskega odtoka, kar povečuje dovzetnost pobočij za erozijske procese in plazenje.

Hudourniški značaj lokalnih povirnih žlebov, ki se spuščajo proti obravnavanemu pobočju, pospešuje premeščanje materiala. Na lokaciji plazu so bile evidentirane poškodbe, ki vključujejo zdrs preperine, razpoke v terenu, posedanje ter lokalno zdrsavanje zemljine vzdolž drsne ploskve.

Raba prostora

V vplivnem območju plazu Kren so prisotni naslednji elementi rabe prostora:

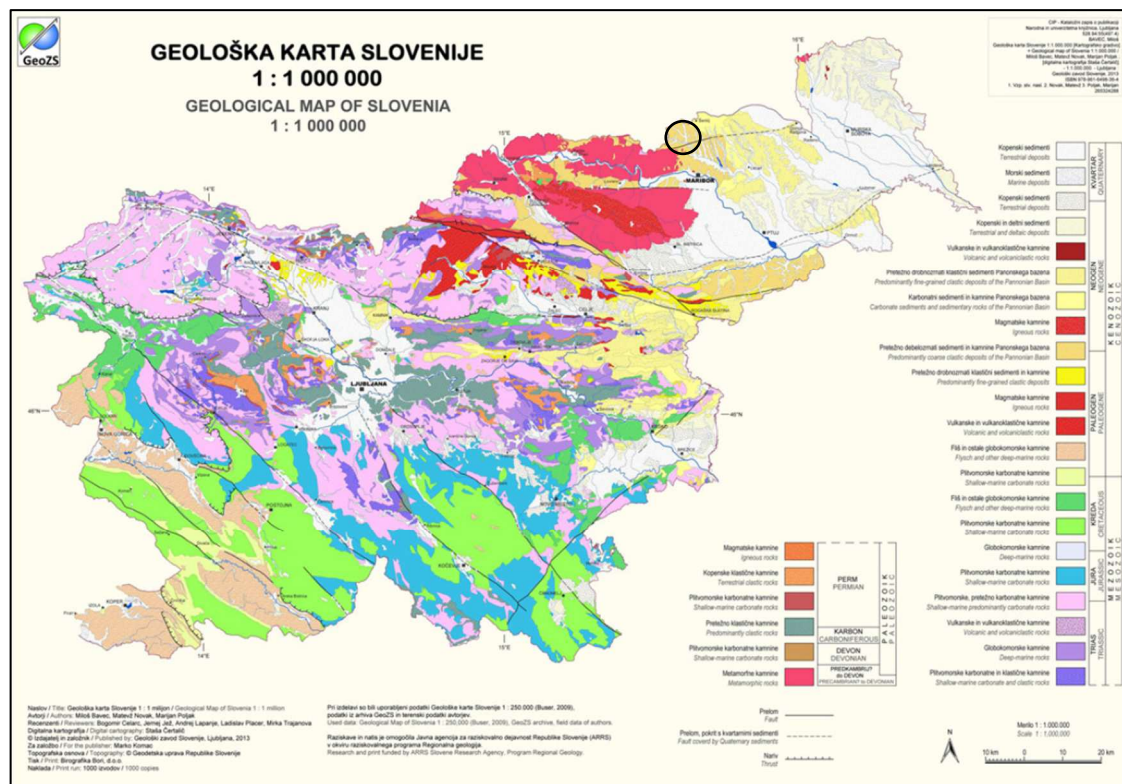
- razpršena stanovanjska pozidava ob lokalni dostopni cesti;
- kmetijske in travniške površine, ki prehajajo v gozdne robove;
- pobočja s preperinskim materialom, ki so ob močnih padavinah izrazito erodibilna;
- žlebovi in manjše hudourniške grape, ki ob nalivih prenašajo nanosni material in lahko vplivajo na širjenje plazu;

- območja dokumentiranih premikov tal v ekstremnih padavinskih dogodkih, kar potrjuje občutljivost preperine na zasičenje.



Slika 4: Lokacija občine Kugota [12]

Geologija obravnavanega območja



Slika 5: Geološka karta Slovenije (1 : 1.000.000) [13]

Območje plazu Plač leži v severnem delu občine Kungota, v gričevnatem predalpskem svetu med dolino Pesnice in Kozjaškim hribovjem. Podlaga pripada metamorfni enoti vzhodnih Alp, natančneje pohorskemu horstantiklinoriju, ki se v tem delu dviguje kot severozahodni segment metamorfnega kompleksa. Območje je tektonsko povezano z labotsko prelomno cono, kar pojasnjuje prisotnost lokalnih razpoklinskih con in povišano heterogenost kamninske podlage.

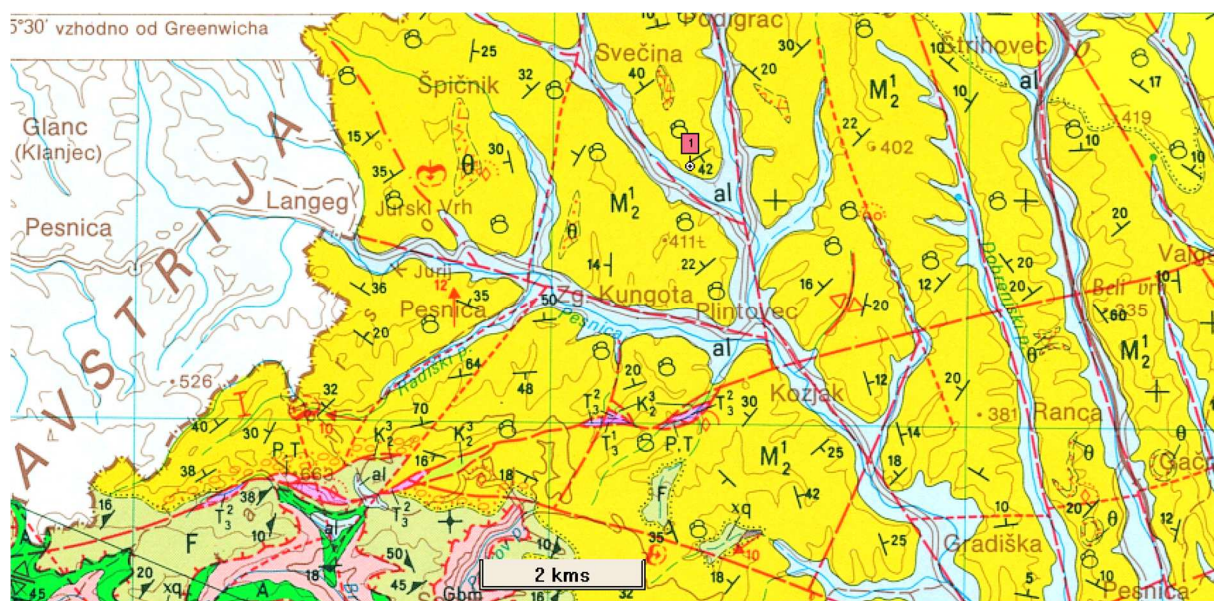
Geološko podlago sestavljajo pretežno muskovitno-biotitni gnajsi, ki lokalno prehajajo v blestnik. Gre za drobno- do srednjezrnate metamorfne kamnine svetlo do temno sive barve, z značilno foliirano strukturo, v kateri so minerali razporejeni v vzporedne plasti. Ta tekstura povzroča anizotropne mehanske lastnosti in lahko na nagnjenih pobočjih prispeva k razrahljanju terena ter zmanjšanju stabilnosti ob povečani vlagi. V posameznih območjih je opazna diaforizacija oziroma filonitizacija gnajsa, kar nakazuje na tektonsko preoblikovanje kamnin in zmanjšano strižno trdnost v razpoklinskih conah.

Nad metamorfno podlago se nahaja plast preperine, ki je večinoma peščeno-glinaste sestave z dodatkom grušča in posameznih kamnitih vložkov. Debelina preperine je spremenljiva in lahko doseže več metrov. Material hitro vpija vodo in se ob intenzivnih ali dolgotrajnih padavinah zasiči, kar vodi v zmanjšanje strižne trdnosti ter ustvarja pogoje za površinsko erozijo in plitve pobočne procese. Izvedena geološka in geomehanska poročila potrjujejo prisotnost premikov znotraj preperinske plasti in njeno visoko občutljivost na zasičenje.

Hidrogeološko območje zaznamujejo nizko prepustne metamorfne kamnine, pri katerih infiltracija poteka predvsem po razpoklinskih sistemih, medtem ko se voda v preperini zadržuje dalj časa. To povzroča povečane površinske odtoke, hitrejše razmočenje pobočja ter pospešeno odnašanje preperinskega materiala. Takšni pogoji so ob intenzivnih padavinah značilni sprožilci premikov tal na območju Plač.

Lokacija se nahaja v potresni coni s projektnim pospeškom $a_g = 0,15 \text{ g}$, tla pa sodijo v kategorijo B, kar predstavlja zelo gost pesek, prod oziroma togo glino z naraščajočo trdnostjo z globino. Ti parametri kažejo na zmerno potresno obremenitev, vendar lokalna razpokanost metamorfnih kamnin lahko poveča občutljivost preperine na vibracije in sekundarne spremembe stabilnosti.

Geološka zgradba območja Plač – kombinacija metamorfne podlage, razpoklinskih sistemov, preperine in razgibanega reliefa – predstavlja okolje, ki je občutljivo na padavinsko-povzročene procese. Intenzivne padavine, površinski odtok in zasičenje tal so ključni dejavniki, ki neposredno vplivajo na nastanek in razvoj plazov v obravnavanem območju ter jih bo treba upoštevati pri celoviti presoji podnebne odpornosti in načrtovanju sanacije.



Slika 6: Osnovna geološka karta Slovenije – Plač [13]

T.2. Analiza občutljivosti

Analiza občutljivosti za projekt sanacije plazų Kren na Plaču ocenjuje, kako dovzetni so posamezni deli plazovine, cestnega telesa in podpornih ter brežinskih struktur za vplive podnebnih sprememb, zlasti za povečane količine padavin, površinski odtok in zasičenje tal. Občutljivost območja je izrazito odvisna od kombinacije naravnih dejavnikov, kot so geološka zgradba, relief in hidrološke razmere, ter od trenutnega stanja cestne infrastrukture.

Geološko podlago območja sestavlja muskovitno-biotitni gnajs z lokalnimi prehodi v blestnik, del metamorfnega kompleksa vzhodnega Kozjaka. Ta kamnina je razpoklinsko prepredena, foliirana in lokalno filonitizirana, kar ji zmanjšuje enotnost in nosilnost. Nad matično kamnino

leži glinasto-meljasta preperina z drobnim gruščem, ki ima sposobnost vpijanja vode, hkrati pa ob intenzivnem zasičenju izgublja strižno trdnost in se obremeni do te mere, da se začne počasi ali sunkovito premikati. To je ključna lastnost, ki prispeva k občutljivosti plazovitega območja.

Relief dodatno vpliva na občutljivost. Plaz se nahaja na zmerno do strmo nagnjenem pobočju, kjer gravitacija pospešuje premike zasičene preperine. Na lokaciji je prisoten naravni zbir površinske in zaledne vode, saj drenaža ni urejena, kar pomeni, da se padavinska in talna voda zadržujeta prav na območju, kjer je plaz aktiven. To je še posebej izrazito po močnejših nalivih, kar potrjujejo opaženi premiki tal in posedanje vozišča.

Stanje infrastrukture kaže na visoko občutljivost konstrukcijskih elementov na vremensko-podnebne vplive. Na cestnem telesu so vidne razpoke, posedanje in lokalna odstopanja asfaltne sloja, kar priča o tem, da se konstrukcija odziva na premikanje podlage. Na brežinah ob cesti so prisotni zdrsi, spiranje materiala in lokalna plitva erozija, kar nakazuje, da so drevesne korenine in vegetacija le delno učinkovite pri stabilizaciji terena.

Občutljivost je tako visoka predvsem na vplive intenzivnih padavin, infiltracije v preperino, površinskega odtoka in erozijskih procesov, srednja na temperaturne vplive, kot so zmrzovanje in odtajanje ter nizka do srednja na snežne obremenitve. Možnost plitvega zdrsa ali ponovno aktiviranje plazovine se poveča ob daljših obdobjih namočenosti tal ali ob zaporedju padavinskih dogodkov, kar potrjuje tudi terenska dokumentacija.

Analiza občutljivosti je bila izvedena skladno s smernicami Evropske komisije za presojo podnebne odpornosti infrastrukture ter upošteva naravne, geološke, hidrološke in konstrukcijske značilnosti območja plazų. Rezultati omogočajo jasnejše razumevanje, katera območja in elementi so najbolj občutljivi na podnebne vplive, kar je ključna podlaga za nadaljnjo oceno izpostavljenosti, ranljivosti in tveganja ter za določitev ustreznih prilagoditvenih ukrepov.

Tabela 1: Interpretacija barvne legende, uporabljene v nadaljevanju analize občutljivosti

Št. točk	Barvna shema	Občutljivost	Razlaga
1		Nizka	Vpliv PS* je zanemarljiv
2		Srednja	PS imajo lahko zmeren vpliv na projekt
3		Visoka	Vpliv PS na projekt je občuten, oz. velik

*PS – podnebne spremembe

Analizirani meteorološki in podnebni dejavniki, prikazani v Tabeli 2, predstavljajo ključne vplive, ki lahko neposredno ali posredno vplivajo na stabilnost ter dolgoročno trajnost območja plazų Kren na Plaču. Lokacija se nahaja v razgibanem gričevnatem svetu občine Kungota, kjer se pobočja močno menjujejo in prehajajo v ozke doline ter vinogradniške in gozdne terase. Območje leži v severnem delu Kozjaka, kjer prevladuje metamorfna

kamninska podlaga muskovitno–biotitnega gnajsa z lokalnimi prehodi v blestnik [13][14]. Nad to podlago se nahaja debel sloj glinasto-meljaste preperine, ponekod z gruščnatimi vložki, ki je izrazito vodno občutljiva in hitro izgublja strižno trdnost ob zasičenju [14][16].

Kombinacija metamorfne podlage, razpokanosti, gline v preperini in značilnega reliefa z nakloni med 18° in 28° povzroča visoko občutljivost območja na intenzivne padavinske dogodke, infiltracijo, zasičenje tal ter plitvo in srednje globoko pobočno premikanje materiala. Plaz Kren se je sprožil prav zaradi zaporednih intenzivnih padavin in počasnega namakanja tal v letu 2023, kar potrjuje zelo visoko hidrološko občutljivost lokacije.

Pomemben dejavnik občutljivosti je tudi neurejen ali prekinjen površinski odtok. Na območju plazu ni enotnega jarka, temveč se padavinska voda zbira iz več mikroizlivnih žarišč, kar vodi do lokalnih erozijskih kanalov, spiranja materiala in povečanja drsne napetosti v preperinskem sloju. V nasprotju z bolj prepustnimi prodnato-peščenimi sestavami se tu voda ne infiltrira v globino, temveč zastaja v preperini in povečuje verjetnost zdrsa.

Najpomembnejši meteorološki in podnebni dejavniki, ki določajo občutljivost območja plazu Kren, so:

- intenzivne padavine in nalivi, ki povzročijo hitro vodno zasičenje preperine in zmanjšanje strižne trdnosti;
- razpršeni površinski odtoki, ki nastajajo zaradi vinogradniških teras, gozdnih cest in gozdnih robov, iz katerih voda nepredvidljivo doteka na območje plazu;
- dolgotrajne padavine, ki so v tem delu Slovenije pogoste, saj letne količine padavin v povprečju presegajo 1.100–1.200 mm [1][12] - natančne količine bodo določene v nadaljevanju;
- zimsko zmrzovanje in odtajanje, ki povzročata razpoke v preperinskem sloju in poglobljata drobno strukturo tal;
- lokalne nevihte in poletni nalivi, ki se v haloško–kozjaškem podnebnem pasu pojavljajo vse pogostejše ter povzročajo nenadne visoke intenzitete padavin;
- premiki tal in pobočnih materialov, ki so neposredno povezani s počasnim vpijanjem vode v preperino in neustreznim odvodnjavanjem.

Skupaj ti dejavniki pomembno vplivajo na funkcionalnost in stabilnost območja plazu. Ker gre za preperinsko pobočje z možnostjo ponovne aktivacije plazovine, je sistematična analiza občutljivosti pomembna podlaga za nadaljnjo oceno izpostavljenosti, ranljivosti in tveganja ter končno za določitev tehnično ustreznih prilagoditvenih ukrepov. Pri tem se uporabljajo smernice Evropske komisije za podnebno odpornost infrastrukture [4][5].

Tabela 2: Opis meteoroloških dejavnikov, ki vplivajo na sanacijo poškodb

Meteorološki dejavnik	Tveganje
Ekstremne temperature, suša (poletna vročina)	• povečana občutljivost preperinskega in deluvijskega materiala na izsuševanje, drobljenje in zmanjšanje kohezije; • možnost deformacij voziščnih konstrukcij zaradi temperaturnega raztezanja; • zmanjšana nosilnost nasutih materialov na zgornjem robu plazų; • slabitev vegetacijskega pokrova in zmanjšana stabilizacijska funkcija tal.
Zimski mraz (zmrzovanje in odtajanje)	• poglobljeno zamrzovanje zasičenega preperinskega materiala povzroča slabitev in razpoke v brežinah; • povečana nevarnost poškodb voziščnih plasti zaradi ciklov zmrzovanja in odtajanja; • možnost poledice na senčnih odsekih in s tem povečana nevarnost zdrsov vozil; • pospešeno razpadanje metamorfnių kamnin zaradi ponavljajočih temperaturnih ciklov.
Ekstremne padavine in zastajanje vode	• preobremenitev obstoječega odvodnjavanja in hitro nasičenje preperine; • povečano tveganje za poglobljanje obstoječega plazų in nastanek novih plitvih zdrsov; • zamašitve prepustov zaradi drobirja (preperina, grušč, prod); • nevarnost površinskega odnašanja materiala in posedanja nasipov; • možnost destabilizacije cestnega telesa zaradi dviga podzemne vode in infiltracijskih tokov.
Ekstremne nevihte in veter	• podiranje dreves iz gozdnih pobočij nad cesto in neposredno nalaganje debel in vejevja na vozišče; • povečana nevarnost zapor cestnega odseka; • lokalno pospešena erozija brežin ob nalivih, ki spremljajo nevihte; • nevarnost povečanega dotoka drobirja v jarke in prepuste.
Erozija tal	• izpiranje in odnašanje materiala z brežin in iz plazovine; • nastanek erozijskih žlebov na razbremenjenih površinah plazų; • destabilizacija vkopnih brežin ob močnih padavinah; • poškodbe obcestnih jarkov in povečana sedimentacija, ki zmanjšuje učinkovitost odvodnjavanja; • povečano vzdrževanje zaradi ponavljajočega dotoka drobirja in usedlin.

Analiza občutljivosti prikazana z barvno lestvico

Analiza občutljivosti projekta sanacije plazų Kren na Plaču je bila izvedena skladno s smernicami Evropske komisije za presojo podnebne ranljivosti in odpornosti infrastrukture [4][5][6]. Namen analize je oceniti, v kolikšni meri so posamezni elementi cestne infrastrukture ter pobočne geološke enote občutljivi na ključne vremensko-podnebne dejavnike, ki vplivajo na stabilnost pobočij in plazovitih območij v občini Kungota.

Območje sanacije se nahaja na razgibanem vinogradniškem pobočju, kjer je cesta umeščena v kombinacijo vkopanih in nasutih odsekov. Pobočja v okolici Plača so sestavljena iz metamorfni kamnin pohorskega masiva (muskovitno–biotitni gnajs z lokalnimi prehodi v blestnik), prekritih s plastmi preperine in deloma glinasto-peščenimi sedimenti, ki ob povečani vlagi hitro izgubljajo strižno trdnost. Takšna podlaga je občutljiva na intenzivne padavine in cikle zmrzovanja in odtajanja, kar sta glavna sprožilna mehanizma pobočnih premikov v tem delu občine [13][14][15].

Za potrebe analize občutljivosti sta bili opredeljeni dve ključni področji:

1. Glavni procesi na območju posega

Sanacija plazu vključuje stabilizacijo premikajočega se pobočja, ureditev zalednega in površinskega odvodnjavanja ter izboljšanje stabilnosti cestnega telesa, ki ga je plazno delovanje že prizadelo. Območje je izrazito občutljivo na hitro zasičenje preperine, na povečane površinske odtoke, na počasne plitve pobočne premike ter na erozijo ob intenzivnih nalivih. Pobočje je dodatno obremenjeno zaradi razbrazdanosti terena in dejstva, da voda zaradi geomorfne oblike hitro zastaja ali pronica v prepustne cone gnajsa, kjer se zadržuje in sproža mehanske premike.

2. Uporabnik infrastrukture

Cesta, ki poteka čez območje plazu, je lokalna prometna povezava v naselju Plač, saj omogoča dostop do stanovanjskih objektov, vinogradov, kmetijskih zemljišč in gospodarskih objektov. Prevoznost je pomembna za prebivalce, dostavo, kmetijsko mehanizacijo ter interventne službe, zato so pojavnosti, kot so zasipanje vozišča, posedanje, plitvi podori in poškodbe bankin, neposredno povezane s stopnjo varnosti in dostopnosti območja.

Pri oceni občutljivosti je uporabljena standardizirana barvna shema treh stopenj: nizka (zelena), srednja (rumena) in visoka (rdeča). Te stopnje so uporabljene v Tabeli 3, kjer so za posamezne podnebne dejavnike podane ocene stopnje občutljivosti. Višja stopnja občutljivosti pomeni večjo verjetnost negativnega vpliva podnebnih obremenitev na projekt ter posledično večjo potrebo po prilagoditvenih ukrepih.

Tabela 3: Analiza občutljivosti predvidenih posegov glede na A – proces projekta in B – uporabnik

Meteorološki dejavnik	Področje občutljivosti	A	B
Spremembe temperature	Dvig povprečne temperature		
	Ekstremni temp. dogodki – visoke temp.		
	Ekstremni temp. dogodki – nizke temp.		
Spremembe padavin in posledice	Sprememba v povprečni količini padavin		

Meteorološki dejavnik	Področje občutljivosti	A	B
	Izredne padavine / intenzivni nalivi		
	Nevihte, toča		
	Sneg, taljenje snega		
Spremembe trdnih mas	Pobočni procesi (plazovi, odtrgi, drobirni tokovi)		
	Erozija tal		

Opombe:

A = proces projekta

(vključuje izvedbo sanacije plazų Kren, stabilizacijo pobočja in cestnega nasipa, ureditev površinskega in zalednega odvodnjavanja, zaščito pred pobočnimi procesi, tehnične ukrepe za preprečevanje erozije ter vzpostavitev varnega in stabilnega cestnega profila)

B = uporabnik

(vključuje varnost in zanesljivost prevoza, nemoteno dostopnost do stanovanjskih ter kmetijskih objektov na območju Plaču, zmanjšanje izpostavljenosti nevarnostim zaradi nalivov, erozije in plazų, ter zagotavljanje prevoznosti ceste v vseh letnih časih).

T.3. Analiza izpostavljenosti v obstoječem in prihodnjem stanju

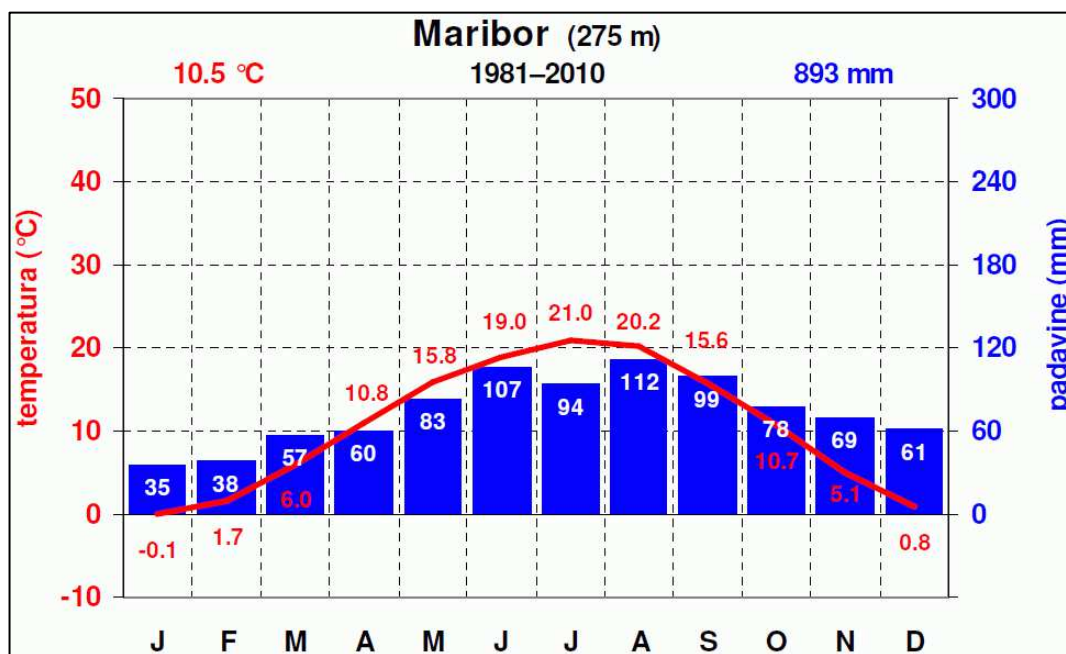
T.3.1 Izpostavljenost v obstoječemu stanju

Obravnavano območje sanacije plazų Kren na Plaču leži na gričevnatem vinogradniškem pobočju v občini Kungota, kjer prevladuje zmerno celinsko podnebje z izrazito toplimi poletji in pogostimi padavinskimi epizodami v topli polovici leta. Relief je razgiban, s kompleksno mrežo stranskih grap, za območje pa so značilna strma terasirana pobočja, izpostavljena površinskim odtokom in erozijskim procesom, zlasti tam, kjer so brežine izpostavljene neposrednemu dotoku padavinske vode.

Podnebne razmere območja se dobro ujemajo z referenčno meteorološko postajo ARSO Maribor, ki je najprimernejša zaradi celovitih podatkovnih nizov o temperaturi, padavinah in ekstremnih vremenskih pojavih. Podatki za obdobje 1981–2010 kažejo izrazite sezonske razlike: najtoplejši meseci so junij, julij in avgust, ko povprečne dnevne temperature pogosto presegajo 20 °C, najvišje mesečne vrednosti pa dosežejo približno 21 °C. Pozimi sta najhladnejša januar in februar, s povprečnimi temperaturami nekoliko nad ali pod 0 °C, kar pomeni, da je območje v hladni polovici leta izpostavljeno zmrzovanju in odtajanju tal, procesoma, ki lahko povzročata nastanek razpok, posedanje materiala in oslabitev zemljin na plazovitih brežinah [2][6][9].

Padavinski režim severovzhodne Slovenije, kamor sodi tudi Plaču, je značilen po izrazitem letnem maksimumu v poletnem času. Postaja Maribor–Tabor zabeleži povprečno letno količino padavin okoli 890–900 mm, pri čemer so najintenzivnejši nalivi pogosti v mesecih

junij–september. Ti dogodki povzročajo hitro povečan površinski odtok, razmočenje preperine, lokalne erozijske procese ter premeščanje materiala po pobočjih, kar je na območjih vinogradniških teras še izraziteje zaradi pobočne usmerjenosti sistemov. V obdobjih dolgotrajnih padavin lahko prihaja do zasičenja preperine in glinenih tal, kar zmanjšuje strižno trdnost pobočja in povečuje verjetnost za počasne pobočne premike, aktivacijo obstoječih mikroplazov ter nastanek erozijskih žlebov. Hidrološka občutljivost območja je dodatno poudarjena zaradi usmerjenih površinskih tokov, ki ob nalivih pospešujejo odnašanje drobirja z zgornjih pobočij proti cestnim in dostopnim površinam. Kombinacija razgibanega terena, visoke padavinske obremenitve, erozijsko občutljivih prsti in atmosferskih ekstremov pomeni, da je območje sanacije plazų Kren izrazito dovzetno za podnebne vplive. Razumevanje teh značilnosti je ključnega pomena za načrtovanje tehničnih ukrepov, ki bodo zagotovili dolgoročno stabilnost in odpornost saniranega območja.



Slika 7: Podnebni diagram –Maribor (referenčna ARSO postaja) [19]

Obravnavano območje plazų Kren na Plaču leži na nadmorski višini približno 330–360 m n. m. v., kjer se po podatkih ARSO in lokalnih korekcijah za severovzhodno Slovenijo povprečna letna količina padavin giblje med 1.000 in 1.200 mm, povprečna letna temperatura pa med 9 in 10 °C. Gre za območje vinogradniških gričev občine Kungota, ki je zaradi reliefa in ekspozicije izrazito naklonjeno hitrim površinskim odtokom, sezonskim erozijskim procesom ter zasičenju tal ob dolgotrajnih padavinah.

Za prikaz sezonskega razmerja med temperaturami in padavinami je v elaboratu uporabljen podnebni diagram najbližje ARSO postaje Maribor–Tabor, ki predstavlja referenčno postajo za širše območje Slovenskih Goric. Postaja sicer leži nekoliko bolj v ravninskem delu, zato njene padavinske vrednosti predstavljajo konzervativno oceno, medtem ko so na vinorodnih gričih Plača dejanske količine padavin praviloma višje.

Zato je uporabljen kombiniran pristop:

- podnebni diagram postaje Maribor–Tabor prikazuje značilno obliko podnebnega režima (temperaturni potek, mesečna sezonskost padavin),
- lokalne korigirane vrednosti ARSO in regionalni padavinski modeli zagotavljajo bolj realen prikaz dejanskega padavinskega režima (1.000–1.200 mm/leto).

Takšen pristop omogoča zanesljivo interpretacijo podnebne izpostavljenosti, zlasti ker vinogradniški pas Slovenskih Goric statistično prejema več poletnih nalivov kot ravninski del Dravske doline.

Tabela 4 prikazuje višine padavin (v mm) za različna trajanja padavinskih dogodkov in pripadajoče povratne dobe. Podatki izvirajo iz spletne aplikacije CROSSRISK, izračunani pa so za območje plazu Kren na Plaču. Povratna doba (npr. 10, 50 ali 100 let) predstavlja verjetnost ponovitve padavinskega dogodka določene intenzitete.

Primeri ključnih obremenitev:

- 15-minutni naliv s povratno dobo 100 let doseže približno 37 mm,
- 2-urni dogodek s 100-letno povratno dobo doseže okoli 67 mm,
- 24-urni dogodek s 100-letno povratno dobo znaša približno 139 mm,
- 72-urne padavine za isto povratno dobo dosežejo okoli 177 mm.

Ti podatki so ključni pri dimenzioniranju odvodnjavanja ter pri načrtovanju zaščitnih in stabilizacijskih ukrepov, saj omogočajo natančno oceno hidroloških obremenitev pobočja med ekstremnimi vremenskimi dogodki.

V kombinaciji s podnebnimi projekcijami scenarijev RCP 4.5 in RCP 8.5, ki napovedujejo povečanje intenzivnih kratkotrajnih padavin in pogostejše nalive, je jasno, da bo območje tudi v prihodnje izpostavljeno večjim erozijskim obremenitvam. Zato je pri snovanju sanacije nujno zagotoviti ustrezno prepustnost, robustnost in redno vzdrževanje celotnega sistema odvodnjavanja.

Tabela 4: Povratne dobe za ekstremne padavine na lokaciji [20]

	Povratna doba					
	5 let	10 let	25 let	50 let	100 let	250 let
5 min	12	14	16	18	20	22
10 min	17	20	24	27	31	35
15 min	20	24	29	33	37	43
20 min	22	27	32	37	41	48
30 min	26	30	37	42	47	55
45 min	29	34	41	47	53	62
60 min	32	37	44	50	57	66
90 min	35	41	49	55	62	72
2 h	38	45	53	60	67	78
3 h	45	51	61	68	76	88
4 h	49	57	67	75	83	96
5 h	54	61	72	80	89	103
6 h	57	65	76	85	95	109
9 h	65	74	87	97	107	123
12 h	71	81	94	105	117	133
15 h	75	86	100	112	124	141
18 h	79	90	105	117	130	148
24 h	85	97	113	126	139	158
48 h	100	114	133	148	163	183
72 h	109	125	145	161	177	198
96 h	117	133	154	170	187	209
120 h	122	139	161	178	195	218

Časovni interval

Podatek o povprečni letni višini korigiranih padavin je eden ključnih klimatskih kazalnikov pri ocenjevanju podnebne izpostavljenosti in hidroloških obremenitev cestne infrastrukture. Uporablja se za razumevanje dolgoročnih trendov v hidrološkem ciklu, ki vplivajo na stabilnost tal, delovanje cestnih odvodnjavalnih sistemov, pojavnost erozijskih procesov ter splošno vzdržnost prometne infrastrukture [1][2].

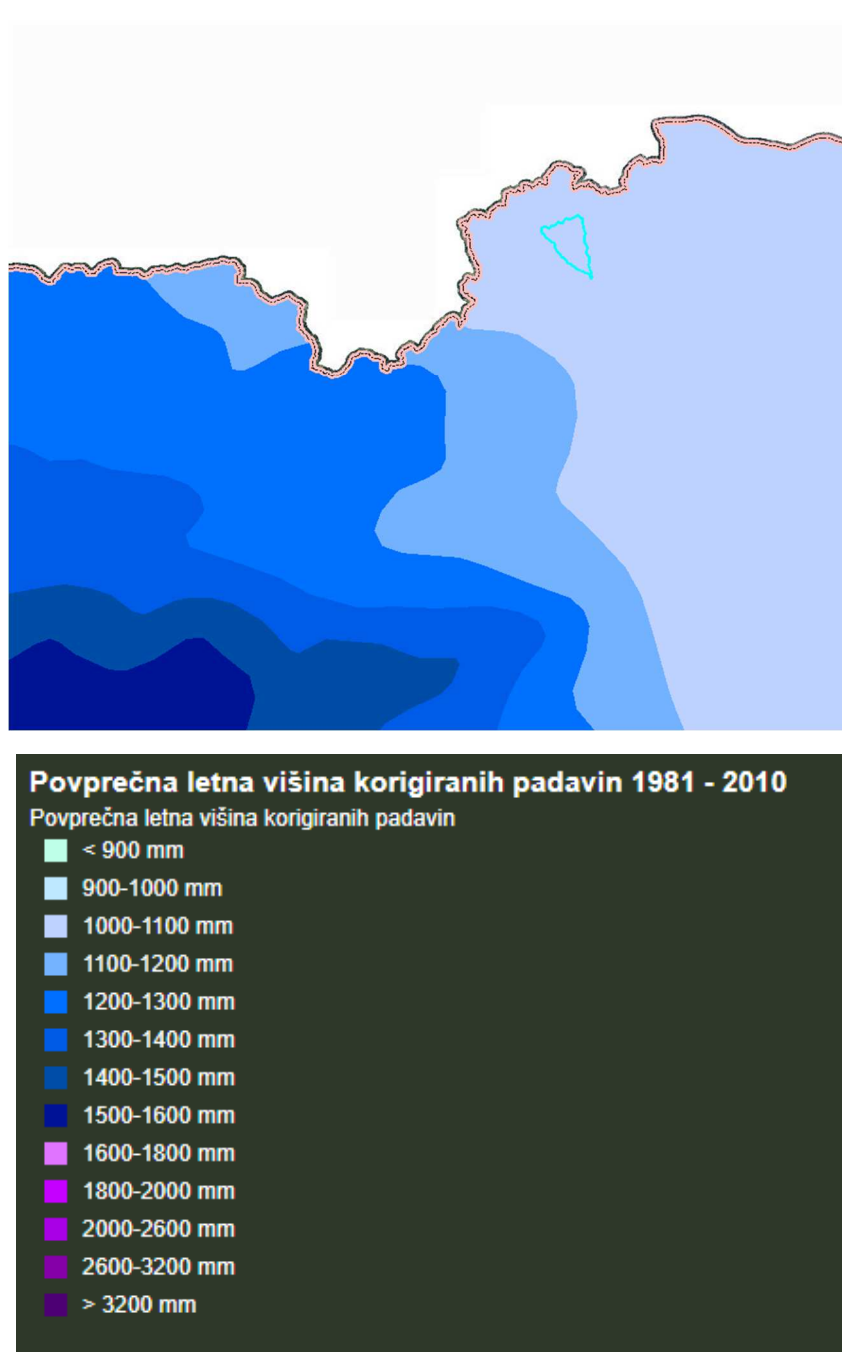
Za območje predvidene sanacije plazu Kren na Plaču kartografski sloj ARSO *Povprečna letna višina korigiranih padavin 1981–2010* prikazuje, da se količina padavin giblje med 1000 in 1100 mm/leto, kar Plač uvršča med zmerno namočene predele severovzhodne Slovenije [19]. Za Slovenske gorice so značilni razmeroma enakomerno razporejeni letni padavinski vzorci z izrazitejšimi vrhovi v poznopomladanskem in poletnem času, ko so pogosti krajevni nalivi in intenzivni padavinski dogodki [1][2].

Krajši, intenzivni poletni nalivi povzročajo hitro zasičenje plitvega talnega sloja, odnašanje drobirja in povečane obremenitve obcestnega odvodnjavanja, medtem ko jesenski večdnevni deževni dogodki povzročajo počasno pronicanje vode v peščeno-glinaste preperinske sloje, kar zmanjša njihovo strižno trdnost in poveča tveganje za pobočne premike. V zimskem obdobju se občasno pojavljajo kombinacije snega, žleda in dežja, kar dodatno obremeni površinsko odvodnjavanje ter pospeši nastanek erozijskih žlebov ob taljenju snega [1][16].

Zaradi razgibanega vinogradniškega reliefa, deloma vkopane cestne trase in prisotnosti lokalno slabo prepustnih preperinskih tal predstavljajo padavinske razmere pomemben dejavnik pri oceni erozijske in hidrološke ogroženosti območja sanacije. Ključne so predvsem obremenitve, ki nastanejo ob hitrem površinskem odtoku, razmočenju tal in počasnem pronicanju v vrhnje preperinske sloje.

Dodatno se pri načrtovanju sanacije upoštevajo podnebne projekcije po scenarijih RCP 4.5 in RCP 8.5, ki temeljijo na modelnih izračunih IPCC (EURO-CORDEX) in nakazujejo povečanje pogostosti kratkotrajnih, intenzivnih padavinskih dogodkov v severovzhodnem delu Slovenije [7][16]. Ti podatki so ključni za oceno prihodnjih hidroloških obremenitev in dimenzioniranje odvodnjavalnih sistemov v projektirani sanaciji.

Povprečna letna količina padavin med 1000 in 1100 mm zato predstavlja osnovni parameter za oceno hidroloških tveganj, določitev kapacitete odvodnjavanja ter oblikovanje ustreznih stabilizacijskih ukrepov na območju plazu Kren na Plaču [19][20].



Slika 8: Povprečna letna višina korigiranih padavin za obdobje 1981–2010 na lokaciji [22]

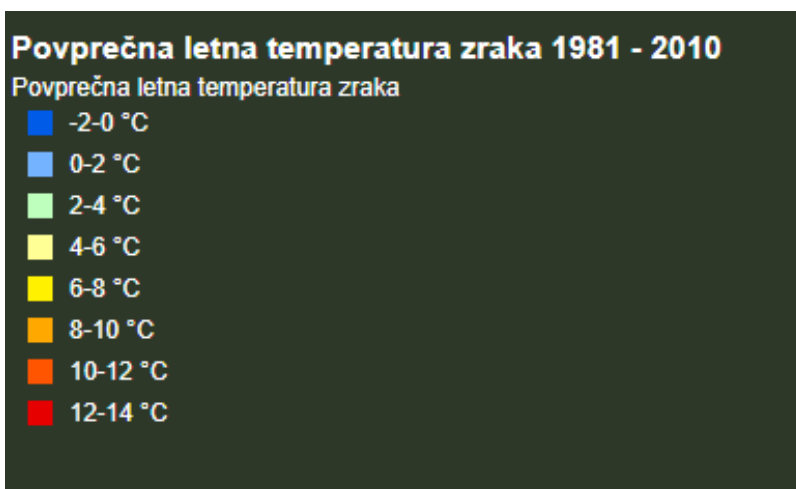
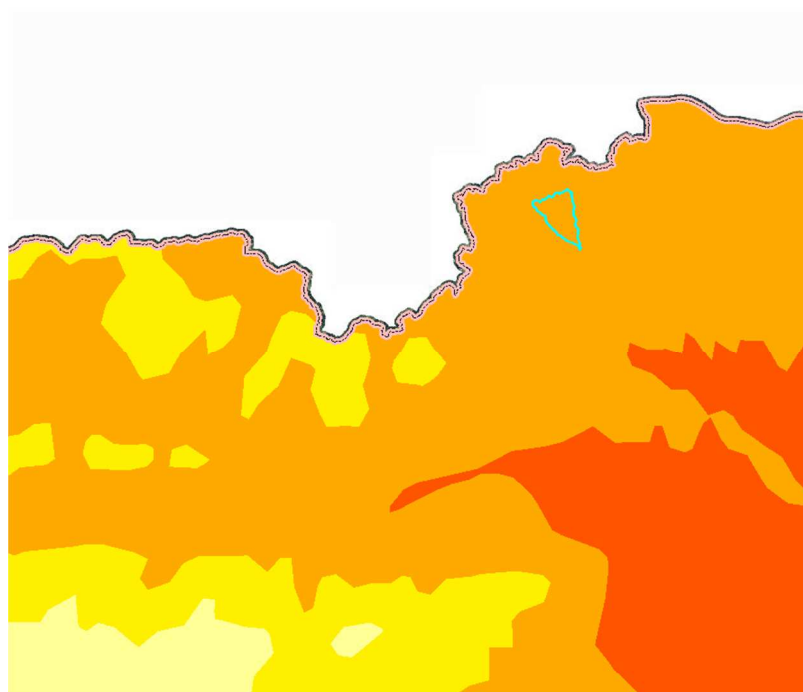
Povprečna letna temperatura zraka je eden ključnih kazalnikov pri presoji vplivov podnebnih sprememb, saj omogoča spremljanje dolgoročnih trendov segrevanja in njihovih posledic za stabilnost tal, hidrološke procese ter vzdržljivost infrastrukturnih objektov.

Na podlagi kartografskega sloja *Povprečna letna temperatura zraka 1981–2010* Agencije RS za okolje (ARSO) se območje sanacije na Plaču (občina Kungota) umešča v temperaturni razred **8–10 °C**. Takšna povprečna vrednost je značilna za zahodni del Slovenskih Goric, kjer se

zmerno celinsko podnebje prepleta z vinogradniško krajino, južno orientiranimi pobočji in nekoliko milejšimi zimskimi temperaturami v primerjavi z višjeležečimi predeli Pohorja [1][19].

Temperaturni režim se na območju Plača odraža v razmeroma toplih poletjih ter hladnih, a večinoma kratkotrajno zmrzalnih zimskih obdobjih. Prisotnost temperatur nad 0 °C skozi večji del zime pomeni, da prihaja do pogostih ciklov zmrzovanja in odtajanja, ki lahko vplivajo na mehansko degradacijo preperinskih tal, utrujenost materialov, poškodbe bankin ter povečano erozijsko občutljivost pobočij.

Ta referenčna vrednost predstavlja pomembno izhodišče tudi za oceno prihodnjih trendov. Podnebne projekcije po scenarijih RCP 4.5 in RCP 8.5 kažejo na nadaljnji dvig temperatur, povečanje števila toplih dni in daljša sušna obdobja v toplem delu leta, kar bo vplivalo na izsuševanje zgornjih talnih plasti, zmanjšanje strižne trdnosti preperine ter povečano tveganje za površinsko erozijo in mobilnost drobirja na pobočjih [7][8].



Slika 9: Povprečna letna temperatura zraka 1981 - 2010 – območje sanacije [22]

Obravnavano območje Plača v občini Kungota, s povprečno letno temperaturo med 8 in 10 °C (obdobje 1981–2010), sodi v zmerno stopnjo ogroženosti zaradi pojava žleda. Žled je v tem delu severovzhodne Slovenije sicer manj pogost kot na višje ležečih in izrazito gozdnatih območjih Pohorja, a se lahko vseeno pojavi ob kombinaciji daljših obdobj negativnih temperatur, visoke zračne vlage in padavin v obliki dežja, ki zmrzuje na podhlajenih površinah [1][19].

Večji žledni dogodki so v Slovenskih Goricah redkejši, vendar so ob izjemnih zimskih razmerah mogoči. To potrjuje tudi obsežen žledolom leta 2014, ki je prizadel velik del severovzhodne Slovenije in povzročil poškodbe vegetacije ter lokalne motnje prometa, vključno z območji okoli Pesnice in Kungote.

Žled na območju sanacije praviloma ne povzroča neposrednih poškodb na cestnem telesu, lahko pa pomembno vpliva na prometno varnost zaradi:

- padanja vej ali dreves na vozišče,
 - nastanka poledice,
 - zmanjšane prevoznosti na ozkih in zasenčenih odsekih,
 - povečanja časa zadrževanja ledenih oblog zaradi reliefne senčenosti vinogradniških pobočij.
- Zlasti v zimskih obdobjih se na posameznih senčnih odsekih pojavljata večdnevna zmrzal in poledica, kar lahko bistveno vpliva na varnost uporabnikov ceste. Zato je pri sanaciji pomembno zagotoviti:
- redno odstranjevanje nevarnih in preperelih dreves ter vejevja,
 - zagotavljanje preglednosti krivin,
 - zanesljivo izvajanje zimske službe,
 - ustrezno odvodnjavanje, ki preprečuje zastajanje talne vode in poznejše zaledenitve.

Tak pristop zmanjšuje tveganja, povezana z žledom in zimskimi ekstremi, ter omogoča večjo prometno varnost na območju plazų Kren na Plaču [4][9].

T.3.2. Ocena izpostavljenosti – prihodnje stanje

Obravnavano območje sanacije plazų Kren na Plaču leži v gričevnatem delu občine Kungota na nadmorski višini približno 330–360 m n. m. v., kjer prevladuje zmerno celinsko podnebje, značilno za Slovenske Gorice. Podnebje zaznamujejo izrazite sezonske razlike, topla poletja ter hladne in vlažne zime. Povprečna letna temperatura zraka v obdobju 1981–2010 znaša 8–10 °C, povprečna letna količina padavin pa 1000–1100 mm [1][19].

Reliefna razgibanost, visoka zasičenost tal ob dolgotrajnih padavinah ter prepereli in deloma glinasti sedimenti povečujejo občutljivost območja na površinski odtok, erozijske procese, posedanje materiala in pobočne premike. Najobčutljivejši so odseki lokalnih cest in dostopnih poti, ki potekajo prek strmih vinogradniških pobočij.

V prihodnjih desetletjih bodo podnebne spremembe pomembno vplivale na stabilnost tal, erozijske procese in vzdržnost cestne infrastrukture v severovzhodni Sloveniji, vključno z občino Kungota [2][3][9]. Spremembe temperature, padavin, snežne odeje ter pogostosti ekstremnih dogodkov bodo neposredno vplivale na fizikalne lastnosti terena in zahteve pri načrtovanju sanacijskih ukrepov.

Analize ARSO, SLO-CLIM in EURO-CORDEX potrjujejo, da so bile v obdobju 1961–2011 zaznane izrazite spremembe, med katerimi izstopajo dvig povprečne temperature zraka, večja pogostost kratkotrajnih intenzivnih nalivov ter zmanjšanje trajanja in debeline snežne odeje [21][22]. V Slovenskih Goricah se ti trendi izražajo kot pogostejši prehodi med snegom, žledom in dežjem, hitrejša taljenje snega z intenzivnimi površinskimi odtoki, daljša obdobja zasičenih tal v hladni polovici leta ter povečanje poletnih nalivov. Ti procesi vplivajo na stabilnost pobočij, pospešujejo erozijo tal ter povečujejo verjetnost plitvih premikov materiala.

Podnebni scenariji RCP 4.5 in RCP 8.5

Za projekcije do konca stoletja se uporabljajo standardni scenariji RCP.

RCP 4.5 predvideva dvig temperature:

- do leta 2040 za 0,4–1,0 °C,
- v obdobju 2041–2070 za 1,1–2,3 °C,
- do konca stoletja za 1,5–2,6 °C.

RCP 8.5 napoveduje intenzivnejše segrevanje:

- v srednjem obdobju za 1,6–2,8 °C,
- do konca stoletja za 3,0–5,1 °C [21][22].

Segrevanje bo najizrazitejše jeseni in pozimi, kar pomeni manj snežne odeje, pogostejše odjuge in hitrejša zasičenje tal.

Posledice za območje Plač

Pričakovane spremembe bodo povzročile več prehodov med zmrzaljo in odjugo, kar je za preperela in glinasta tla kritično, saj zmanjšuje njihovo strižno trdnost. Poletni nalivi bodo pogostejši in intenzivnejši, kar bo poslabšalo erozijske procese, povečalo površinski odtok ter pospešilo premikanje površinskih sedimentov.

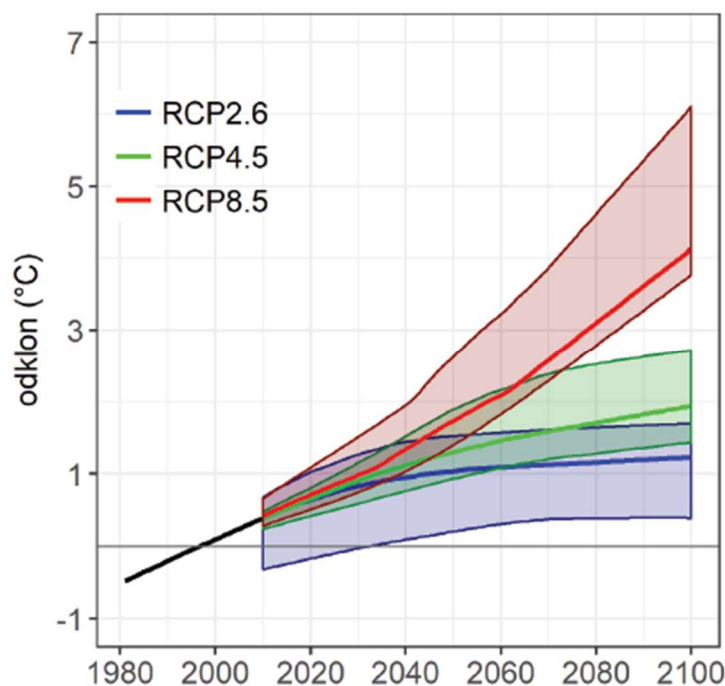
Vpliv podnebnih sprememb na temperaturni režim

Na območju Plača podnebne projekcije potrjujejo izrazite spremembe temperaturnega režima. Vročinski valovi bodo pogostejši; število dni z nad 30 °C se lahko poveča do 30 na leto (RCP 4.5) oziroma do 60 dni (RCP 8.5). Hladnih dni bo manj, prehodi zmrzal–odjuga pa pogostejši, kar povečuje tveganje za mehanske poškodbe vozišča in razgradnjo površinskega talnega sloja. Snežna odeja bo postajala vse krajša in manj stabilna, kar pomeni več poledice, hitrejša taljenja in večje količine kratkotrajnega odtoka.

Posledice za infrastrukturo

Pogostejši cikli zmrzovanja in odtajanja bodo pospešili degradacijo utrjenih površin, povečali možnost lokalnih poškodb cestnega roba in razrahljali brežine. Poledica bo pogostejša v senčnih legah, zato bo nujno zanesljivo zimsko vzdrževanje. Hitrejša taljenja snega in poletni nalivi pa bodo dodatno obremenjevali sistemi odvodnjavanja ter povečali tveganje za razmočenje tal, ki so že sedaj mehansko občutljiva.

Spremenjeni temperaturni in padavinski režim tako predstavlja enega ključnih dejavnikov, ki jih je treba vključiti v načrtovanje dolgoročno odporne sanacije plazu Kren, saj neposredno vpliva na mehanske lastnosti tal, erozijske procese, funkcionalnost in življenjsko dobo cestne infrastrukture [21][22].



Slika 10: Spremembe povprečne letne temperature v Sloveniji tekom 21. stoletja [23]

Vpliv podnebnih sprememb na padavinski režim

Za območje Plača v občini Kungota, kjer se nahaja plaz Kren, podnebni modeli do konca 21. stoletja napovedujejo izrazite spremembe padavinskega režima. Naraščanje temperature zraka, spremembe v cirkulaciji zračnih mas in višja vsebnost vodne pare bodo vplivali na količino, intenzivnost in sezonsko porazdelitev padavin, kar bo neposredno določalo vodno bilanco, erozijske procese ter stabilnost vinogradniških pobočij in cestnih brežin v Slovenskih Goricah [8][21][22].

Po scenariju RCP 4.5 naj bi se povprečna temperatura do leta 2040 dvignila za 0,4–1,0 °C, v obdobju 2041–2070 za 1,1–2,3 °C, do konca stoletja pa za 1,5–2,6 °C. Visoko emisijski scenarij RCP 8.5 predvideva še izrazitejše segrevanje, in sicer za 1,6–2,8 °C v srednjem obdobju ter 3,0–5,1 °C ob koncu stoletja. Spremembe bodo vplivale na izhlapevanje, delež padavin v obliki snega in na vlažnost površinskih tal.

Sezonska porazdelitev padavin se bo prav tako spreminjala. V zimskem času bo manj snežnih padavin, povečal pa se bo delež dežja pri nizkih temperaturah, kar bo povzročalo pogostejše prehode med zmrzaljo in odjugo ter mehčanje preperelih in glinastih tal. V toplem delu leta se pričakuje več zelo intenzivnih kratkotrajnih nalivov, ki na razgibanem vinogradniškem reliefu Plača hitro povzročijo zasičenje tal, okrepljen površinski odtok, erozijo in prelivanje cestnih jarkov. Zaradi takšnih razmer so pobočja s preperinskimi sedimenti še posebej izpostavljena lokalnim zdrsom, razmočenju in poškodbam cestnega telesa [8][23].

Modeli EURO-CORDEX in CrossRisk kažejo, da se bo skupna letna količina padavin do sredine stoletja povečala za približno 4 do 8 %, do konca stoletja pa za 6 do 15 %. Hkrati se bo povečala pogostost izjemnih vremenskih dogodkov, kot so neurja, nalivi, toča in močni sunki

vetra, kar dodatno obremenjuje lokalno cestno infrastrukturo ter povečuje tveganje za mehanske poškodbe, zamašitev jarkov, površinsko erozijo in plitve pobočne premike.

Zaradi pričakovanih sprememb bo morala sanacija cestnega odseka na plazu Kren temeljiti na zanesljivem in ustrezno dimenzioniranem sistemu odvodnjavanja, pravilno načrtovanih podpornih ukrepih ter preprečevanju nenadzorovanega površinskega odtoka. Ti elementi so ključni za dolgoročno stabilnost in podnebno odpornost infrastrukture v gričevnatem svetu Plača.

Tabela 5: Projekcija spremembe letne količine padavin za območje sanacije (referenčno obdobje 1981–2010)

Obdobje	Povprečna letna količina padavin 1981–2010 [mm]	Scenarij RCP 4.5 – sprememba [%]	Količinska sprememba [mm]	Scenarij RCP 8.5 – sprememba [%]	Količinska sprememba [mm]
2021–2040	1000–1100 (≈1050 mm)	+2 do +4 %	+21 do +42 mm	+3 do +6 %	+32 do +63 mm
2041–2060	1000–1100 (≈1050 mm)	+4 do +6 %	+42 do +63 mm	+6 do +10 %	+63 do +105 mm
2061–2080	1000–1100 (≈1050 mm)	+5 do +7 %	+52 do +73 mm	+8 do +12 %	+84 do +126 mm
2081–2100	1000–1100 (≈1050 mm)	+6 do +8 %	+63 do +84 mm	+10 do +15 %	+105 do +158 mm

Scenarij RCP 8.5 predvideva izrazitejše povečanje letne količine padavin kot scenarij RCP 4.5, pri čemer so največje spremembe pričakovane v hladni polovici leta. V poletnem obdobju podnebni modeli napovedujejo tudi večjo pogostost kratkotrajnih ekstremnih nalivov, katerih intenzivnost se lahko poveča za 20–30 %. Na reliefno razgibanih vinogradniških pobočjih Plača to pomeni večje obremenitve sistema odvodnjavanja, hitrejše zasičenje tal, povečano

površinsko erozijo ter možnost nenadnih odtokov, ki lahko vplivajo na stabilnost cestnih brežin in pobočij.

Povprečna letna količina padavin na območju sanacije znaša 1.000–1.100 mm. Ob upoštevanju podnebnih projekcij se pričakuje, da bo letna količina padavin znašala:

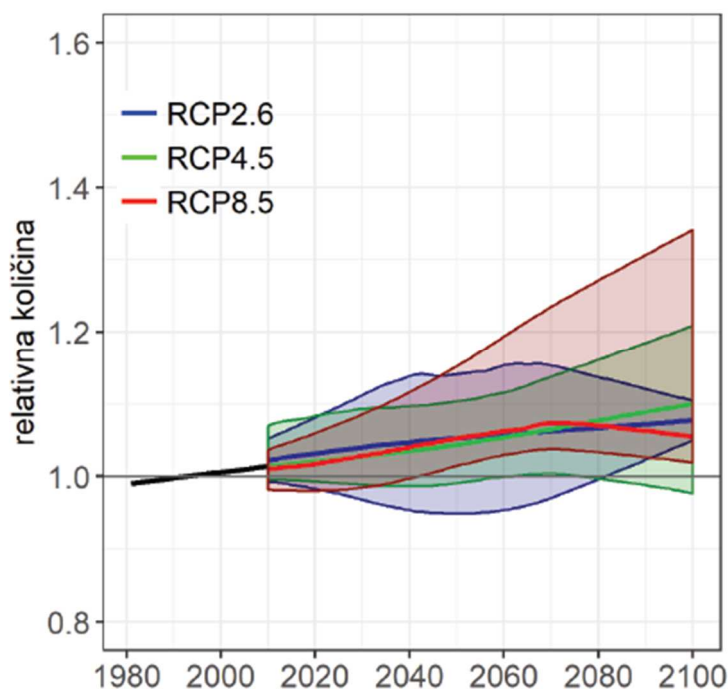
RCP 4.5:

- do sredine stoletja: +4 do +6 % → približno 1.040–1.166 mm
- do konca stoletja: +6 do +8 % → približno 1.060–1.188 mm

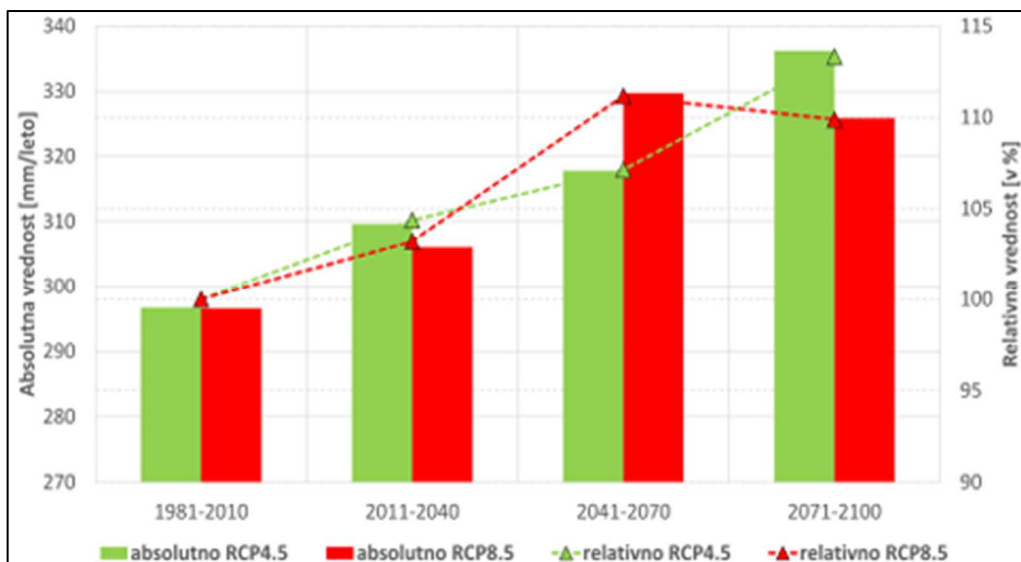
RCP 8.5:

- do sredine stoletja: +6 do +10 % → približno 1.060–1.210 mm
- do konca stoletja: +10 do +15 % → približno 1.100–1.265 mm

Ti podatki potrjujejo, da bo območje sanacije v prihodnjih desetletjih izpostavljeno povečanim hidrološkim obremenitvam. To je ključen dejavnik pri snovanju in načrtovanju trajnostnih ukrepov sanacije plazų Kren, saj bodo učinkovito odvodnjevanje, zaščita brežin in zmanjšanje površinskega odtoka ključnega pomena za zagotavljanje dolgoročne stabilnosti cestne infrastrukture.



Slika 11: Prikaz poteka spremembe padavinskega režima v Sloveniji tekom 21. stoletja [23]



Slika 12: Absolutne in relativne spremembe napajanja podzemne vode [23]

Povečanje letne in sezonske količine padavin bo vplivalo tudi na povečano napajanje podzemnih vodonosnikov, kar pomeni višjo stopnjo zasičenja tal in daljša obdobja povečane vlage v preperinskih ter glinastih slojih, značilnih za območje Plača. Ker so takšna tla občutljiva na spremembe v vlažnosti, lahko dvig gladine podtalnice in pogostejše zasičenje neposredno zmanjšata njihovo strižno trdnost ter povečata tveganje za plitva plazenja in posedanje materiala.

Slika 13 prikazuje predvidene absolutne in relativne spremembe napajanja podzemne vode v Sloveniji do konca 21. stoletja za scenarija RCP 4.5 in RCP 8.5. Oba scenarija potrjujeta postopno povečanje infiltracije in skupnega napajanja vodonosnikov, predvsem zaradi večje količine padavin in vse pogostejših večdnevni padavinskih epizod. Ta trend pomeni, da bo podlaga v jesensko-zimskem delu leta dlje časa zasičena, sušenje tal pa bo počasnejše kot v preteklosti.

Za gričevnato območje Plača, kjer so pobočja sestavljena iz preperelih sedimentov, ilovic in lokalno spremenjenih laporjev, to pomeni večjo izpostavljenost erozijskim procesom ter povečano verjetnost površinskih in podpovršinskih premikov. Dolgotrajna zasičenost tal lahko oslabi brežine lokalnih cest, obcestne nasipe in podporne konstrukcije, hkrati pa zmanjša učinkovitost obstoječih elementov odvodnjavanja.

Projekcijski trendi tako potrjujejo potrebo po zanesljivo zasnovanem in vzdrževanem sistemu odvodnjavanja, prilagojenem na večje količine odtoka in počasnejše sušenje tal, ter po ustrezni stabilizaciji pobočij na območju sanacije plazų Kren na Plaču.

Vpliv podnebnih sprememb na površinski odtok in poplavno ogroženost

Podnebne spremembe bodo v prihodnjih desetletjih pomembno vplivale na hidrološke in geomorfne procese, ki določajo stabilnost plazų Kren na Plaču. Povečanje intenzivnih padavin, ki ga napovedujejo scenariji RCP 4.5 in RCP 8.5, bo povzročilo hitrejše in obsežnejše površinsko odtekanje vode po razgibanih pobočjih Slovenskih Goric, kar neposredno vpliva na dinamiko plazenja ter na erozijske in razmočljive procese v preperinskih in glinastih sedimentih, iz katerih je plazno telo zgrajeno.

Gričevnat teren z vinogradi, travniki, gozdnimi zaplatami in številnimi manjšimi grapami omogoča hitro zbiranje padavinske vode, ki se ob nalivih koncentrirano usmerja proti nižjim delom pobočja in plazovitem terenu. Ker so tla na območju plazų v obstoječem stanju že mehčana, preperela in prepojena, dodatna vodna obremenitev še zmanjša strižno trdnost ter pospeši premike v aktivnem in robnem delu plazų.

Modelne projekcije potrjujejo povečanje pogostosti kratkotrajnih, a zelo intenzivnih naliųov, ki predstavljajo največjo nevarnost za ponovno aktivacijo ali pospešitev plazenja. Pri takšnih dogodkih se preperinska tla hitro zasičijo, infiltracija se zmanjšuje, površinski odtok pa se okrepi. Nastajajo erozijski žlebovi, spiranje finih delcev in drsenje plasti, hkrati pa narašča hidrostaticni pritisk v zaledju, kar lahko sproži nove premike ali razširi obstoječo plazno cono.

Čeprav se na območju ne pojavljajo večji vodotoki, kombinacija ozkih lokalnih dolinic, stranskih grap in koncentriranega odtoka povzroča kratkotrajna lokalna poplavljanja, zastajanje vode in dodatne vodne pritiske na spodnje dele plazų. To lahko vpliva tudi na cestni odsek pod plazom, kjer se ob nalivih pojavljajo zamakanje, posedanje materiala ter občasne poškodbe jarkov in brežin.

Za dolgoročno stabilnost plazų Kren je ključna izvedba učinkovitega sistema odvodnjavanja – tako površinskega kot zalednega – ter ukrepov, ki preprečujejo nenadzorovano infiltracijo in zadrževanje vode v plazovitem terenu. Redno vzdrževanje obstoječih jarkov, drenaž in prepustov ter spremljanje sprememb v dinamiki odtoka sta bistvena elementa trajne podnebne odpornosti načrtovane sanacije.

T.3.3. Ocena izpostavljenosti za obstoječe in prihodnje stanje lokacij posegov

Ocena izpostavljenosti obravnava, v kolikšni meri je predvidena sanacija plazų Kren na Plaču ter pripadajočega cestnega odseka izpostavljena vplivom podnebnih sprememb – tako v obstoječih razmerah kot v prihodnjih desetletjih. Analiza temelji na glavnih podnebnih dejavnikih, ki vplivajo na stabilnost pobočij, zasičenje tal, pojav plazų in delovanje odvodnjavanja v gričevnatem svetu občine Kungota, ter na njihovih predvidenih spremembah do konca 21. stoletja [1][7][19][21][22].

Pri presoji izpostavljenosti so upoštevani ključni elementi: ekstremni temperaturni dogodki (vročinski valovi, prehodi med zmrzaljo in odjugo), ekstremni padavinski dogodki (krajevni naliųi, neurja, večdnevne padavinske epizode), erozijski procesi in površinski odtok, verjetnost zemeljskih plazų ter pojav toče, neviht in žledu. Namen ocene je prepoznati podnebne vplive, ki predstavljajo največje tveganje za stabilnost plazų Kren in cestnega odseka pod njim, ter omogočiti načrtovanje ustreznih prilagoditvenih ukrepov, kot so izboljšano odvodnjavanje, stabilizacija brežin, zmanjševanje infiltracije in redno vzdrževanje zaščitnih elementov.

Trenutno stanje kaže, da je območje Plaču zmerno do visoko izpostavljeno ekstremnim padavinskim dogodkom, kar se odraža v hitrem površinskem odtoku, mehčanju preperelih in glinastih tal ter lokalnih plitvih zdrsih. Zaradi lastnosti podlage, reliefa in obstoječega plaznega materiala je območje že danes občutljivo na plazovitost. Ekstremni temperaturni dogodki,

predvsem kombinacija kratkotrajnega zmrzovanja in odjuge, predstavljajo srednjo stopnjo tveganja, saj vplivajo na mehansko trdnost zgornjih talnih slojev.

V prihodnje se bo izpostavljenost še povečala. Po modelnih projekcijah (RCP 4.5 in RCP 8.5) se pričakuje večja intenzivnost kratkotrajnih nalivov, daljša obdobja zasičenja tal in pogostejši prehodi med sneženjem, žledom in dežjem. To pomeni večje tveganje za erozijo površinskih tal, povečanje podpovršinskega odtekanja v preperinske in glinaste sloje ter dodatno obremenitev plaznega materiala. Izpostavljenost ekstremnim temperaturam se bo povečala predvsem zaradi več vročinskih dni in pogostejših toplotnih obremenitev, ki vplivajo na sušenje površinskih plasti, napetosti v tleh in mehanske procese v konstrukcijskih materialih. Izpostavljenost nevihtam, toči in žledu ostaja nizka do zmerna, vendar z naraščajočim trendom pogostnosti močnih konvekcijskih dogodkov, značilnih za severovzhodno Slovenijo.

Celovita ocena izpostavljenosti za obstoječe in prihodnje stanje je prikazana v Tabeli 9, razlaga barvne lestvice pa v Tabeli 10.

Tabela 6: Pregledna ocena izpostavljenosti za predvideno sanacijo

Področje občutljivosti	Trenutno stanje	Prihodnje stanje
Ekstremni temperaturni dogodki		
Ekstremni padavinski dogodki		
Erozija tal		
Zemeljski plazovi		
Nevihte, toča, žled		

Tabela 7: Pripadajoča barvna legenda k tabeli 9

Št. točk	Barvna shema	Občutljivost	Razlaga
1		Nizka	Nizka izpostavljenost lokacije
2		Srednja	Srednja izpostavljenost lokacije
3		Visoka	Visoka izpostavljenost lokacije

Utemeljitev sprememb

Najvišja stopnja izpostavljenosti v prihodnjem obdobju je pričakovana na področju ekstremnih padavin, erozijskih procesov ter sprememb temperaturnega režima. Podnebni scenariji RCP 4.5 in RCP 8.5 dosledno napovedujejo večjo pogostost kratkotrajnih, a zelo intenzivnih nalivov ter občutno zviševanje povprečnih in ekstremnih temperatur. V gričevnatem svetu Plača to pomeni večje obremenitve za plazni material in za cestni odsek pod plazom, saj se ob nalih voda hitro koncentrira v grapah in spodnjih delih pobočja. Takšne razmere pospešijo

razmehčanje preperelih in deloma glinastih tal, povečajo erozijski potencial ter poslabšajo drenažne razmere znotraj plazu, kar lahko vpliva na njegovo aktivnost.

Izpostavljenost zemeljskim plazovom ostaja že v obstoječem stanju visoka, saj gre za evidentirano plazovito območje. V prihodnje se tveganje še povečuje, predvsem zaradi pričakovanega dviga intenzivnih padavin, pogostejšega zasičenja tal ter več prehodov med zmrzaljo in odjugo, ki dodatno zmanjšujejo strižno trdnost plaznega materiala. Kljub temu pa širše območje ni del najbolj kritičnih plazovitih regij v državi, kar utemeljuje oceno visoke, ne pa ekstremne izpostavljenosti.

Izpostavljenost nevihtam, toči in žledu je nizka do zmerna. Slovenske Gorice sicer niso izrazito žledno območje, vendar lahko ob izjemnih zimskih razmerah nastopijo posamezni dogodki, ki vplivajo predvsem na vegetacijo (lomljenje vej, obremenitev drevja) ter posledično na sekundarno nevarnost padanja dreves ali zamašitev odvodnje. To utemeljuje zmerno oceno prihodnje izpostavljenosti.

Skupna ocena tako odraža značilnosti lokalne geologije, pretekle pojave plazenja na območju Kren, tipičen hidrometeorološki odziv gričevnatega terena ter projekcije podnebnih sprememb, ki za 21. stoletje predvidevajo izrazito povečanje padavinskih ekstremov in daljša obdobja zasičenih tal.

T.4. Ocena ranljivosti

Ocena ranljivosti prikazuje, v kolikšni meri sta obstoječa cestna infrastruktura pod plazom Kren in samo plazovito območje dovzetna za vplive trenutnih in prihodnjih podnebnih razmer. Namen analize je prepoznati infrastrukturne, geološke in hidrološke dejavnike, ki ob podnebno pogojenih obremenitvah (intenzivne padavine, erozija, nihanja temperatur, povečana vlažnost tal) predstavljajo največja tveganja za stabilnost terena in za zanesljivo obratovanje lokalne ceste.

Plaz Kren leži v razgibanem gričevnatem svetu Plača, kjer so pobočja zgrajena iz preperelih, deloma glinastih sedimentov in deluvialnih nanosov. Ti materiali so vodno občutljivi: v suhem delu leta kažejo zmerno stabilnost, ob intenzivnih ali dolgotrajnih padavinah pa se hitro zasičijo in izgubijo strižno trdnost. Prav ta lastnost preperinsko-glinastih tal predstavlja ključni dejavnik ranljivosti v Slovenskih Goricah. V trenutnem stanju so na območju vidni znaki mehčanja tal, površinske erozije in upadanja stabilnosti, kar je bilo potrjeno tudi z geomehanskimi opazovanji.

Cestni odsek pod plazom je zaradi svoje lege na spodnjem delu pobočja izpostavljen koncentriranemu površinskemu odtoku, zamakanju in posedanju materiala. Ob močnejših nalivih se voda iz zgornjega dela pobočja hitro zbira v lokalnih grapah ter lahko doseže vozišče, preobremeni odvodnjavanje ali povzroči erozijo cestnega roba. Obstoječi jarki in prepusti so občutljivi na zamašitve, kar dodatno povečuje nevarnost za zatekanje vode v konstrukcijske plasti.

Predvidena sanacija vključuje stabilizacijo plazovitega območja, ureditev površinskega odvodnjavanja ter vzpostavitev učinkovite zaledne drenaže. Ti ukrepi so ključni, saj brez njih ranljivost ostaja visoka: talne mase se ob zasičenju mehčajo, na neželenih mestih se pojavlja

infiltracija, brežine pa so zaradi geometrije terena nagnjene k počasnim premikom in preoblikovanju.

V prihodnjih desetletjih je pričakovati povečanje ranljivosti zaradi intenzivnejših nalivov, pogostejših prehodov med zmrzaljo in odjugo (ki poslabšajo mehansko stabilnost glinastih sedimentov), višjih temperatur in dolgih obdobj zasičenih tal. Ti procesi lahko pospešijo erozijo, povečajo premike materiala, povzročijo posedanje ter dodatno obremenijo cestni odsek v dnu pobočja.

Ocena ranljivosti zato predstavlja temelj za načrtovanje sanacijskih in varovalnih rešitev, ki bodo zmanjšale dovzetnost območja za podnebno pogojene obremenitve ter zagotovile dolgoročno stabilnost plazu in cestne infrastrukture. V tem elaboratu je ranljivost obravnavana skupaj z oceno občutljivosti in izpostavljenosti ter je opredeljena z enačbo:

$$\text{ranljivost} = \text{občutljivost} \times \text{izpostavljenost}$$

Tabela 8: Pregledna ocena ranljivosti za območje sanacije

Ekstremni padavinski dogodki		Izpostavljenost		
		Zanemarljiva	Srednja	Visoka
Občutljivost	Zanemarljiva			
	Srednja			
	Visoka			
Ekstremni temperaturni dogodki (vročina, mraz, zmrzal)		Izpostavljenost		
		Zanemarljiva	Srednja	Visoka
Občutljivost	Zanemarljiva			
	Srednja			
	Visoka			
Erozija tal		Izpostavljenost		
		Zanemarljiva	Srednja	Visoka
Občutljivost	Zanemarljiva			
	Srednja			
	Visoka			
Zemeljski plazovi		Izpostavljenost		
		Zanemarljiva	Srednja	Visoka
Občutljivost	Zanemarljiva			
	Srednja			
	Visoka			
Nevihte, toča, žled		Izpostavljenost		
		Zanemarljiva	Srednja	Visoka
Občutljivost	Zanemarljiva			
	Srednja			
	Visoka			

Obravnavano območje plazu Kren na Plaču leži v gričevnatem svetu občine Kungota, kjer so pobočja grajena iz preperelih flišno–glinastih in deloma meljastih sedimentov, ki ob zasičenju hitro izgubijo strižno trdnost. Leta 2023 je bil na lokaciji sprožen zemeljski plaz kot posledica izjemnih padavinskih dogodkov, kar potrjuje izrazito občutljivost območja na intenzivne

padavine, hitro zasičenje tal in površinski odtok. Ker podnebni scenariji do konca stoletja napovedujejo povečanje pogostosti kratkotrajnih nalivov ter višje letne količine padavin, je tveganje za ponovno aktivacijo plazu v prihodnosti ocenjeno kot **visoko**. To se odraža tudi v končni oceni ranljivosti, kjer je vpliv zemeljskih plazov uvrščen v najvišjo stopnjo.

Na podlagi pregledne ocene ranljivosti za območje sanacije plazu Kren se ugotavlja, da območje izkazuje **srednjo do visoko ranljivost**, odvisno od posameznih podnebnih dejavnikov. Ranljivost izhaja iz kombinacije mehanskih lastnosti tal (preperina, glina), izrazite nagnjenosti pobočja, pogostih zasičenih obdobj ter napovedanih sprememb v padavinskem in temperaturnem režimu po scenarijih RCP 4.5 in RCP 8.5.

1) Obstoječe stanje

Območje je v obstoječem stanju izpostavljeno srednji do visoki ranljivosti zaradi:

- ekstremnih padavinskih dogodkov,
- poletnih neviht z visokimi kratkotrajnimi intenzitetami,
- hitrega zasičenja preperinskih in glinastih tal,
- temperaturnih nihanj in prehodov zmrzovanja–odtajanja.

Vplivi se kažejo kot povečana površinska erozija, nastanek erozijskih žlebov, lokalni odtoki po pobočju ter mehčanje talnih plasti, kar prispeva k posedanju, zdrsom in pospešeni degradaciji cestnega roba ter podpornih elementov.

2) Prihodnje stanje

V prihodnjih desetletjih bo zaradi podnebnih sprememb ranljivost območja dodatno narasla. Ocena kaže:

• Srednja ranljivost

povezana s spremembami letne količine padavin, večjo pogostostjo kratkotrajnih nalivov in večdnvnih padavinskih epizod, ki povečujejo hidravlično obremenitev terena.

• Visoka ranljivost

na področju erozije tal in zemeljskih plazov.

Napovedano povečanje intenzivnih padavin, daljša obdobja zasičenja ter hitrejše polnjenje tal z vodo bodo dodatno obremenjevali preperinske in glinaste sedimente. Plaz iz leta 2023 potrjuje, da je območje zelo občutljivo na padavinsko inducirano nestabilnost, predvsem v obdobjih močnega in dolgotrajnega dežja.

Sklepna ocena

Skupna analiza ranljivosti potrjuje, da bo za dolgoročno stabilnost območja plazu Kren in zaščito cestne infrastrukture pod plazom nujno potrebno:

- redno spremljanje in vzdrževanje brežin ter površinskih oblik premikanja,
- učinkovito, pretočno in vzdrževano površinsko odvodnjavanje,
- zanesljivo zaledno odvodnjavanje za zmanjšanje zasičenja tal,

- izvajanje prilagoditvenih ukrepov, ki zmanjšujejo vplive intenzivnih padavin, površinskega odtoka in erozijskih procesov.

Ti ukrepi so ključni za zmanjšanje tveganj, povezanih s prihodnjimi podnebnimi obremenitvami v območju plazu Kren, ter za zagotavljanje dolgoročne stabilnosti in varnosti infrastrukture v občini Kungota.

T.5. Ocena tveganja

Ocena tveganja zaradi ekstremnih padavin

Sanacijsko območje plazu Kren na Plaču leži v gričevnatem svetu severovzhodne Slovenije, kjer so pobočja zgrajena iz preperelih glinastih in meljasto-siltnatih sedimentov, ki se ob zasičenju hitro mehčajo in izgubljajo strižno trdnost. Podnebni scenariji RCP 4.5 in RCP 8.5 do konca stoletja napovedujejo povečanje letne količine padavin ter izrazito rast pogostosti kratkotrajnih, a intenzivnih nalivov. V primerjavi z obdobjem 1981–2010 se pričakuje dvig skupnih padavin za približno štiri do osem odstotkov do sredine stoletja ter šest do petnajst odstotkov do konca stoletja. Na območju Slovenskih Goric se takšne spremembe kažejo predvsem v hitrem zasičenju površinskih plasti, koncentriranem površinskem odtoku in povečani možnosti padavinsko inducirane nestabilnosti pobočij.

Dogodek v letu 2023, ko je bil plaz Kren sprožen prav zaradi izjemnih padavin, potrjuje visoko občutljivost terena na hidrološke obremenitve. Glinasta in preperinska tla se med nalivi hitro navzamejo vode, infiltracija se zmanjša, pritisk vode v zaledju pa se povečuje. Takšne razmere lahko ponovno aktivirajo premike v obstoječem plaznem območju ali povzročijo širjenje plazovitih procesov na sosednje segmente pobočja. Zaradi reliefa, ki vključuje številne manjše grape in usmerjene odtočne poti, se voda med intenzivnimi padavinami hitro zbira v spodnjih delih pobočja, kar dodatno obremenjuje teren ter ogroža stabilnost tako samega pobočja kot cestnega odseka pod njim.

Na podlagi podnebnih projekcij, zabeleženega plazenja v letu 2023 ter geomehanskih značilnosti tal je verjetnost pojavljanja negativnih učinkov ekstremnih padavin ocenjena kot visoka. Posledice so ocenjene kot srednje, saj lahko premiki prizadenejo cestni odsek, podporne elemente in brežine, vendar ne ogrožajo gosto poseljenega območja ali obsežne ključne infrastrukture. Skupna ocena tveganja za prihodnje podnebne razmere je srednje do visoko, kar je skladno z oceno izpostavljenosti in ranljivosti, pripravljenima v predhodnih poglavjih.

Učinkovito zmanjševanje tveganja temelji predvsem na ustreznem in redno vzdrževanem sistemu odvodnjavanja, ki preprečuje nenadzorovano zadrževanje ali koncentracijo vode na pobočju. Zanesljivo površinsko in zaledno odvodnjavanje zmanjšuje dvig pornih pritiskov v glinastih sedimentih, kar dokazano vpliva na stabilnost terena. Pomembni so tudi ukrepi za stabilizacijo brežin, preprečevanje erozijskih žlebov, ohranjanje pretočnosti prepustov in jarkov ter zagotavljanje enakomernega odvajanja vode z vozne površine. Na območjih, kjer je

vozišče neposredno pod vplivom možnega premikanja materiala, je potrebna tudi ustrezna utrditev cestnega roba in bankin.

Takšen pristop omogoča dolgoročno obvladovanje tveganj, ki izhajajo iz pričakovanega povečanja intenzivnih padavin in z njimi povezanih pobočnih procesov na območju plazu Kren, ter zagotavlja stabilno in varno delovanje cestne infrastrukture v prihodnjih podnebnih razmerah.

Ocena tveganja zaradi zmrzali

Projekcije za severovzhodno Slovenijo (RCP 4.5 in RCP 8.5) do konca stoletja napovedujejo postopno zviševanje povprečne temperature zraka, kar pomeni občutno zmanjšanje števila hladnih in ledenih dni. V gričevnatem svetu Plača, kjer so nadmorske višine med 330 in 360 metri, se snežna odeja že v današnjih razmerah pojavlja razmeroma redko in kratkotrajno, prihodnje segrevanje pa bo ta trend še okrepilo. Kljub zmanjšanju absolutnega števila dni pod lediščem pa bodo prehodi med zmrzaljo in odjugo pogostejši, kar predstavlja ključni dejavnik tveganja za cestne in podporne konstrukcije.

Največ težav bo povzročalo prav pogosto nihanje okoli 0 °C, saj takšne razmere ustvarjajo ponavljajoče cikle zmrzovanja in taljenja v zgornjih, vodno občutljivih preperinskih in glinastih sedimentih. Ti procesi povzročajo mehanske napetosti, drobljenje površinskih slojev, luščenje materiala ter nastanek razpok v asfaltu. V kombinaciji s slabo odvedeno vodo na površini ali v podlagi lahko zmrzal povzroči lokalna dviganja cestnih robov, posedanje ali drobljenje utrjenih površin. Na terenu pod plazom Kren se že pojavljajo poškodbe, ki so skladne s tovrstnimi zmrzovalnimi procesi, kar potrjuje občutljivost območja na hitro zamrzovanje zasičenih tal.

Na podlagi podnebnih trendov, nizke nadmorske višine in geološke sestave tal je verjetnost pojava poškodb, povezanih z zmrzaljo, ocenjena kot srednja. Posledice so praviloma manjše, lokalne in obvladljive z rednim vzdrževanjem, zato je skupna ocena tveganja nizka. Zmanjšanje tveganja temelji predvsem na zanesljivem odvodu površinske in zaledne vode, saj zastajanje vode v zimskih dneh predstavlja glavni sprožilec poškodb, povezanih z zmrzovanjem in odtaljevanjem. Pri sanaciji plazu Kren bo zato ključna uporaba nosilnih in tamponskih materialov z dobro drenažno sposobnostjo ter ustrezna vgradna globina, ki zmanjšuje vpliv površinskih temperaturnih nihanj. Kakovostni asfaltni sloji, odporni na temperaturne raztezke, ter redno čiščenje jarkov in prepustov dodatno zmanjšujejo možnost nastanka poškodb v hladni polovici leta.

Ocena tveganja zaradi erozije

Obravnavano območje plazu Kren na Plaču leži v značilno razgibanem gričevnatem reliefu Slovenskih Goric, kjer so pobočja oblikovana iz preperelih in deloma glinastih sedimentov, ki so nastali iz fliša in drugih mehkejših kamnin. Zgornje plasti tal so pretežno ilovnato-peskaste, mestoma z večjim deležem gline, kar pomeni, da se ob intenzivnih ali dolgotrajnih padavinah zelo hitro razmočijo. Zasičena tla izgubijo strižno trdnost in se ob preobremenitvi začnejo premikati, kar se kaže kot površinska erozija, plitvi zdrsi, izpiranje materiala ali nastanek erozijskih žlebičev.

Gričevnat teren Plača s številnimi manjšimi grapami in vinogradniškimi terasami povzroča hitro koncentracijo padavinske vode, zlasti med kratkotrajnimi, a intenzivnimi nalivi. V takih razmerah se voda pogosto usmerja po najšibkejših delih pobočja, kar vključuje cestne robove, bankine in območja z redkejšim vegetacijskim pokrovom. Izpiranje materiala se najpogosteje pojavlja prav vzdolž vozišča pod plazom, kjer padavinska voda ob nepopolni ali preobremenjeni odvodnji povzroča poškodbe robov vozišča, mehčanje tamponskih slojev ter nastanek plitvih erozijskih kanalov.

Modelne projekcije za severovzhodno Slovenijo napovedujejo povečanje intenzivnosti kratkotrajnih nalivov ter večjo skupno količino padavin, zlasti v hladni polovici leta. Takšne spremembe pomenijo očitno povečanje verjetnosti erozijskih procesov na pobočjih, ki so že v obstoječem stanju mehčana in občutljiva na spremembe v vodnem režimu. Dogodek iz leta 2023, ko je bil ob izjemnih padavinskih razmerah sprožen plaz, je neposreden pokazatelj visoke občutljivosti območja na padavinsko inducirano erozijo in prerazporeditev površinskega toka.

Na podlagi kombinacije terenskih značilnosti, geološke sestave, izpostavljenosti padavinam in podnebnih projekcij je verjetnost pojava erozijskih procesov na območju plazų Kren visoka. Posledice erozije so srednje velikosti, saj praviloma ne ogrožajo celotne konstrukcije ceste, lahko pa povzročijo ponavljajoče poškodbe cestnih robov, zamakanje tamponskih slojev, posedanje terena ter lokalne zdrse materiala. Skupna ocena tveganja je zato visoka.

Za zmanjšanje tveganja erozije je ključnega pomena zagotoviti enakomeren in zanesljiv odvod padavinske vode ter preprečiti koncentracijo toka na občutljivih delih pobočja. To zahteva redno čiščenje muld, jarkov in prepustov, stabilizacijo cestnih robov s primernimi granuliranimi materiali, preprečevanje usmerjanja vode neposredno na brežine ter izvedbo površinskih in zalednih drenaž, ki zmanjšujejo razmočenje tal. Dosledno vzdrževanje odvodnjavanja predstavlja eno najučinkovitejših mer za zmanjšanje erozijskih poškodb in povečanje dolgoročne stabilnosti območja.

Ocena tveganja zaradi zemeljskih plazų

Na območjih z mehkejšo ilovnato-glinasto sestavo tal, kakršna prevladujejo v gričevnatem svetu Plača, so zgornje preperinske plasti zelo občutljive na razmočenje. V času intenzivnih ali več zaporednih padavinskih dni se tla hitro zasičijo, infiltracija močno pade, porni tlak narašča, kar povzroči zmanjšanje strižne trdnosti talnega materiala. Takšne razmere pogosto vodijo v plitve zdrse, počasne premike površinskih horizontov ali lokalno drsenje nevezanega materiala, zlasti na strmejših vinogradniških terasah, ob lokalnih grapah in na mestih z neustrezno odvedeno zaledno vodo.

Dogodek iz leta 2023, ko je bil plaz sprožen zaradi izjemnih padavin, potrjuje, da je teren občutljiv na padavinsko inducirano nestabilnost. Podnebne projekcije RCP 4.5 in RCP 8.5 za severovzhodno Slovenijo napovedujejo dodatno povečanje intenzivnih nalivov in večdnevni epizod, kar pomeni, da bodo pogoji, ki so povzročili pretekle zdrse, v prihodnosti pogostejši. Povečana zasičenost tal in hitra akumulacija površinskega odtoka sta ključna dejavnika, ki lahko ponovno sprožita premike materiala v območju obstoječega plazų ali v njegovem zaledju.

Verjetnost pojavljanja zemeljskih plazov je ocenjena kot srednja. Pojavi so praviloma lokalni, vendar lahko ob ponavljanju povzročajo postopno premikanje površinskih plasti, zasipanje odvodnjavanja in poškodbe cestnih robov. Posledice se uvrščajo v razpon od nizkih do srednjih, zlasti kadar so prizadeti cestni jarki, bankine ali podporni deli trase pod pobočjem. Na tej osnovi je skupna ocena tveganja določena kot srednja.

Najbolj učinkovita strategija za zmanjšanje tveganja je vzpostavitev zanesljive regulacije površinskih in zalednih voda. Nujno je preprečiti koncentriranje toka ob občutljive brežine ter onemogočiti zastajanje vode v plitvih horizontih nad drsnimi ravninami. Priporočljivi ukrepi so redno odstranjevanje naplavin, stalni nadzor brežin po močnih padavinah, utrjevanje cestnih robov, sanacija erozijskih mest in po potrebi uporaba drenažnih ter stabilizacijskih slojev. Vegetacijsko utrjevanje je smiselno tam, kjer se pojavljajo ponavljajoči znaki površinskih premikov, saj dolgoročno izboljšuje strižno odpornost zgornjih plasti in zmanjšuje tveganje za plitve zdrse.

Skupna ocena tveganja

Skupna ocena tveganja združuje verjetnost pojava podnebno pogojenih nevarnosti ter obseg njihovih posledic za območje sanacije plazu Kren in za cestni odsek pod njim. Pri presoji so upoštevani pretekli dogodki (aktivacija plazu ob izjemnih padavinah), geološke in geomorfne značilnosti Slovenskih Goric, kakovost in zanesljivost obstoječega odvodnjavanja ter podnebne projekcije po scenarijih RCP 4.5 in RCP 8.5.

Največji vpliv imajo ekstremne padavine in erozijski procesi, saj se bo količina in intenzivnost padavin na območju Plača v prihodnjih desetletjih še povečevala. Gričevnat teren z vinogradi, travniki in ozkimi grapami omogoča hitro koncentracijo površinskega odtoka, preperinski in deloma glinasti sedimenti pa so zelo občutljivi na razmočenje. Posledično se ob nalivih povečuje verjetnost erozijskih poškodb, izpiranja materiala in občasnih plitvih premikov na območju plazu.

Tveganje zaradi zemeljskih plazov je srednje, saj je bil plaz Kren leta 2023 neposredno sprožen zaradi izjemnih padavin in visoke zasičenosti tal. Čeprav širše območje ne sodi med izrazito plazovita, kombinacija preperinskih tal, površinske odtočne dinamike in podnebnih projekcij potrjuje povečano občutljivost na padavinsko inducirano nestabilnost.

Vpliv zmrzali ostaja nizek do srednji. Število hladnih in ledenih dni se bo v prihodnosti zmanjševalo, kljub temu pa bodo pogosti prehodi temperature okoli ledišča v hladni polovici leta še naprej povzročali lokalne mehanske napetosti v tleh ter posamezne poškodbe utrjenih površin, zlasti tam, kjer voda zastaja.

Skupna ocena tveganja tako izpostavlja predvsem povečanje hidroloških obremenitev, erozijskih procesov in občutljivosti preperinskih tal, kar potrjuje potrebo po zanesljivi, robustni odvodnjavi ter sanacijskih rešitvah, ki zmanjšujejo vplive ekstremnih padavin na stabilnost terena in infrastrukture.

T.5.1 Vrednotenje tveganj za projekt zaradi podnebnih sprememb

Vrednotenje tveganj za sanacijo plazu Kren in pripadajočega cestnega odseka temelji na analizi verjetnosti podnebno pogojenih pojavov in oceni njihovih posledic za stabilnost terena, cestno konstrukcijo in dolgoročno funkcionalnost posega. Pri presoji so upoštevani podnebni trendi in projekcije (ARSO, CrossRisk, SLO-CLIM, EURO-CORDEX), geološke značilnosti območja (prepereli glinasti in peskasti sedimenti, deloma vinogradniške terase), razgibana reliefna struktura Slovenskih Goric ter izkušnje iz ujm leta 2023, ko je bilo območje izpostavljeno intenzivnim padavinam in plitvim premikom materiala.

Matrika tveganj združuje oceno verjetnosti pojava in obseg posledic za ključne procese, ki jih podnebne spremembe na območju Plača najbolj vplivajo. Upoštevano je, da se posamezni vplivi pogosto pojavljajo sočasno – na primer intenzivne padavine hkrati povzročijo zasičenje tal, površinski odtok in povečan erozijski potencial. Zato je bila za posamezen proces uporabljena najvišja verjetna stopnja posledic.

Rezultati vrednotenja kažejo, da so največja tveganja povezana z ekstremnimi padavinskimi dogodki, erozijo tal ter plitvimi zdrsi, ki se lahko pojavijo ob visoki zasičenosti preperinskih in glinastih sedimentov. Ekstremne padavine so uvrščene v razred srednjega tveganja, saj so verjetne in lahko povzročijo zmerne do resne poškodbe infrastrukture (spiranje bankin, zastajanje vode, obremenitve odvodnjavanja). Erozijska tal predstavlja visoko tveganje, ker se ob zelo verjetnih nalivih in neenakomernem odvodnjavanju pojavljajo zmerne do resne posledice za cestne robove, brežine in površinske odtočne poti.

Plitvi zdrsi materiala imajo visoko verjetnost pojavljanja ob izjemnih padavinah, vendar so njihove posledice lokalne in obvladljive, zato spadajo v razred visokega, ne pa katastrofalnega tveganja. To odraža dejansko naravo plazu Kren, ki je plitek, omejen in vezan na preperinske sloje, ne pa na globoke strižne ravnine.

Zmrzal je ocenjena kot malo verjetna z majhnimi posledicami, kar jo umešča v nižji razred tveganja. Število ledenih dni se bo v prihodnjih desetletjih še zmanjševalo, vendar bodo prehodi okoli ledišča še naprej povzročali lokalne poškodbe vozišča. Nevihtni dogodki, toča in žled ostajajo tveganja nizke do srednje stopnje, saj lahko povzročijo poškodbe vegetacije in kratkotrajne ovire, manj pa vplivajo na stabilnost terena.

Matrika tveganj tako omogoča jasno opredelitev ključnih procesov, ki jih je treba obravnavati v okviru sanacije: učinkovito odvodnjavanje, stabilizacija brežin ter kontrola površinskega odtoka. Te prilagoditve zmanjšujejo verjetnost ponovitve padavinsko induciranih poškodb in zagotavljajo, da bo poseg dolgoročno odporen na podnebne spremembe.

Tabela 9: Ocena tveganja za obravnavani projekt ureditve

Posledice		Zanemarljivo	Majhne	Zmerne	Resne	Katastrof alne
Verjetnost		1	2	3	4	5
Redko	1					
Malo verjetno	2		Zmrzal			
Srednje verjetno	3			Ekstremni padavinski dogodki		
Zelo verjetno	4			Erozija tal		
Skoraj gotovo	5			Lokalni plitvi zdrs (plazovi)		

Erozija tal – zelo verjetno / zmerne posledice

Na območju Plača se erozijski procesi pojavljajo pogosto zaradi razgibanega vinogradniškega reliefa, tankih preperinskih in glinastih sedimentov ter hitrega površinskega odtoka ob intenzivnih nalivih. Teren se pri večjih padavinah hitro zasiči, kar zmanjša strižno trdnost tal in povzroča spiranje materiala, izsekavanje površine ter poškodbe cestnih robov. Dogodki v letu 2023 so potrdili, da se ob visokih padavinah lahko pojavijo površinske erozijske jame in manjši zdrs, zato je tveganje utemeljeno ocenjeno kot zelo verjetno.

Ekstremni padavinski dogodki – srednje verjetno / zmerne posledice

Podnebni scenariji RCP 4.5 in RCP 8.5 za Slovenske Gorice napovedujejo zvišanje količine padavin ter večjo pogostost kratkotrajnih ekstremnih nalivov. Na območju plazu Kren se to odraža v intenzivnem površinskem odtoku, hitrem polnjenju grap in pritiskih na obstoječe odvodnjavanje. Posledice vključujejo poškodbe bankin, zastajanje vode ob cesti ter povečano obremenitev prepustov. Zaradi kombinacije razgibanega terena in občutljivih preperinskih tal so posledice ocenjene kot zmerne.

Zmrzal – malo verjetno / majhne posledice

Čeprav se bo število ledenih in hladnih dni v prihodnjih desetletjih postopoma zmanjševalo, se lahko zaradi zasenčenosti in konfiguracije terena lokalno pojavljata poledica in zmrzovanje površinskih slojev. Takšni pojavi povzročajo manjše površinske poškodbe vozišča, drobljenje robov in razpoke, vendar so posledice omejene in obvladljive z rednim vzdrževanjem. Zato je tveganje nizko.

Zemeljski plazovi – srednje verjetno / majhne do zmerne posledice

Leta 2023 je bil na Plaču sprožen plitek premik materiala, ki je nastal znotraj preperinskih in deloma glinastih sedimentov ob izjemnih padavinah. Lokalne geomehanske razmere kažejo, da se ob visoki zasičenosti lahko ponovijo plitvi zdrs, vendar zaradi majhne globine in omejenega obsega praviloma ne povzročajo obsežnih poškodb. Posledice so pretežno lokalne:

zasuvanje bankin, vdor materiala v jarke ali poškodbe površinskih slojev, ne pa katastrofalna prekinitev prevoznosti. Zato je tveganje utemeljeno ocenjeno kot srednje z majhnimi do zmernimi posledicami.

T.6. Prilagoditveni ukrepi in zaključki

Območje plazų Kren na Plaču se nahaja v vinogradniškem, razgibanem terenu z nežno do zmerno strmimi pobočji, grajenimi pretežno iz preperinskih ilovnato-peskastih sedimentov, lokalnih glinastih leč in deloma gruščnatih nanosov. Ti materiali ob večjih padavinah hitro izgubijo trdnost, kar je leta 2023 povzročilo plitev zdrs in potrdilo izrazito občutljivost območja na padavinsko obremenitev. Ker podnebni scenariji napovedujejo več kratkotrajnih nalivov, daljša obdobja zasičenja tal in večjo letno količino padavin, je sanacija usmerjena v dolgoročno krepitev stabilnosti pobočja in zmanjšanje tveganj za ponovne premike.

Na terenu so vidni znaki občasnega premeščanja površinskih slojev, plitve erozijske jame, spiranje bankin ter vdor materiala v jarke pod plazom. Glavni sprožilni mehanizem teh procesov je kombinacija zasičenja tal, neenakomerno delujočega odvodnjavanja in hitrega površinskega odtoka, značilnega za valovita pobočja Slovenskih Goric. Analiza izpostavljenosti in tveganj kaže, da bodo ti procesi zaradi podnebnih sprememb ostali prisotni tudi v prihodnjih desetletjih, zato je ključno, da sanacija preprečuje ponovne erozijske učinke in razmočenje kritičnih slojev.

Prilagoditveni ukrepi

Ključni ukrepi so osredotočeni na učinkovito upravljanje padavinske vode, stabilizacijo površinskih slojev in izboljšanje zanesljivosti cestišča pod plazom.

Ureditev površinskega in zalednega odvodnjavanja

Odvodnjavanje je osrednji element prilagoditve. Potrebno je zagotoviti hitro odvajanje padavinske vode s pobočja in preprečiti njen zastoj v območju plitve drsne ploskve. S tem se zmanjša nasičenje tal, znižajo porni tlaki in omeji razmehčanje sedimentov. Posebna pozornost mora biti namenjena pretočnosti prepustov, jarkov in muld, ki se ob nalivih pogosto zamašijo z naplavinami.

Stabilizacija površinskih slojev in zmanjšanje erozije

Zaradi občutljivosti preperinskih sedimentov je smiselna kombinacija vegetacijskega utrjevanja, tehničnih protierozijskih ukrepov in stabilizacijskih materialov. Uporaba travno-rastlinskih mešanic, protierozijskih mrež ali kamnitih zložb zmanjšuje hitrost odtoka in povečuje kohezijo površinskih plasti. Tam, kjer so prisotni manj stabilni ali labilni bloki materiala, je potrebna odstranitev ali dodatna zaščita, da se prepreči njihovo premikanje med nalivi.

Izboljšave konstrukcijskih slojev cestišča

Vozišče pod plazom je občutljivo predvsem na razmočenje tamponskih slojev in površinske erozijske vplive. Za boljšo odpornost so potrebni nosilni materiali z dobro drenažno sposobnostjo, ustrezni vzdolžni in prečni nakloni ter asfaltne plasti, odporne na temperaturna nihanja in občasno zmrzovanje. Ureditev odvodnjavanja ob robu vozišča je ključna za preprečevanje prelivanja vode na asfaltno površino.

Preprečevanje neustreznega preusmerjanja vodnih tokov

Intervencije ne smejo preusmerjati padavinske vode na nove, bolj občutljive dele pobočja. Ohranjanje naravnih poti odtoka, skupaj s tehnično izboljšanimi kanali, zmanjša možnost nenadzorovanega preusmerjanja tokov, ki bi lahko sprožili nove lokalne zdrse.

Monitoring in redno vzdrževanje

Zaradi hitrega odzivnega časa pobočja ob nalivih je pomemben trajen pregled stanja brežin, odvodnjavanja in cestnih robov, zlasti po ekstremnih padavinah. Pravočasno odkrivanje poškodb ali začetnih erozijskih brazd je najcenejši in najučinkovitejši način preprečevanja večjih težav. Vegetacija ob cestnem robu ima pomembno stabilizacijsko funkcijo, zato jo je smiselno ohranяти oziroma smotrno dopolnjevati.

Sklep

Sanacija plazu Kren in obnovitev cestnega odseka pod njim predstavljata nujen ukrep za izboljšanje odpornosti območja na podnebne spremembe. Učinkovita ureditev odvodnjavanja, stabilizacija talnih slojev, odstranitev labilnega materiala ter izboljšave cestne konstrukcije bodo dolgoročno zmanjšali tveganje za erozijske poškodbe in ponovne plitve zdrse. Ukrepi povečujejo varnost uporabnikov in prispevajo k stabilnosti prostora v razmerah, ko se intenzivnost in časovna koncentracija padavin še povečujeta.

V. VIRI IN ZAKONODAJA

- [1] Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). *Mesečni in letni klimatski podatki – meteorološka postaja Maribor–Tabor*. Dostopno na: <https://meteo.arso.gov.si>
- [2] ARSO. *Podnebne podlage – podatki o temperaturah, padavinah in ekstremnih dogodkih za severovzhodno Slovenijo*.
- [3] Geološki zavod Slovenije (GeoZS). *Osnovna geološka karta Slovenije*, list Maribor 1 : 100.000.
- [4] European Commission. *Technical Guidance on Climate Proofing of Infrastructure in the period 2021–2027*. Brussels, 2021.
- [5] European Commission. *Non-paper Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient*.
- [6] Evropska agencija za okolje (EEA). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe*.
- [7] SLO-CLIM. *Regionalne podnebne projekcije za Slovenijo za scenarije RCP 4.5 in RCP 8.5*. Dostopno na: <https://www.sloclim.si>
- [8] CrossRisk projekt. *Podnebne projekcije in modeliranje ekstremnih vremenskih pojavov za Slovenijo*.
- [9] PISO – Prostorski informacijski sistem občin. Sloji: prsti, erozijska občutljivost, vodotoki, relief.
- [10] *Uredba o metodologiji za ocenjevanje in razvrščanje zemeljskih plazov in določanje ukrepov*. Uradni list RS.
- [11] Direkcija RS za vode. *Smernice za načrtovanje ukrepov za zmanjšanje poplavne in erozijske ogroženosti*.
- [12] Občina Kungota. *Osnovni opis prostora, klimatske značilnosti in prostorski razvoj*. Dostopno na: <https://www.kam.si/obcina-kungota/>
- [13] GeoZS. *Geološka karta Slovenije 1 : 1.000.000 – izsek območja Plač (metamorfne enote)*.
- [14] GeoZS. *Poročila o metamorfnih kamninah vzhodnih Alp – gnajs, blestnik, muskovitno–biotitni gnajs*.
- [15] European Soil Database v2. *Pedološke in erozijske značilnosti tal Evropske unije*.
- [16] Copernicus Climate Data Store. *ERA5-Land – hidrološki ekstremi, padavine in zasičenje tal v SV Sloveniji*.
- [17] *Strokovno geološko poročilo: Plaz Plač – geološke, geomehanske in hidrološke značilnosti območja Kren* (interno poročilo, 2024).

[18] *Projektno poročilo: Sanacija plazu Kren – geotehnične raziskave in analizirani razkopi (EVD–CBR).*

[19] ARSO. *Atlas okolja – padavinske in temperature karte Slovenije.*

[20] Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo. *Smernice za vključevanje podnebnih sprememb v prostorsko načrtovanje.*

[21] ARSO – Agencija RS za okolje. *Podnebni diagram Maribor–Tabor (1981–2010), standardiziran prikaz podatkov (Walter–Lieth).*

[22] ARSO – Atlas okolja. *Padavinske in temperature karte Slovenije* (spletni pregledovalnik). Dostopno na: <https://gis.arso.gov.si/atlasokolja/>

[23] Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). *Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja.* Poročilo št. 15/2017. Ljubljana: ARSO.