EL NASLOVNA STRAN Z OSNOVNIMI PODATKI O ELABORATU

NAČRT IN ŠTEVILČNA OZNAKA ELABORATA

ELABORAT VPLIVA PODNEBNIH SPREMEMB NA PROJEKT

(PRESOJA PODNEBNE ODPORNOSTI)

INVESTITOR

Občina Cirkulane, Cirkulane 58, 2282 Cirkulane

POSEG V OKOLJE

Sanacija plazu na parc. št. 808/1 k. o. 475 Gruškovec

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:

EP 26/11/1353, Maribor 5. 10. 2026

KAZALO VSEBINE

KAZALO SLIK 3
KAZALO TABEL 4
POVZETEK 5
METODOLOGIJA PRESOJE PODNEBNE ODPORNOSTI 6
SPLOŠNI DEL 10
Podatki nosilca projekta 11
Namen in cilj presoje 11
Pregled obravnavanih lokacij 11
TEHNIČNI DEL 15
T.1. Geografske in geološke značilnosti lokacij 16
T.2. Analiza občutljivosti 20
T.3. Analiza izpostavljenosti v obstoječem in prihodnjem stanju 23
T.3.1 Izpostavljenost v obstoječemu stanju 23
T.3.2. Ocena izpostavljenosti – prihodnje stanje 34
T.3.3. Ocena izpostavljenosti za obstoječe in prihodnje stanje lokacij posegov 39
T.4. Ocena ranljivosti 41
T.5. Ocena tveganja 45
T.5.1 Vrednotenje tveganj za projekt zaradi podnebnih sprememb 46
T.6. Prilagoditveni ukrepi in zaključki 48
V. VIRI IN ZAKONODAJA 50

KAZALO SLIK

Slika 1: Metodološki okvir presoje podnebne odpornosti projekta 7
Slika 2: Makrolokacija 11
Slika 3: Mikrolokacija 12
Slika 4: Situacija obravnavane lokacije 12
Slika 5: Slika s terena 13
Slika 6: Lokacije Občine Cirkulane 16
Slika 7: Relief in lokacija obravnavanega območja 17
Slika 8: Geološka karta Slovenije [GeoZS] 17
Slika 9: Geološka karta Slovenije - območje projekta 19
Slika 10: Klimatološki prikaz meteorološke postaje Maribor (275 m n. v.) za referenčno obdobje 1981–2010. 23
Slika 11 Povprečna letna temperatura zraka 1981–2010 na območju obravnavane lokacije 25
Slika 12: Podnebni diagram meteorološke postaje Maribor (1981–2010) 25
Slika 13: Povprečna letna višina korigiranih padavin 1981–2010 na območju obravnavane lokacije (vir: ARSO) 28
Slika 14: Prostorski prikaz povprečnega števila dni s snežno odejo v sezoni 1971/72–2000/01 na območju obravnavanega posega (vir: ARSO – Atlas okolja) 31
Slika 15: Prostorski prikaz povprečne skupne višine novozapadlega snega v sezoni 1971/72–2000/01 na območju obravnavanega posega (vir: ARSO – Atlas okolja) 31
Slika 16: Prostorski prikaz največje snežne obtežbe s povratno dobo 50 let za obdobje 1951–2005 na območju sanacije (vir: ARSO – Atlas okolja) 32
Slika 17: Projekcije sprememb povprečne letne temperature zraka v Sloveniji v 21. stoletju po scenarijih RCP2.6, RCP4.5 in RCP8.5 (vir: ARSO) 35
Slika 18: Prikaz poteka sprememb padavinskega režima v Sloveniji v 21. stoletju po scenarijih RCP2.6, RCP4.5 in RCP8.5 (vir: ARSO) 35
Slika 19: Absolutne in relativne spremembe napajanja podzemne vode po scenarijih RCP4.5 in RCP8.5 v primerjavi z obdobjem 1981–2010 (vir: ARSO) 38

KAZALO TABEL

Tabela 1: Interpretacija barvne legende, uporabljene v nadaljevanju analize občutljivosti 20
Tabela 2: Ocena občutljivosti projekta glede na podnebne dejavnike 21
Tabela 3: Analiza občutljivosti predvidenih posegov glede na A – proces izvedbe projekta in B – uporabnik 22
Tabela 4: Najvišje in najnižje vrednosti izbranih meteoroloških spremenljivk na meteorološki postaji Maribvor v obdobju 1950–2019 27
Tabela 5: IDF vrednosti padavin (intenziteta–trajanje–povratna doba) za obravnavano lokacijo (vir: CrossRisk) 29
Tabela 6: Projekcija povprečne letne količine padavin za obravnavano območje * 37
Tabela 7: Pregledna ocena izpostavljenosti za predvideno sanacijo 40
Tabela 8: Pripadajoča barvna legenda 40
Tabela 9: Ocena ranljivosti projekta v obstoječem in prihodnjem stanju 42
Tabela 10: Pregledna ocena ranljivosti za območje posega v obstoječem stanju 43
Tabela 11: Ocena ranljivosti projekta v prihodnjem stanju glede na občutljivost projekta in izpostavljenost lokacije 44
Tabela 12: Matrika tveganja za obravnavani projekt 47
Tabela 13: Legenda matrike tveganja 47

POVZETEK

Elaborat presoje podnebne odpornosti je izdelan za projekt sanacije usada na lokalni cesti v naselju Gruškovec. Na obravnavanem območju se je pod cesto sprožil usad, posledice premikov pa so vidne tudi na vozišču v obliki vzdolžnih razpok in lokalnih poškodb asfaltne površine.

Namen elaborata je oceniti občutljivost, izpostavljenost, ranljivost in tveganja projekta glede na sedanje in pričakovane prihodnje podnebne razmere ter opredeliti ustrezne ukrepe za zagotavljanje dolgoročne podnebne odpornosti saniranega območja in prometne infrastrukture.

Obravnavana lokacija se nahaja na pobočnem območju, kjer se teren na zunanji strani lokalne ceste spušča po brežini. Geološko-geotehnične raziskave so pokazale prisotnost različnih zemeljskih in hribinskih slojev. Z vidika podnebne odpornosti je pomemben predvsem vpliv vode, saj geološko-geotehnična dokumentacija nastanek usada povezuje tudi s povečano količino vode v materialu. Prostorski klimatski podatki ARSO kažejo, da znaša povprečna letna višina korigiranih padavin na območju med 1.100 in 1.200 mm.

Analiza je pokazala, da so za projekt najpomembnejša tveganja povezana z intenzivnimi in dolgotrajnimi padavinami, povečanim površinskim in zalednim odtokom ter povečano količino vode v zemljini. Kratkotrajni intenzivni nalivi lahko povzročijo hitro povečanje površinskega odtoka in obremenitev sistema odvodnjavanja, dolgotrajnejše padavine pa lahko povečajo količino vode v zemljini in s tem neugodno vplivajo na stabilnost brežine.

Temperaturni ekstremi, cikli zmrzovanja in odtajanja ter snežne in talilne obremenitve predstavljajo zmernejše tveganje in niso prevladujoči dejavnik podnebne odpornosti projekta. V prihodnjih podnebnih razmerah je za obravnavano lokacijo pomemben predvsem vpliv sprememb padavinskega režima in intenzivnih padavinskih dogodkov.

Načrtovana sanacija vključuje ukrepe za stabilizacijo območja in ureditev odvodnjavanja, s čimer se zmanjšuje vpliv površinskih in drenažnih voda na brežino in cestno infrastrukturo. Za dolgoročno podnebno odpornost so pomembni učinkovito in kontrolirano odvajanje vode, ustrezna izvedba načrtovanih sanacijskih ukrepov ter redno pregledovanje in vzdrževanje odvodnih elementov. Pomembno je tudi spremljanje stanja brežine in vozišča, zlasti po intenzivnih oziroma dolgotrajnih padavinskih dogodkih.

Na podlagi izvedene presoje je ugotovljeno, da podnebne spremembe za obravnavani projekt ne predstavljajo nove vrste nevarnosti, lahko pa povečajo obremenitve, povezane z že prisotnim vplivom padavin in vode. Ob ustrezni izvedbi predvidenih projektnih rešitev ter rednem vzdrževanju in spremljanju stanja je mogoče zagotoviti ustrezno raven podnebne odpornosti, stabilnosti, varnosti in dolgoročne funkcionalnosti obravnavanega območja.

METODOLOGIJA PRESOJE PODNEBNE ODPORNOSTI

Presoja podnebne odpornosti projekta **Sanacija plazu na parc. št. 808/1 k. o. 475 Gruškovec v Občini Cirkulane** je bila izvedena z uporabo strukturiranega analitičnega pristopa, ki omogoča sistematično prepoznavanje, vrednotenje in obvladovanje podnebno pogojenih tveganj za obravnavano prometno infrastrukturo in stabilnost brežine.

Metodologija temelji na razumevanju, da je dolgoročna stabilnost in funkcionalnost obravnavanega cestnega odseka neposredno odvisna predvsem od interakcije med:

- intenzivnimi in dolgotrajnimi padavinskimi dogodki,
- površinskim in zalednim odtokom padavinskih voda,
- delovanjem sistema odvodnjavanja,
- zasičenjem zemljin z vodo,
- geološkimi in geotehničnimi značilnostmi brežine,
- stabilnostjo pobočja ter
- temperaturnimi in zmrzlinskimi obremenitvami prometne infrastrukture.

Na obravnavanem območju se je pod lokalno cesto sprožil usad, pri katerem je splazila manjša gmota razmočenega materiala zaradi povečane količine vode v zemljini. Na območju se nahaja prepust, ki je speljan pod cesto in se izteka po brežini navzdol. Posledice premikov zemljine se kažejo v vzdolžnih razpokah vozišča in lokalno odlomljenih delih asfaltne površine. Obstoječe vozišče ima na notranji strani ceste muldo, ki odvaja vodo v jaške, od koder se voda skozi prepust odvaja pod voziščem po brežini navzdol.

Podnebna tveganja zato ne predstavljajo zgolj potencialnega vpliva na prometno infrastrukturo, temveč pomemben dejavnik pri stabilnosti brežine in jih je treba upoštevati pri načrtovanju sanacije ter zagotavljanju dolgoročne stabilnosti, varnosti in funkcionalnosti obravnavanega cestnega odseka.

Metodološki okvir

Elaborat je pripravljen v skladu z evropskimi in nacionalnimi smernicami za krepitev podnebne odpornosti infrastrukture z namenom zagotavljanja dolgoročne stabilnosti, varnosti in funkcionalnosti prometne infrastrukture.
Upoštevana izhodišča:

- Smernice organa upravljanja za krepitev podnebne odpornosti infrastrukture (2021–2027),
- European Commission – Non-paper Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient.

Metodološki pristop temelji na sistematični obravnavi ključnih elementov podnebnega tveganja:

- analiza občutljivosti projekta,
- analiza izpostavljenosti podnebnim vplivom,
- ocena ranljivosti infrastrukture,

- vrednotenje podnebnih tveganj,
- opredelitev prilagoditvenih ukrepov.

Poseben poudarek je na razumevanju povezave med intenzivnimi in dolgotrajnimi padavinami, površinskim odtokom, delovanjem sistema odvodnjavanja, povečano količino vode v zemljini ter stabilnostjo brežine in dolgoročno funkcionalnostjo cestne infrastrukture.

Geološko-geotehnične raziskave potrjujejo prisotnost različnih zemeljskih in hribinskih slojev, med drugim nasutja, meljasto-peščene gline, konglomerata in peščenjaka. Pri daljšem in intenzivnejšem deževju je pričakovati povečanje količine vode v zemljini, kar je pomembno z vidika stabilnosti obravnavane brežine.

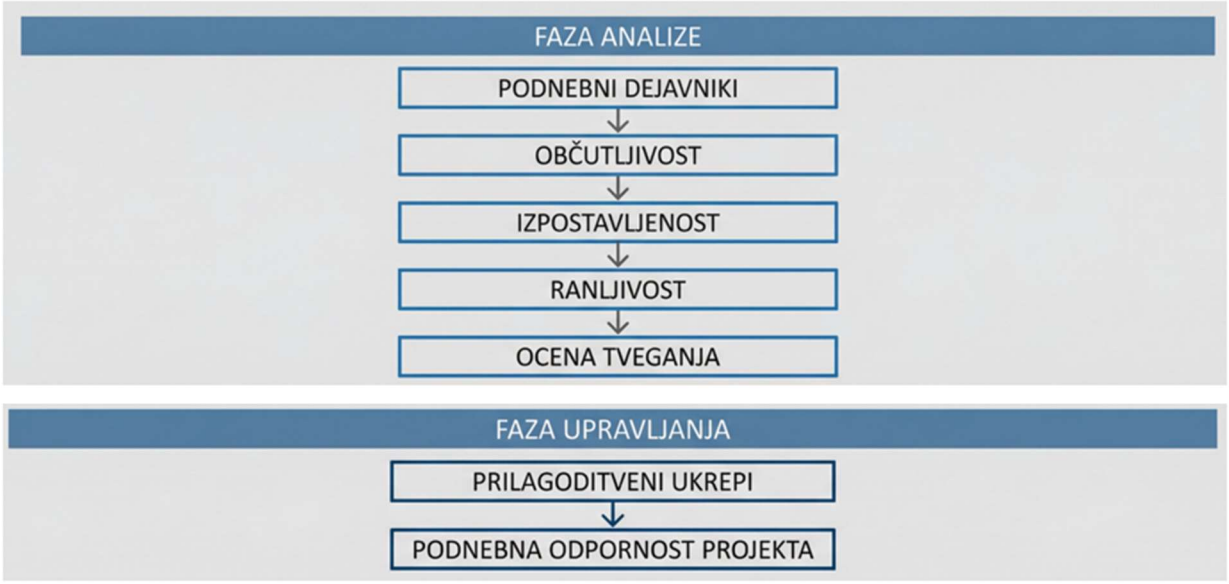
Proces presoje podnebne odpornosti

Presoja je bila izvedena v dveh vsebinsko povezanih fazah:

- faza analize,
- faza obvladovanja tveganj.

Pri tem je bilo upoštevano načelo sorazmernosti glede na naravo projekta, ki predstavlja sanacijo obstoječe prometne infrastrukture in stabilizacijo plazovitega območja.
Ključno načelo presoje je, da tveganje predstavlja funkcijo verjetnosti pojava podnebnega dogodka in resnosti njegovih posledic za infrastrukturo.

Slika 1: Metodološki okvir presoje podnebne odpornosti projekta



FAZA ANALIZE

Opredelitev podnebnih dejavnikov

V prvem koraku so bili identificirani ključni podnebni vplivi, ki lahko pomembno vplivajo na stabilnost, varnost in funkcionalnost obravnavane prometne infrastrukture ter brežine.
Za obravnavano lokacijo so pomembni predvsem intenzivni in dolgotrajni padavinski dogodki, povečan površinski in zaledni odtok, povečana količina vode v zemljini ter posledično zasičenje

zemljinskih slojev. Pomembni so tudi erozijski procesi ter temperaturna nihanja in cikli zmrzovanja in odtajanja.
Poseben pomen ima učinkovito obvladovanje padavinskih voda. Na obravnavanem območju se je pod lokalno cesto sprožil usad, pri katerem je splazila manjša gmota razmočenega materiala zaradi povečane količine vode v zemljini. Na območju se nahaja prepust, ki je speljan pod cesto in se izteka po brežini navzdol. Obstoječe vozišče ima na notranji strani muldo, ki vodi vodo v jaške, od koder se voda skozi prepust odvaja po brežini.

Identifikacija tveganj
Na podlagi prepoznanih podnebnih dejavnikov so bili določeni ključni mehanizmi, ki lahko vplivajo na stabilnost brežine in uporabnost cestnega odseka. Najpomembnejša tveganja so povezana s povečanim zasičenjem zemljin ob intenzivnih oziroma dolgotrajnih padavinah, povečanim površinskim odtokom in obremenitvami sistema odvodnjavanja.
Povečana količina vode v zemljini lahko vpliva na zmanjšanje stabilnosti brežine, razvoj nadaljnjih premikov zemljine in erozijskih procesov ter posledično na poškodbe in deformacije vozišča. Pri vrednotenju tveganj je pomembno tudi dejstvo, da se je nestabilnost na obravnavanem območju že pojavila in povzročila vzdolžne razpoke v lokalni cesti ter lokalne poškodbe asfaltne površine.

Analiza občutljivosti projekta
Ocenjeno je bilo, v kolikšni meri je obravnavana infrastruktura občutljiva na posamezne podnebne vplive glede na značilnosti cestnega odseka, geološko-geotehnične razmere in obstoječe stanje brežine.
Pomembna občutljivost obravnavanega območja je povezana z intenzivnimi in dolgotrajnimi padavinami ter posledičnim povečanjem količine vode v zemljini. Pomembni so tudi površinski in zaledni odtok, erozijsko delovanje vode ter temperaturna nihanja in zmrzlinsko delovanje.
Konkretni podatki o gibanju nivoja podzemne vode na območju niso na voljo, saj ni opazovalnih objektov. Med izvedbo terenskih meritev povečana vlažnost zemljine ni bila zaznana, ob daljšem in intenzivnejšem deževju pa je mogoče pričakovati dvig podtalne vode.

Analiza izpostavljenosti
Presojena je bila stopnja izpostavljenosti območja posega podnebnim vplivom v obstoječem stanju ter ob upoštevanju pričakovanih prihodnjih sprememb podnebja.
Obravnavano območje je izpostavljeno predvsem intenzivnim in dolgotrajnim padavinam, površinskemu odtoku in z njim povezanim erozijskim procesom ter temperaturnim ekstremom in ciklom zmrzovanja in odtajanja. Z vidika stabilnosti brežine je posebej pomembna izpostavljenost padavinam, saj je povečana količina vode v zemljini po geološko-geotehnični dokumentaciji povezana z nastankom obravnavanega usada.
Pri prihodnjem stanju se upoštevajo pričakovane spremembe temperaturnih in padavinskih razmer ter spremembe intenzivnosti ekstremnih vremenskih dogodkov, ki lahko vplivajo na obremenitve brežine, odvodnih elementov in cestne infrastrukture.

Ocena ranljivosti

Ranljivost je določena kot kombinacija občutljivosti projekta in stopnje njegove izpostavljenosti podnebnim vplivom:

ranljivost = občutljivost × izpostavljenost

Pri oceni se upoštevajo značilnosti cestne infrastrukture, geološko-geotehnične razmere, obstoječa nestabilnost brežine, način odvodnjavanja ter izpostavljenost posameznim podnebnim dejavnikom.

Posebno pozornost se namenja vplivu intenzivnih in dolgotrajnih padavin na količino vode v zemljini in posledično stabilnost brežine. Pomen tega dejavnika potrjuje tudi izdelana analiza stabilnosti, v kateri je bila upoštevana voda, ki jo je mogoče pričakovati ob daljših nalivih.

Vrednotenje tveganja

Stopnja tveganja je določena na podlagi verjetnosti pojava posameznega podnebnega dogodka in resnosti njegovih posledic za infrastrukturo.

Vrednotenje je usmerjeno predvsem v tveganja, ki lahko vplivajo na stabilnost brežine, varnost in prevoznost ceste, funkcionalnost sistema odvodnjavanja ter dolgoročno stabilnost podpornih konstrukcij in prometne infrastrukture.

Kot posebej pomembna so obravnavana tveganja zaradi intenzivnih in dolgotrajnih padavin ter posledičnega povečanja količine vode v zemljini in površinskega odtoka, saj lahko ti procesi neposredno vplivajo na stabilnost obravnavanega območja.

FAZA OBVLADOVANJA TVEGANJ

Določitev prilagoditvenih ukrepov

Na podlagi projektne in geološko-geotehnične dokumentacije je za stabilizacijo brežine predvidena kombinacija pilotne stene in podpornega zidu oziroma kamnite zložbe.

Pomemben del sanacije predstavlja tudi ureditev odvodnjavanja, s katerim se zmanjšuje neugoden vpliv vode na obravnavano območje.

Za dolgoročno podnebno odpornost je poleg izvedbe predvidenih konstrukcijskih in odvodnih ukrepov pomembno tudi redno pregledovanje in vzdrževanje odvodnih elementov ter spremljanje stanja brežine in podpornih konstrukcij.

Končna ocena podnebne odpornosti

Na podlagi izvedene analize in predvidenih tehničnih rešitev se ocenjuje, da projekt sanacije plazu na parc. št. 808/1 k. o. 475 Gruškovec izboljšuje odpornost obravnavane brežine in prometne infrastrukture na podnebne vplive, predvsem na intenzivne in dolgotrajne padavinske dogodke ter z njimi povezano povečanje količine vode v zemljini.

Izvedba podpornih konstrukcij zagotavlja povečanje stabilnosti brežine, ureditev drenažnega in meteornega odvodnjavanja pa zmanjšuje neugoden vpliv vode na zemljine in podporne konstrukcije. S tem se zmanjšuje verjetnost nadaljnjih premikov zemljine in poškodb vozišča ter izboljšujeta varnost in dolgoročna funkcionalnost cestne infrastrukture.

Projekt je z vidika podnebne odpornosti ocenjen kot ustrezno zasnovan ob predpostavki ustrezne izvedbe načrtovanih geotehničnih in odvodnih rešitev ter njihovega rednega vzdrževanja.

SPLOŠNI DEL

Podatki nosilca projekta

Investitor in nosilec projekta: Občina Cirkulane, Cirkulane 58, 2282 Cirkulane
Kontaktni podatki – telefon: 02 795 34 20
Kontaktni podatki – e-mail: obcina.cirkulane@cirkulane.si

Namen in cilj presoje

Namen elaborata je oceniti vpliv sedanjih in prihodnjih podnebnih sprememb na stabilnost brežine, cestne infrastrukture, varnost prometa ter dolgoročno funkcionalnost projekta sanacije plazu na parc. št. 808/1 k. o. 475 Gruškovec v Občini Cirkulane. Presoja je usmerjena v preveritev odpornosti predvidenih tehničnih rešitev na podnebno pogojene obremenitve, zlasti na intenzivne in dolgotrajne padavinske dogodke, povečan površinski in zaledni odtok, povečanje količine vode v zemljini ter erozijske procese. Upoštevani so tudi vplivi temperaturnih nihanj ter ciklov zmrzovanja in odtajanja. Cilj elaborata je prepoznati podnebna tveganja, ki lahko vplivajo na stabilnost obravnavanega območja in povzročijo nadaljnje poškodbe prometne infrastrukture, ter preveriti ustreznost predvidenih prilagoditvenih ukrepov. Poseben poudarek je na vplivu padavinskih voda na geotehnične razmere, stabilnost brežine in delovanje sistema odvodnjavanja. Na obravnavanem območju se je pod lokalno cesto sprožil usad. Zaradi povečane količine vode v materialu je splazila manjša gmota razmočenega materiala, posledice premikov pa se kažejo v vzdolžnih razpokah vozišča in lokalno odlomljenih delih asfaltne površine. Na območju se nahaja prepust, ki je speljan pod cesto in se izteka po brežini navzdol. Obstoječa mulda na notranji strani ceste odvaja padavinsko vodo v jaške, od koder se ta skozi prepust odvaja po brežini. Projektna dokumentacija predvideva kombinacijo ukrepov za stabilizacijo brežine in ureditev odvodnjavanja. Za stabilizacijo brežine je predvidena izvedba pilotne stene z uvrtanimi armiranobetonskimi piloti ter težnostnega podpornega zidu oziroma kamnite zložbe. Pomemben del sanacije predstavlja tudi drenažno in kontrolirano odvajanje meteornih voda, s čimer se zmanjšuje neugoden vpliv vode na zemljine in podporne konstrukcije.
Presoja temelji na načelu preventivnega ukrepanja ter podpira sprejemanje strokovno utemeljenih, trajnostno naravnanih in investicijsko odgovornih odločitev ob upoštevanju geološko-geotehničnih in podnebnih značilnosti obravnavanega območja.

Pregled obravnavanih lokacij

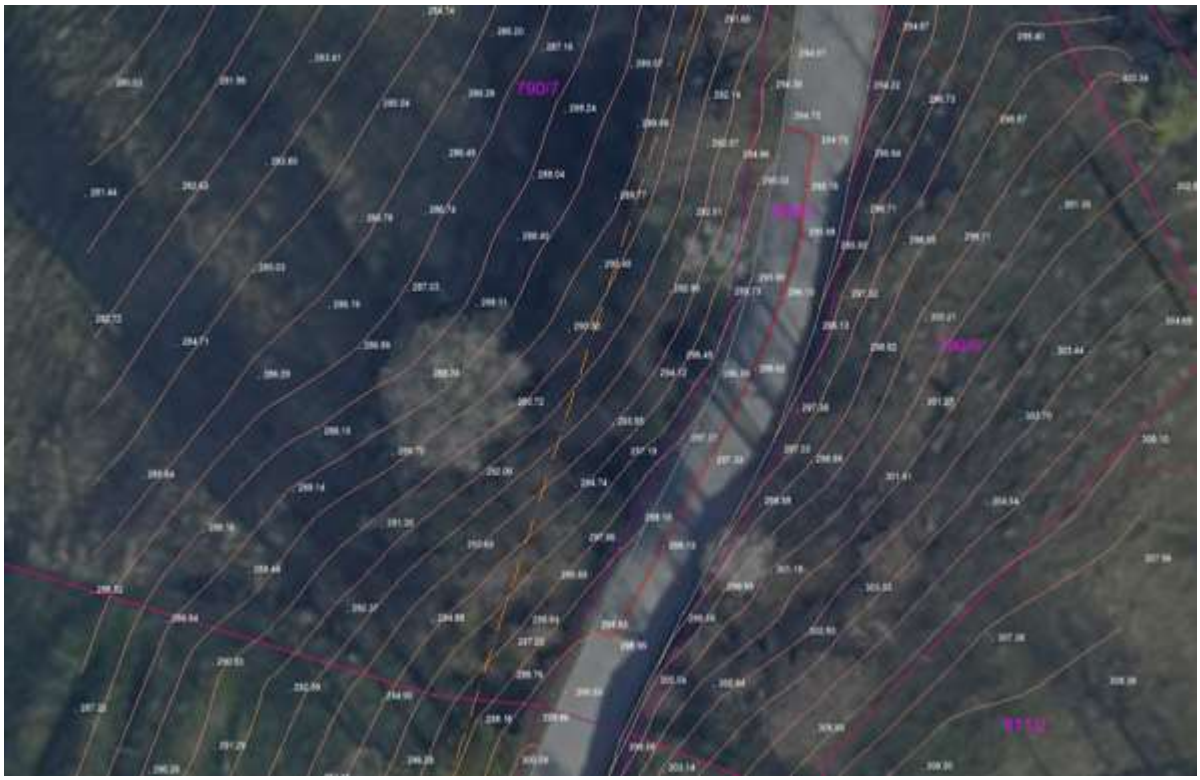
Naročnik elaborata podnebnih sprememb, Občina Cirkulane, želi pridobiti informacije o vplivih podnebnih sprememb na projekt sanacije plazu na parc. št. 808/1 k. o. 475 Gruškovec, na območju lokalne ceste v bližini objekta Gruškovec 111.
Slika 2: Makrolokacija



Slika 3: Mikrolokacija



Slika 4: Situacija obravnavane lokacije



Slika 5: Slika s terena



Obravnavana lokacija se nahaja na območju lokalne ceste na parc. št. 808/1 k. o. 475 Gruškovec, v bližini objekta Gruškovec 111. Pod lokalno cesto se je sprožil usad, pri katerem je zaradi povečane količine vode v materialu splazila manjša gmota razmočene zemljine. Posledice se kažejo v vzdolžnih razpokah na vozišču in lokalnih poškodbah asfaltne površine. Na območju se nahaja tudi prepust, ki je speljan pod cesto in se izteka po brežini navzdol. V skladu z usmeritvami za pripravo projektne dokumentacije in izvedbo obnovitvenih del v pristojnosti občin na podlagi Zakona o odpravi posledic naravnih nesreč se obnova

infrastrukture načrtuje in izvaja tako, da se ponovno vzpostavi njena funkcionalnost ter zmanjša možnost ponovnega poškodovanja zaradi primerljivih vzrokov. Pri obnovi je treba upoštevati tudi pričakovane vplive podnebnih sprememb.
Namen elaborata vpliva podnebnih sprememb na projekt oziroma presoje podnebne odpornosti je analiza vplivov prihodnjih podnebnih sprememb na obravnavani projekt ter ocena ustreznosti njegove prilagoditve na prihodnje podnebne razmere.
Cilj načrtovanih ureditev je izboljšati stabilnost obravnavanega območja in odpornost prometne infrastrukture na obstoječe in prihodnje pričakovane vremenske vplive ter zmanjšati možnost ponovnega razvoja nestabilnosti in poškodb cestne infrastrukture zaradi primerljivih vzrokov.

Dokument je izdelan v skladu s Smernicami organa upravljanja za krepitev podnebne odpornosti infrastrukture v obdobju 2021–2027 in dokumentom Navodila za projektne vodje: zagotavljanje odpornosti ranljivih investicij na podnebne spremembe (Non-paper Guidelines for Project Managers: Making Vulnerable Investments Climate Resilient).
Po navedenih smernicah je elaborat razdeljen na naslednje sklope:

- analiza občutljivosti,
- analiza izpostavljenosti za obstoječe in prihodnje stanje,
- ocena ranljivosti za obstoječe in prihodnje stanje,
- ocena tveganja ter
- opredelitev prilagoditvenih ukrepov.

Naročnik elaborata, tj. Občina Cirkulane, je pristopil k sanaciji plazu na parc. št. 808/1 k. o. 475 Gruškovec. Na podlagi projektne in geološko-geotehnične dokumentacije je za stabilizacijo brežine predvidena kombinacija pilotne stene in podpornega zidu oziroma kamnite zložbe. Pomemben del sanacije predstavlja tudi ureditev odvodnjavanja, saj je povečana količina vode v zemljini povezana z nastankom obravnavanega usada.

Projektna dokumentacija predvideva ureditev drenažnega odvodnjavanja ob podporni konstrukciji ter kontrolirano odvajanje meteornih voda po brežini. Z izvedbo predvidenih konstrukcijskih in odvodnih ukrepov se izboljšuje stabilnost območja ter zmanjšuje možnost nadaljnjih premikov zemljine in posledičnih poškodb cestne infrastrukture.

TEHNIČNI DEL

T.1. Geografske in geološke značilnosti lokacij

Občina Cirkulane leži v severovzhodnem delu Slovenije, na območju Haloz. Za območje občine je značilen razgiban gričevnat relief s številnimi slemeni, pobočji in vmesnimi dolinami. Poselitev je razpršena in je prilagojena reliefnim značilnostim območja, prometne povezave pa pogosto potekajo po pobočjih in dolinah.
Razgiban relief pomembno vpliva na odtekanje padavinskih voda. Voda se z višje ležečih delov terena odvaja proti nižjim predelom, ob intenzivnih ali dolgotrajnih padavinah pa se lahko povečata površinski odtok in količina vode v zemljini. Te značilnosti so pomembne tudi z vidika stabilnosti pobočij in cestne infrastrukture.
Obravnavani projekt se nahaja v naselju Gruškovec, na območju lokalne ceste na parc. št. 808/1 k. o. 475 Gruškovec, v bližini objekta Gruškovec 111. Gre za pobočno območje, na katerem se je pod lokalno cesto sprožil usad, zato so za presojo podnebne odpornosti pomembne predvsem lokalne reliefne, geološke in hidrološke značilnosti ter način odvajanja padavinskih voda.

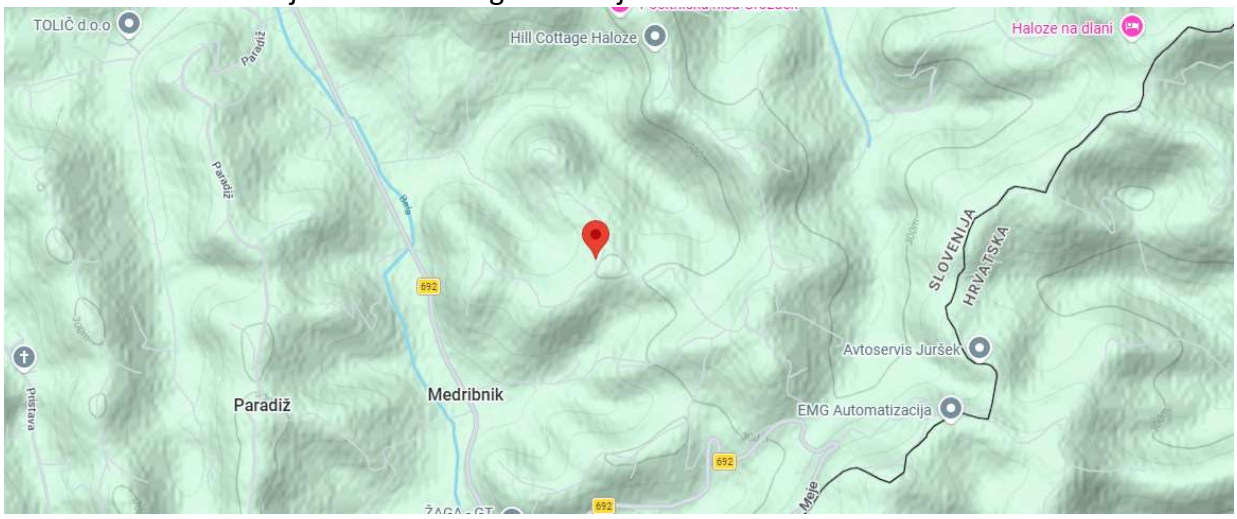
Slika 6: Lokacije Občine Cirkulane



Relief in morfološke značilnosti območja
Obravnavana lokacija se nahaja v naselju Gruškovec na območju Haloz, za katerega je značilen razgiban gričevnat relief s številnimi pobočji, slemeni in vmesnimi dolinami. Lokalna cesta na območju posega poteka po pobočnem terenu, pri čemer se teren na zunanji strani ceste spušča po brežini.

Reliefne značilnosti pomembno vplivajo na odtekanje padavinskih voda. Ob intenzivnih ali dolgotrajnih padavinah se poveča površinski odtok, hkrati pa se lahko poveča tudi količina vode v zemljini. Na obravnavani lokaciji je ta povezava posebej pomembna, saj se je pod lokalno cesto že sprožil usad, pri katerem je splazila manjša gmota razmočenega materiala. Na območju se nahaja prepust, ki je speljan pod cesto in se izteka po brežini navzdol. Padavinska voda se z notranje strani vozišča preko mulde odvaja v jaške in nato skozi prepust po brežini. Način odvajanja vode je zato neposredno povezan z morfološkimi značilnostmi lokacije.
Z vidika podnebne odpornosti so pomembni predvsem intenzivni in dolgotrajni padavinski dogodki, povečan površinski odtok ter povečana količina vode v zemljini. Zaradi pobočne lege je za dolgoročno stabilnost območja pomembno ustrezno odvajanje padavinskih in drenažnih voda ter preprečevanje njihovega nekontroliranega odtekanja oziroma zadrževanja na območju brežine.

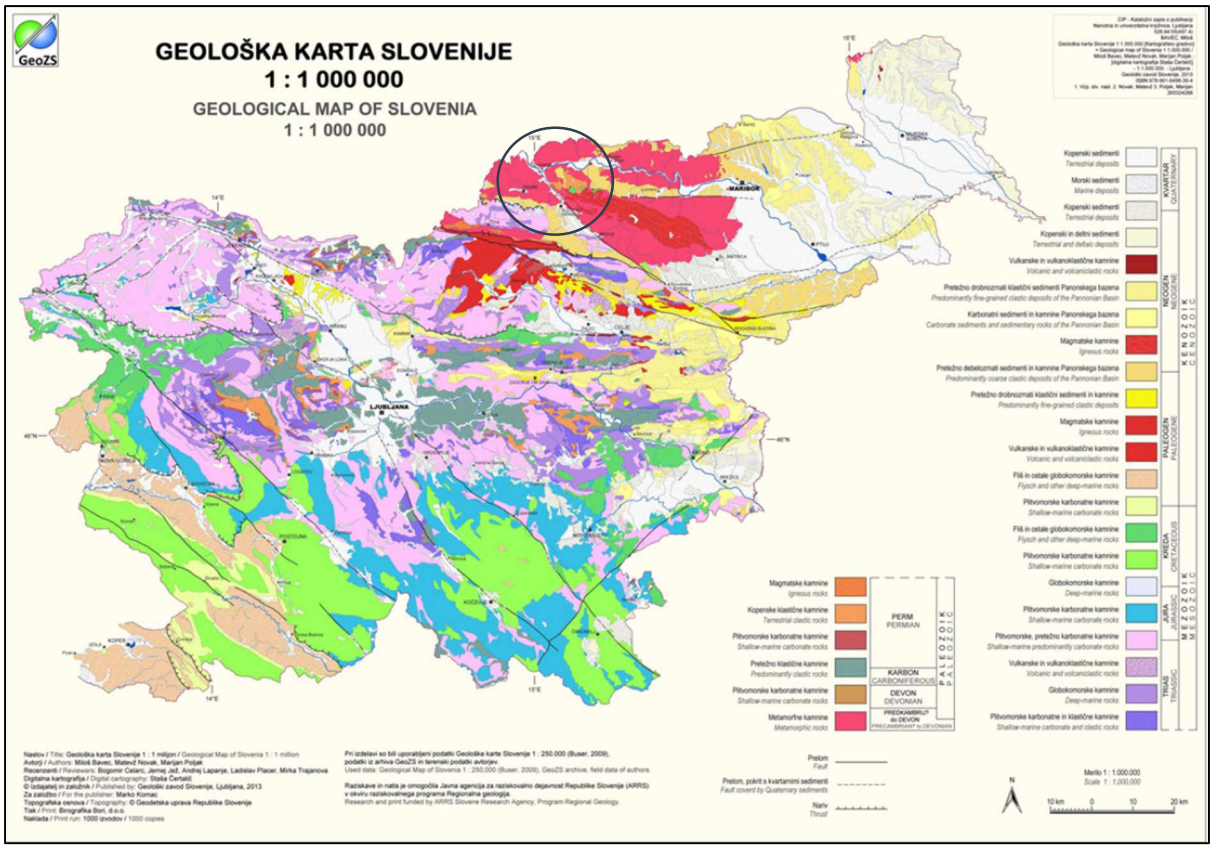
Slika 7: Relief in lokacija obravnavanega območja



Geologija obravnavanega območja

Geološka zgradba obravnavanega območja je pomembna predvsem z vidika stabilnosti brežine in njenega odziva na povečano količino vode v zemljini. Obravnavana lokacija je prikazana na Osnovni geološki karti Slovenije – List Rogatec.
V geotektonskem smislu območje leži v enoti Južne Karavanke in pripada podenoti Haloška antiklinala. Glede na geološko karto se na območju pojavljajo plasti helvetijske starosti, ki jih sestavljajo pesek, peščenjak, konglomerat, lapor in breča.

Slika 8: Geološka karta Slovenije [GeoZS]

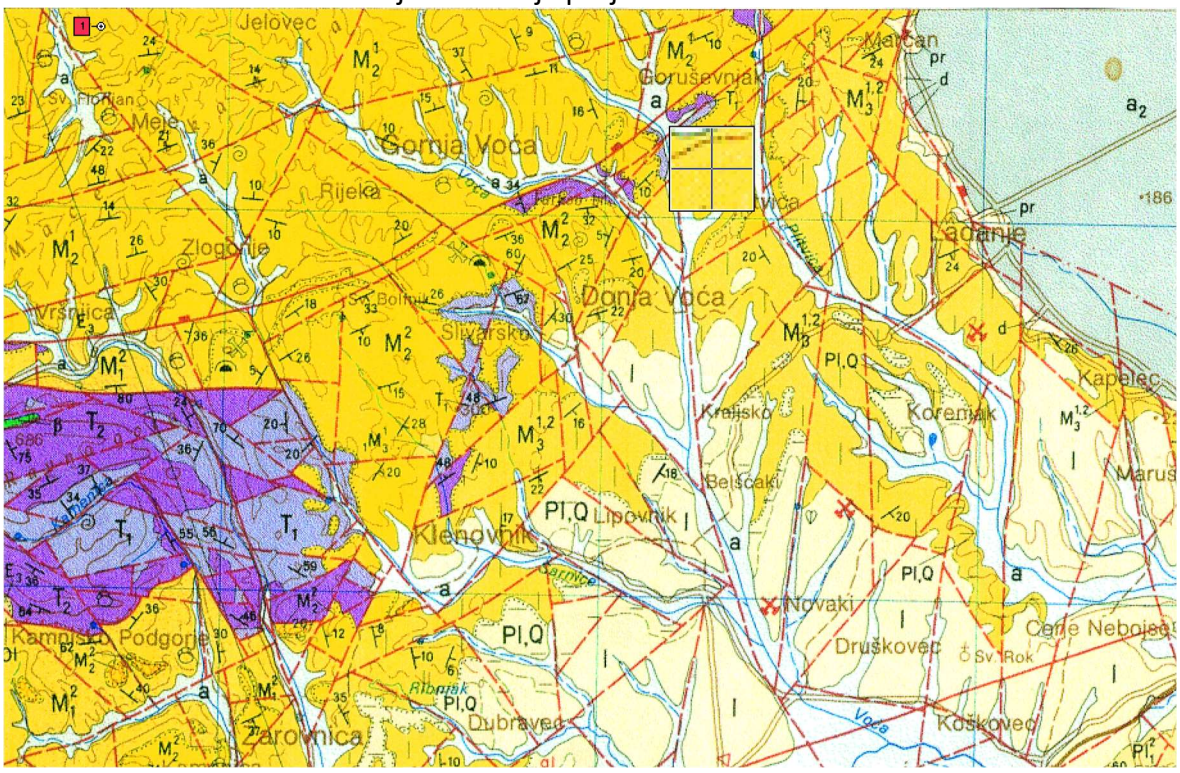


Za konkretno lokacijo so bile v okviru priprave geološko-geotehnične dokumentacije izvedene tudi terenske raziskave. Izvedenih je bilo šest meritev z dinamičnim penetrometrom in ena strukturna vrtina. Raziskave so pokazale, da se na območju pojavljajo različni zemeljski in hribinski sloji.

V strukturni vrtini je bilo v zgornjem delu ugotovljeno umetno prodnato-peščeno nasutje, pod njim peščena glina z vložki grušča, globlje konglomerat ter prehod v peščenjak. Takšna sestava je bila upoštevana v geološko-geotehnični dokumentaciji pri presoji stabilnosti in izbiri načina sanacije.

Z vidika podnebne odpornosti je pomembna predvsem povezava med geološkimi razmerami in vodo. Konkretni podatki o gibanju nivoja podzemne vode na lokaciji niso na voljo, saj na območju ni opazovalnih objektov. Med izvedbo terenskih raziskav povečana vlažnost zemljine ni bila zaznana, po geološko-geotehničnem poročilu pa je ob daljšem in intenzivnejšem deževju mogoče pričakovati povečanje količine vode v zemljini.

Slika 9: Geološka karta Slovenije - območje projekta



Legenda

Rec	OPIS_SIF	STAROST
1	Pesek, peščenjak, konglomerat, lapor, breča (helvet)	M2/1

List Rogatec

Obravnavana lokacija je na geološki karti Slovenije – List Rogatec označena s številko 1. V geotektonskem smislu leži v geotektonski enoti Južne Karavanke in pripada podenoti Haloška antiklinala. Na območju se pojavljajo plasti helvetijske starosti, ki jih sestavljajo pesek, peščenjak, konglomerat, lapor in breča. Obravnavana lokacija leži severno od Donačkega preloma.

Projektni pospešek tal znaša 0,125 g, tla pa so v projektni dokumentaciji opredeljena kot tip A – skala ali druga skali podobna geološka formacija, na kateri je največ 5 m slabšega površinskega materiala.

Z vidika stabilnosti obravnavane lokacije je pomembna kombinacija pobočne lege, geološke sestave ter vpliva površinskih in padavinskih voda. Pomen vode potrjuje tudi obstoječe stanje, saj geološko-geotehnična dokumentacija nastanek usada povezuje s povečano količino vode v materialu.

Ob intenzivnih in dolgotrajnih padavinah se lahko povečata površinski odtok in količina vode v zemljini, zato je ustrezno odvodnjavanje eden pomembnejših dejavnikov dolgoročne stabilnosti območja. Pri načrtovani sanaciji je temu namenjena posebna pozornost z ureditvijo drenažnega in meteornega odvodnjavanja.

Za presojo podnebne odpornosti zato ni bistveno podrobno geotehnično vrednotenje posameznih slojev, temveč ugotovitev, da lahko spremembe padavinskih razmer in z njimi povezana povečana količina vode vplivajo na stabilnost pobočnega območja. Tehnično vrednotenje geoloških in geotehničnih razmer ter izbira ustreznega načina sanacije sta obravnavana v projektni in geološko-geotehnični dokumentaciji.

T.2. Analiza občutljivosti

Analiza občutljivosti obravnava dovzetnost načrtovanega infrastrukturnega posega za vplive podnebnih sprememb glede na reliefne in geološke značilnosti območja, vpliv vode ter tehnične značilnosti prometne infrastrukture in načrtovane sanacije. Obravnavana lokacija se nahaja na pobočnem območju v naselju Gruškovec. Lokalna cesta poteka po razgibanem terenu, pri čemer se teren na zunanji strani ceste spušča po brežini. Pod cesto se je sprožil usad, posledice premikov pa so vidne tudi na vozišču v obliki vzdolžnih razpok in lokalnih poškodb asfaltne površine.

Za obravnavano lokacijo je posebej pomemben vpliv vode. Geološko-geotehnična dokumentacija nastanek usada povezuje s povečano količino vode v materialu. Ob intenzivnih ali dolgotrajnih padavinah se lahko povečata površinski odtok in količina vode v zemljini, kar lahko neugodno vpliva na stabilnost brežine. Pomemben dejavnik predstavlja tudi odvajanje padavinskih voda. Na območju se nahajajo mulda, jaški in prepust pod cesto, preko katerih se voda odvaja po brežini. Ustrezno in kontrolirano odvodnjavanje je zato pomembno za zmanjševanje vpliva vode na obravnavano območje.

Občutljivost projekta je primarno povezana z intenzivnimi in dolgotrajnimi padavinami, povečanim površinskim odtokom, povečano količino vode v zemljini ter posledičnim vplivom na stabilnost brežine in cestne infrastrukture. Upoštevani so tudi temperaturni vplivi ter cikli zmrzovanja in odtajanja, ki lahko vplivajo na stanje prometne infrastrukture.
Analiza je izvedena z uporabo tristopenjske lestvice občutljivosti, ki omogoča jasno in primerljivo vrednotenje vpliva posameznih podnebnih dejavnikov na stabilnost in funkcionalnost obravnavane infrastrukture.

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

Stopnja	Občutljivost	Razlaga
	Nizka	Vpliv podnebnih sprememb je zanemarljiv.
	Srednja	Podnebni vplivi imajo lahko zmeren vpliv na projekt.
	Visoka	Vpliv podnebnih sprememb na projekt je izrazit.

Ključni elementi infrastrukture z vidika občutljivosti

Občutljivost obravnavane lokacije je v veliki meri povezana s pobočno lego in vplivom vode. Ob intenzivnih oziroma dolgotrajnih padavinah se povečata površinski odtok in količina vode,

ki pronica v tla. Ker se je na območju nestabilnost že pojavila, je vpliv padavinskih voda eden pomembnejših dejavnikov pri presoji podnebne občutljivosti projekta.

Pomembne so tudi geološke značilnosti območja. Terenske raziskave so pokazale prisotnost različnih zemeljskih in hribinskih slojev, njihove značilnosti pa so bile upoštevane pri načrtovanju sanacije. Za presojo podnebne odpornosti je pomembno predvsem dejstvo, da se lahko razmere ob povečani količini vode v zemljini spremenijo in vplivajo na stabilnost brežine.

Poseben pomen ima sistem odvodnjavanja. Padavinske vode se na območju preko mulde in jaškov usmerjajo v prepust pod cesto ter nato po brežini. Učinkovito in kontrolirano odvajanje površinskih in drenažnih voda zmanjšuje možnost njihovega neugodnega vpliva na brežino in prometno infrastrukturo.

Na občutljivost vpliva tudi funkcija lokalne ceste. Morebitni nadaljnji premiki brežine ali poškodbe vozišča lahko zmanjšajo varnost in prevoznost cestnega odseka, zato je pri načrtovani sanaciji pomembno zagotoviti dolgoročno stabilnost območja in zanesljivo delovanje prometne infrastrukture.

Tabela 2: Ocena občutljivosti projekta glede na podnebne dejavnike

Podnebni dejavnik	**Mehanizem vpliva na infrastrukturo**	**Stopnja občutljivosti**
Intenzivne in dolgotrajne padavine	Povečan površinski odtok in povečana količina vode v zemljini lahko vplivata na stabilnost brežine ter posledično na cestno infrastrukturo.	Visoka
Kratkotrajni ekstremni nalivi	Hiter površinski odtok lahko poveča obremenitev odvodnih elementov ter povzroči nekontrolirano odtekanje vode po brežini in erozijske procese.	Visoka
Zmrzovanje in odtajanje	Ponavljajoči se cikli zmrzovanja in odtajanja lahko ob prisotnosti vode vplivajo na stanje zemljine, brežine in cestne infrastrukture.	Srednja
Daljša sušna obdobja	Sušna obdobja lahko vplivajo na stanje površinskih slojev zemljine, vendar za obravnavani projekt ne predstavljajo ključnega dejavnika občutljivosti.	Nizka
Povečana pogostost ekstremnih vremenskih dogodkov	Pogostejše intenzivne padavine lahko povečajo obremenitve brežine in sistema odvodnjavanja ter možnost ponovnih poškodb cestne infrastrukture.	Visoka

Vpliv na izvedbo projekta in uporabnike

Pri presoji občutljivosti sta upoštevani dve ključni področji:

A – Proces izvedbe projekta

Podnebni vplivi lahko otežijo izvajanje zemeljskih del ter izvedbo podpornih konstrukcij in ureditev odvodnjavanja. Intenzivne in dolgotrajne padavine lahko povzročijo povečano količino vode v zemljini in razmočenost terena, s tem pa otežijo izvedbo del. Med gradnjo je zato pomembno ustrezno začasno odvodnjavanje in zaščita območja gradnje pred nenadzorovanim dotokom padavinskih voda.

B – Uporabnik infrastrukture

Nadaljnji premiki brežine, poškodbe vozišča ali neustrezno odvajanje padavinskih voda lahko vplivajo na prometno varnost in prevoznost lokalne ceste. Z vidika uporabnikov je zato pomembno, da se z načrtovano sanacijo zagotovi stabilnost brežine ter varna in zanesljiva uporaba cestnega odseka tudi ob intenzivnejših vremenskih dogodkih.

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

Podnebni dejavnik / vpliv	Ključni mehanizem vpliva	A – Proces izvedbe projekta	B – Uporabnik
Intenzivne in dolgotrajne padavine	Povečan površinski odtok, povečana količina vode v zemljini in razmočenost terena	**Visoka**	**Visoka**
Kratkotrajni ekstremni nalivi	Hiter površinski odtok, povečana obremenitev odvodnih elementov in možnost erozijskega delovanja vode	**Visoka**	**Visoka**
Zmrzovanje in odtajanje	Vpliv na stanje zemljine in cestne infrastrukture, zlasti ob prisotnosti vode	**Srednja**	**Srednja**
Daljša sušna obdobja	Možne spremembe stanja površinskih slojev zemljine, vendar omejen vpliv na obravnavani projekt	**Nizka**	**Nizka**
Povečana pogostost ekstremnih vremenskih dogodkov	Pogostejše obremenitve brežine, cestne infrastrukture in sistema odvodnjavanja	**Visoka**	**Visoka**
Povečan površinski in zaledni odtok	Večja količina vode na območju brežine in povečana obremenitev sistema odvodnjavanja	**Visoka**	**Visoka**
Nezadostno oziroma ovirano odvajanje vode	Zastajanje ali nekontrolirano odtekanje vode ter povečan neugoden vpliv vode na območje brežine	**Visoka**	**Visoka**
Povečana količina vode v zemljini	Razmočenost terena in neugoden vpliv na stabilnost brežine	**Visoka**	**Visoka**

Analiza potrjuje, da so za obravnavani projekt ključni predvsem dejavniki občutljivosti, povezani z intenzivnimi in dolgotrajnimi padavinami, povečanim površinskim in zalednim odtokom ter povečano količino vode v zemljini.
Občutljivost obravnavane lokacije je povezana s kombinacijo pobočne lege, geoloških značilnosti območja in pomena učinkovitega odvodnjavanja. Največji vpliv imajo intenzivni in dolgotrajni padavinski dogodki, ki lahko povečajo površinski odtok in količino vode v zemljini ter s tem neugodno vplivajo na stabilnost brežine in cestne infrastrukture.
Rezultati analize kažejo, da ustrezno urejeno in vzdrževano odvodnjavanje predstavlja enega ključnih dejavnikov za zagotavljanje dolgoročne stabilnosti in podnebne odpornosti obravnavanega območja. Občutljivost projekta je zato primarno povezana z obvladovanjem padavinskih voda ter zmanjševanjem njihovega neugodnega vpliva na brežino in prometno infrastrukturo.
.

T.3. Analiza izpostavljenosti v obstoječem in prihodnjem stanju

Analiza izpostavljenosti obravnava, v kolikšni meri je območje projekta izpostavljeno posameznim podnebnim dejavnikom v obstoječih razmerah ter kako se lahko ta izpostavljenost spremeni v prihodnosti. Za splošni prikaz podnebnih značilnosti širšega območja so uporabljeni podatki meteorološke postaje Maribor – Tabor (275 m n. v.). Za natančnejšo opredelitev razmer na obravnavani lokaciji so uporabljeni prostorski klimatski podatki ARSO, za analizo intenzivnih padavin pa podatki sistema CrossRisk za konkretno lokacijo projekta. Takšen pristop omogoča, da se splošne podnebne značilnosti širšega območja dopolnijo s podatki, ki bolje opisujejo razmere na sami lokaciji projekta.

T.3.1 Izpostavljenost v obstoječemu stanju

Obravnavana lokacija se nahaja v naselju Gruškovec na območju Haloz. Gre za pobočno območje z razgibanim reliefom, kjer lokalna cesta poteka po brežini. Zaradi takšne lege so za projekt pomembni predvsem padavinski dogodki, površinski odtok in povečana količina vode v zemljini. Pod lokalno cesto se je že sprožil usad, geološko-geotehnična dokumentacija pa njegov nastanek povezuje s povečano količino vode v materialu. Izpostavljenost padavinam je zato za obravnavani projekt posebej pomembna. Na območju se padavinske vode preko mulde in jaškov usmerjajo v prepust pod cesto ter nato po brežini. Ob intenzivnih ali dolgotrajnih padavinah se lahko povečata površinski odtok in količina vode v zemljini, zato je z vidika podnebne odpornosti pomembno ustrezno in kontrolirano odvajanje vode. Poleg padavin so pri presoji upoštevane tudi temperaturne razmere, zmrzovanje in odtajanje ter drugi vremenski pojavi, ki lahko vplivajo na cestno infrastrukturo in stanje pobočja.
lokacije imajo največji pomen dejavniki, povezani s padavinami in odvajanjem vode.

Slika 10: Klimatološki prikaz meteorološke postaje Maribor (275 m n. v.) za referenčno obdobje 1981–2010.

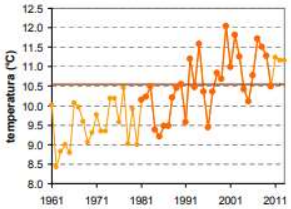
MARIBOR TABOR

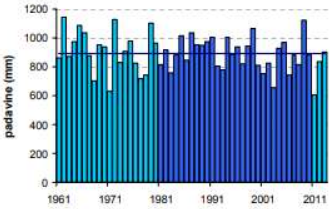
Geografska širina: 46° 32'

Geografska dolžina: 15° 39'

Nadmorska višina: 275 m







	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	LETO
povprečna temperatura (°C)*	–0,2	1,7	6,0	10,8	15,8	19,0	21,0	20,3	15,7	10,7	5,1	0,9	10,6
povprečna najvišja dnevna temperatura (°C)*	3,9	6,6	11,4	16,2	21,3	24,4	26,6	26,1	21,4	16,0	9,2	4,4	15,6
povprečna najnižja dnevna temperatura (°C)*	–3,6	–2,3	1,6	5,9	10,5	13,7	15,6	15,4	11,3	6,8	1,8	–2,0	6,2
absolutno najvišja temperatura (°C)	17,9	21,5	26,0	28,0	33,5	36,0	37,7	38,8	31,4	27,1	21,9	20,7	38,8
absolutno najnižja temperatura (°C)	–21,0	–20,2	–14,8	–5,1	0,6	3,6	6,3	5,5	1,0	–4,3	–12,6	–17,6	–21,0
povprečno število dni z najvišjo temp. < 0 °C	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	19
povprečno število dni z najnižjo temp. < 0 °C	24	19	9	1	0	0	0	0	0	1	10	21	87
povprečno število dni z najvišjo temp. > 25 °C	0	0	0	1	6	13	21	19	6	1	0	0	66
povprečno število dni z najvišjo temp. > 30 °C	0	0	0	0	0	3	6	5	0	0	0	0	14
povprečno trajanje sončnega obsevanja (v urah)*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
povprečna relativna vlažnost ob 7. uri (%)	86	85	83	78	77	76	76	81	88	91	89	88	83
povprečna relativna vlažnost ob 14. uri (%)	67	57	52	50	51	53	50	51	56	61	67	72	57
povprečna relativna vlažnost ob 21. uri (%)	81	76	70	67	70	72	72	75	82	86	85	85	77
povprečna oblačnost ob 7. uri (v desetinah)	6,7	6,1	6,6	6,2	5,6	5,5	4,7	4,7	5,6	6,5	7,1	7,3	6,1
povprečna oblačnost ob 14. uri (v desetinah)	6,6	6,0	6,5	6,5	6,2	6,0	5,1	5,1	5,6	6,0	6,9	7,1	6,1
povprečna oblačnost ob 21. uri (v desetinah)	6,2	5,5	5,8	5,6	5,4	5,7	4,9	4,4	5,0	5,3	6,4	6,7	5,6
povprečno število jasnih dni (oblačnost < 2/10)	4	5	4	3	3	3	6	7	5	4	3	2	49
povprečno število oblačnih dni (oblačnost > 8/10)	13	9	11	9	8	7	5	5	8	10	13	14	111
povprečna višina padavin (mm)*	35	38	57	60	83	107	94	112	99	78	69	61	893
povprečno število dni z vsaj 0,1 mm padavin	9	8	10	13	14	15	13	12	11	10	11	11	137
povprečno število dni z vsaj 1 mm padavin	5	5	7	9	10	11	10	9	8	7	8	8	97
povprečno število dni z vsaj 10 mm padavin	1	2	2	2	3	4	4	4	4	3	3	2	34
povprečno število dni s snežno odejo ob 7. uri	15	12	5	0	0	0	0	0	0	0	3	10	46
povprečna višina snežne odeje ob 7. uri (cm)*	7	7	2	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1,7
največja višina snežne odeje ob 7. uri (cm)	48	60	56	25	1	0	0	0	0	2	35	50	60
vsota dnevnih višin novega snega (cm)*	18	22	9	2	0	0	0	0	0	0	9	22	81

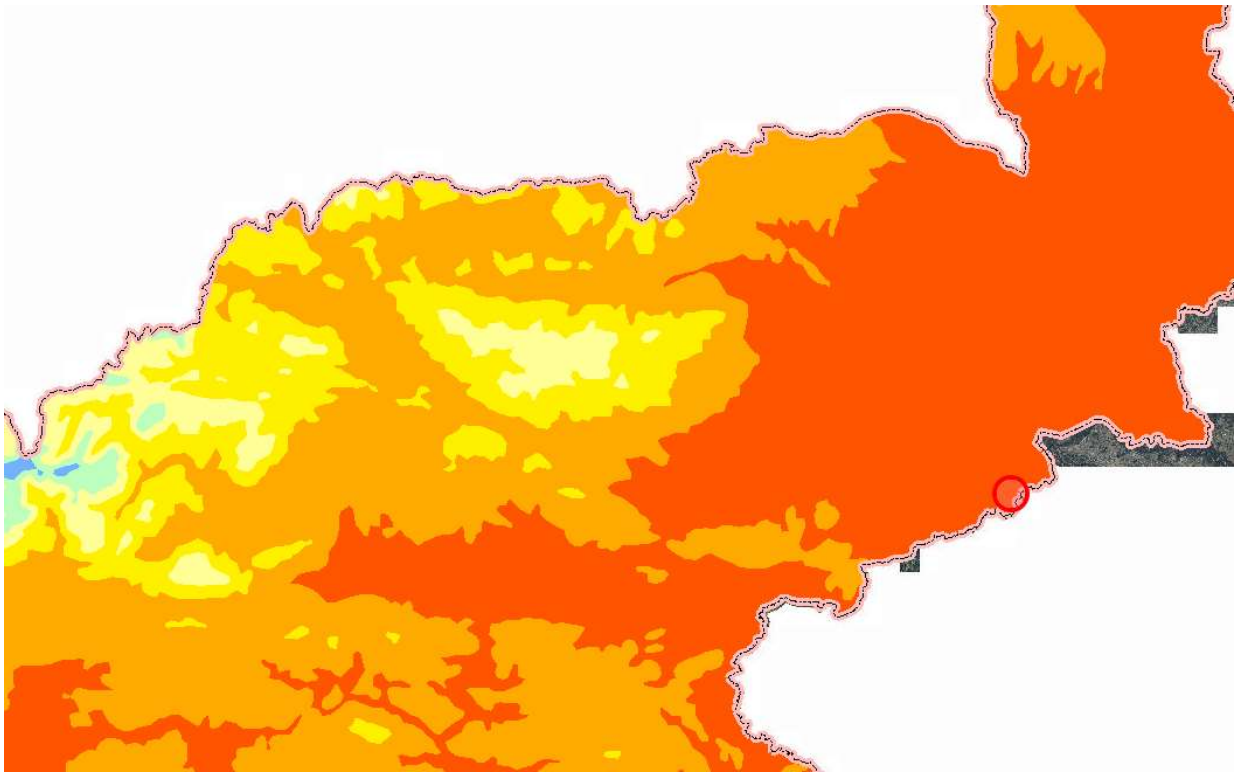
* homogenizirane vrednosti

Obdobje: 1981–2010

Temperaturne razmere

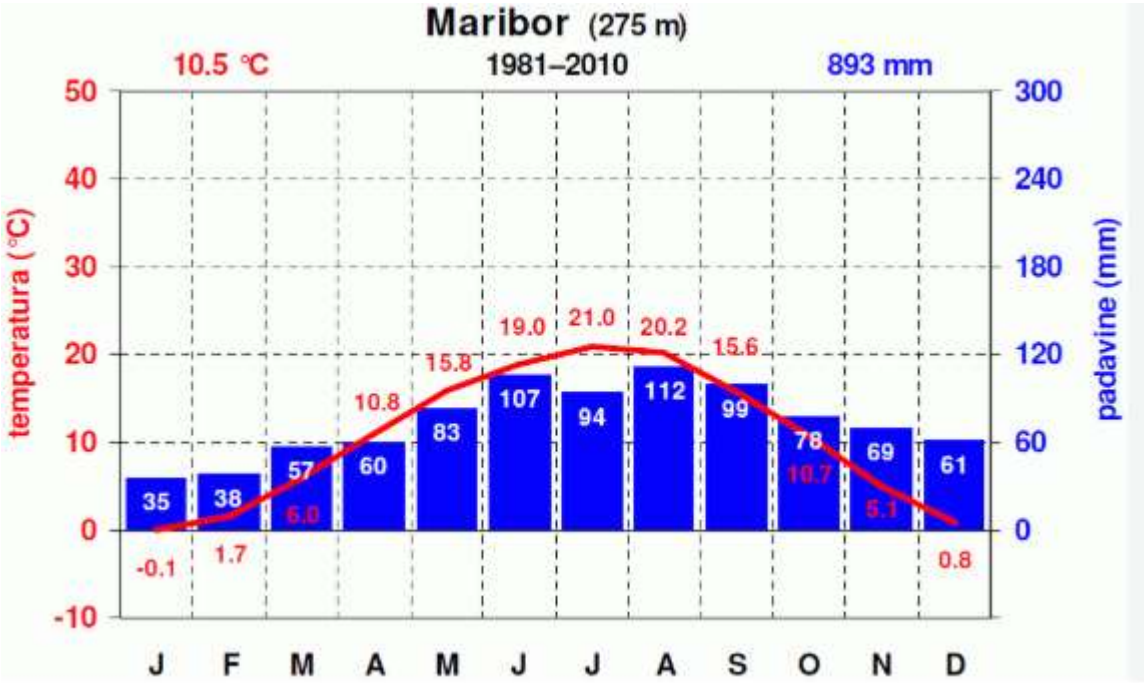
Na podlagi prostorskih klimatskih podatkov ARSO se obravnavana lokacija v Gruškovcu uvršča v temperaturni razred s povprečno letno temperaturo zraka med **10 in 12 °C** za referenčno obdobje 1981–2010.

Slika 11 Povprečna letna temperatura zraka 1981–2010 na območju obravnavane lokacije



Za primerjavo splošnih temperaturnih značilnosti širšega območja so uporabljeni podatki meteorološke postaje Maribor – Tabor. V referenčnem obdobju 1981–2010 je povprečna letna temperatura na tej postaji znašala približno **10,5 °C**.
Povprečne mesečne temperature kažejo značilen letni temperaturni cikel. Najnižja povprečna mesečna temperatura je bila januarja (**–0,1 °C**), najvišja pa julija (**21,0 °C**). Višje temperature so značilne za poletne mesece, v zimskem obdobju pa se pojavljajo temperature okoli in pod ledištem.

Slika 12: Podnebni diagram meteorološke postaje Maribor (1981–2010)


Maribor (275 m)
10.5 °C
1981–2010
893 mm
temperatura (°C)
padavine (mm)
50
40
30
20
10
0
-10
300
240
180
120
60
0
35
38
57
60
83
107
94
112
99
78
69
61
-0.1
1.7
6.0
10.8
15.8
19.0
21.0
20.2
15.6
10.7
5.1
0.8
J F M A M J J A S O N D

Podatki meteorološke postaje Maribor – Tabor za obdobje 1981–2010 kažejo povprečno 87 dni na leto z najnižjo dnevno temperaturo pod 0 °C ter 19 dni na leto, ko najvišja dnevna temperatura ni presegla 0 °C. To kaže na redno pojavljanje zimskih razmer in možnosti ciklov zmrzovanja in odtajanja.
Za prikaz temperaturnih ekstremov so uporabljeni dolgoročni podatki meteorološke postaje Maribor. V obdobju 1948–2019 je bila najvišja izmerjena temperatura 40,6 °C (8. 8. 2013), najnižja pa –23,0 °C (31. 1. 1950). Najvišja povprečna letna temperatura je znašala 12,2 °C leta 2019, najnižja pa 8,3 °C leta 1956.

Tabela 4: Najvišje in najnižje vrednosti izbranih meteoroloških spremenljivk na meteorološki postaji Maribvor v obdobju 1950–2019

Najvišje in najnižje letne, mesečne in dnevne vrednosti izbranih meteoroloških spremenljivk v obdobju 1948–2019

	največ	datum	najmanj	datum
povprečna letna temperatura zraka (°C)	12,2	2019	8,3	1956
absolutna ekstremna temperatura zraka (°C)	40,6	8. 8. 2013	–23,0	31. 1. 1950
letno število mrzlih dni (dni z najnižjo dnevno temperaturo ≤–10 °C)	36	1963	0	1951, 1974, 1975, 2007, 2011, 2014, 2015, 2016, 2019
letno število ledenih dni (dni z najvišjo dnevno temperaturo ≤ 0 °C)	58	1963	0	1974
letno število hladnih dni (dni z najnižjo dnevno temperaturo ≤ 0 °C)	142	1952	40	2014
letno število toplih dni (dni z najvišjo dnevno temperaturo ≥ 25 °C)	110	2003	36	1966
letno število vročih dni (dni z najvišjo dnevno temperaturo ≥ 30 °C)	56	2003	1	1954, 1955, 1964, 1966, 1975, 1978, 1997
letno število toplih ali tropskih noči (dni z najnižjo dnevno temperaturo ≥ 20 °C)	14	2015	0	37 let od 72-ih
letno trajanje sončnega obsevanja (ure) (obdobje 1954–1996)	2204	1961	1464	1972
letna višina padavin (mm)	1304	1962	604	2011
mesečna višina padavin (mm)	284	avg. 2009	0	okt. 1965, dec. 2015
dnevna višina padavin (mm)	119	4. 8. 2009	/	/
letno število dni brez padavin	245	2015	152	1996
letno število dni s padavinami (vsaj z 1 mm)	130	2014	66	2011
letno število dni s snežno odejo	104	1952	3	1989
višina skupne snežne odeje (cm)	88	16. 2. 1952	2	23. 11. 1989
višina novozapadlega snega (cm)	45	27. 12. 1993	/	/

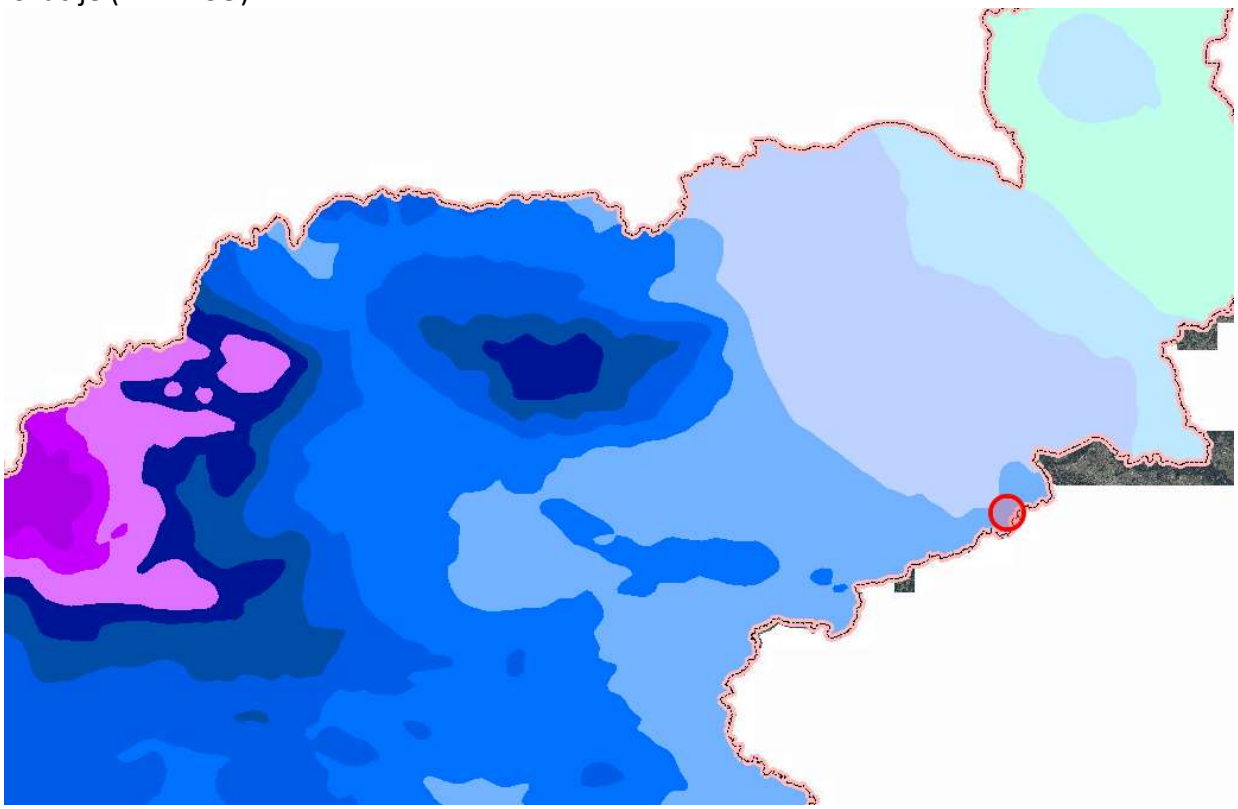
Različica za tiskanje (pdf)

Temperaturne razmere lahko vplivajo na cestno infrastrukturo in stanje površinskih slojev zemljine, predvsem zaradi temperaturnih nihanj ter ciklov zmrzovanja in odtajanja ob prisotnosti vode. Za obravnavano lokacijo pa temperaturni vplivi niso ocenjeni kot glavni dejavnik podnebne izpostavljenosti. Pomembnejši so vplivi, povezani z intenzivnimi in dolgotrajnimi padavinami ter povečano količino vode v zemljini.

Padavinske razmere

Na podlagi prostorskih klimatskih podatkov ARSO prejme območje obravnavanega posega v referenčnem obdobju 1981–2010 povprečno med 1.100 in 1.200 mm korigiranih padavin letno. Padavine so zato pomemben dejavnik pri presoji podnebne izpostavljenosti obravnavane lokacije.

Slika 13: Povprečna letna višina korigiranih padavin 1981–2010 na območju obravnavane lokacije (vir: ARSO)



Za primerjavo splošnih padavinskih značilnosti širšega območja so uporabljeni tudi podatki meteorološke postaje Maribor – Tabor. V referenčnem obdobju 1981–2010 je na tej postaji povprečna letna višina padavin znašala **893 mm**. Prostorski podatek ARSO za konkretno lokacijo projekta kaže višjo povprečno letno količino padavin, zato se pri presoji lokalnih razmer upošteva predvsem prostorski podatek za območje posega.

Padavinske razmere imajo na obravnavani lokaciji pomemben vpliv predvsem zaradi pobočne lege in že evidentirane nestabilnosti brežine. Ob intenzivnih ali dolgotrajnih padavinah se lahko povečata površinski odtok in količina vode v zemljini, kar lahko neugodno vpliva na stabilnost območja.

Pomemben dejavnik je zato ustrezno odvajanje padavinskih voda. Na območju se voda preko mulde in jaškov usmerja v prepust pod cesto ter nato po brežini. Ob večjih količinah padavin se povečajo obremenitve teh elementov in količina vode, ki jo je treba kontrolirano odvesti z območja.

Geološko-geotehnična dokumentacija nastanek obstoječega usada povezuje s povečano količino vode v materialu. Padavinske razmere zato predstavljajo enega ključnih dejavnikov podnebne izpostavljenosti projekta. Posebej pomembni so tako kratkotrajni intenzivni nalivi, ki povzročajo hiter površinski odtok, kot tudi dolgotrajnejše padavine, ki lahko povečujejo količino vode v zemljini.

Ekstremni padavinski dogodki

Za presojo izpostavljenosti obravnavane lokacije intenzivnim padavinam so uporabljeni podatki sistema CrossRisk za konkretno lokacijo projekta. Podatki prikazujejo pričakovane količine padavin glede na trajanje padavinskega dogodka in njegovo povratno dobo.

Tabela 5: IDF vrednosti padavin (intenziteta–trajanje–povratna doba) za obravnavano lokacijo (vir: CrossRisk)

(46.33081, 16.01244)

Precipitation [mm]

Accumulation time	Return period					
	5 years	10 years	25 years	50 years	100 years	250 years
5 min	12	14	16	18	19	21
10 min	18	21	26	30	33	38
15 min	21	26	31	36	41	47
20 min	24	29	35	40	46	53
30 min	27	33	40	46	52	61
45 min	31	37	45	51	58	69
60 min	33	39	48	55	62	73
90 min	35	42	51	58	66	78
2 h	38	45	54	62	70	82
3 h	43	50	59	67	76	88
4 h	47	54	64	72	81	93
5 h	51	58	68	77	86	99
6 h	54	62	73	81	90	104
9 h	62	71	82	92	101	116
12 h	68	77	90	100	110	126
15 h	72	83	96	107	118	134
18 h	76	87	101	112	124	141
24 h	82	94	109	121	133	150
48 h	97	110	128	141	155	174
72 h	106	120	139	153	168	188
96 h	113	128	147	162	177	197
120 h	118	134	153	168	183	204

Podatki za obravnavano lokacijo kažejo, da lahko pri dogodku s 100-letno povratno dobo pade približno 52 mm padavin v 30 minutah, 62 mm v eni uri, 76 mm v treh urah, 133 mm v 24 urah in 168 mm v 72 urah. Pri dogodkih z 250-letno povratno dobo so vrednosti še višje in znašajo približno 61 mm v 30 minutah, 73 mm v eni uri, 88 mm v treh urah, 150 mm v 24 urah in 188 mm v 72 urah.

Kratkotrajni ekstremni nalivi so pomembni predvsem zaradi velike količine padavin v kratkem času. Pri 100-letnem dogodku lahko v 30 minutah pade približno 52 mm, v eni uri pa približno 62 mm padavin. Takšni dogodki lahko povzročijo hitro povečanje površinskega odtoka in povečajo obremenitev sistema odvodnjavanja.

Za obravnavano lokacijo so pomembni tudi dolgotrajnejši padavinski dogodki. Pri 100-letni povratni dobi znaša pričakovana količina padavin približno 133 mm v 24 urah, 155 mm v 48 urah in 168 mm v 72 urah. Dalj časa trajajoče padavine lahko povečujejo količino vode v zemljini, kar je na obravnavani lokaciji pomembno z vidika stabilnosti brežine.

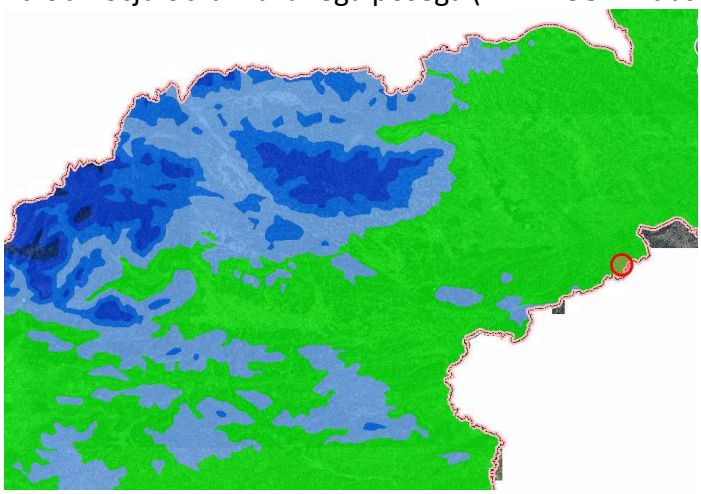
Vpliv obeh vrst dogodkov je zato nekoliko različen. Kratkotrajni intenzivni nalivi povečujejo predvsem površinski odtok in obremenitev odvodnih elementov, dolgotrajnejše padavine pa lahko povečujejo količino vode v zemljini. Oba mehanizma sta pomembna za obravnavano pobočno lokacijo.

Glede na obstoječe stanje in rezultate geološko-geotehničnih raziskav predstavljajo ekstremni padavinski dogodki pomemben dejavnik podnebne izpostavljenosti. Ustrezna ureditev in dolgoročno vzdrževanje odvodnjavanja sta zato pomembna za zmanjševanje vpliva padavinskih voda na brežino in cestno infrastrukturo.

Snežne in zimske obremenitve

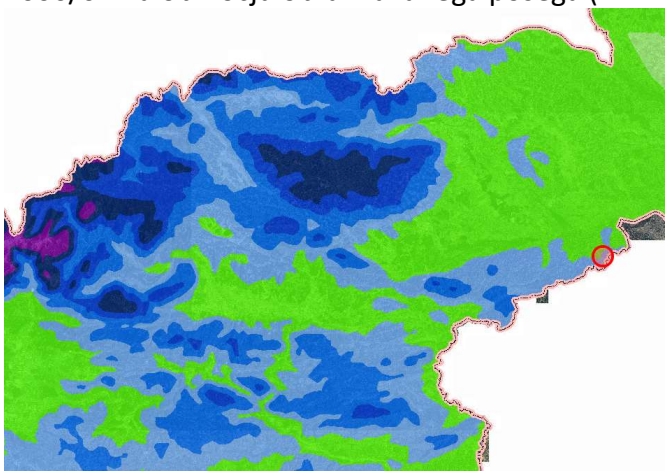
Po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO), pridobljenih iz prostorskih klimatskih slojev Atlasa okolja, so snežne in zimske razmere na obravnavanem območju reden sezonski pojav. V obdobju 1971/72–2000/01 je povprečno število dni s snežno odejo znašalo najmanj 25 dni na sezono.

Slika 14: Prostorski prikaz povprečnega števila dni s snežno odejo v sezoni 1971/72–2000/01 na območju obravnavanega posega (vir: ARSO – Atlas okolja)



Povprečna skupna višina novozapadlega snega je v obdobju 1971/72–2000/01 znašala med 100 in 140 cm na sezono. Snežna odeja tako predstavlja običajen del zimskih razmer na obravnavanem območju.

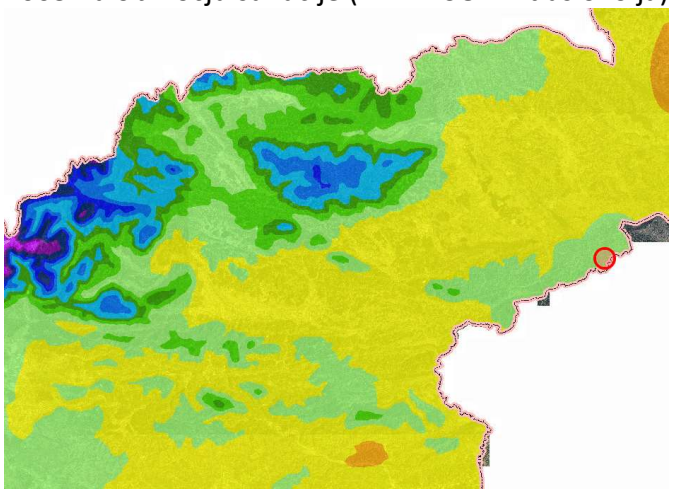
Slika 15: Prostorski prikaz povprečne skupne višine novozapadlega snega v sezoni 1971/72–2000/01 na območju obravnavanega posega (vir: ARSO – Atlas okolja)



Snežna odeja na obravnavani lokaciji ne predstavlja primarnega dejavnika podnebnega tveganja, lahko pa vpliva na količino vode na območju. Ob taljenju snega se poveča količina vode, ki odteka po površini oziroma pronica v tla. Če taljenje snega sovpada s padavinami, so

lahko vodne obremenitve še večje. Zaradi pobočne lege je zato pomembno ustrezno odvajanje vode z območja ceste in brežine.
Po prostorskih podatkih ARSO znaša največja snežna obtežba s povratno dobo 50 let za obdobje 1951–2005 na obravnavanem območju med 1,5 in 2,0 kN/m².

Slika 16: Prostorski prikaz največje snežne obtežbe s povratno dobo 50 let za obdobje 1951–2005 na območju sanacije (vir: ARSO – Atlas okolja)



Z vidika prometne infrastrukture predstavljajo pomemben zimski dejavnik tudi cikli zmrzovanja in odtajanja. Njihov vpliv je pomembnejši ob prisotnosti vode, saj lahko ponavljajoče se zmrzovanje in odtajanje vpliva na stanje vozišča in površinskih slojev zemljine. Za obravnavano lokacijo je pomembna tudi povezava med zimskimi razmerami in stabilnostjo brežine. Taljenje snežne odeje lahko skupaj s padavinami poveča količino vode v zemljini. Ker je bila povečana količina vode v materialu prepoznana kot pomemben dejavnik pri nastanku obstoječega usada, je treba ta vpliv upoštevati tudi pri presoji podnebne izpostavljenosti. Snežne in zimske obremenitve so na obravnavanem območju pomemben, vendar ne prevladujoč dejavnik podnebne izpostavljenosti. Večji pomen imajo intenzivne in dolgotrajne padavine, povečan površinski odtok ter povečana količina vode v zemljini, ki lahko neposredno vplivajo na stabilnost brežine in cestne infrastrukture.

Lokacijska izpostavljenost

Obravnavana lokacija sanacije plazu na parc. št. 808/1, k. o. 475 Gruškovec, je umeščena v gričevnat in reliefno razgiban svet Haloz. Cesta poteka po pobočnem terenu, pri čemer se pod vozišče teren spušča po brežini. Takšna reliefna lega pomembno vpliva na odtekanje površinskih in zalednih voda ter povečuje občutljivost območja na erozijske procese in pobočne premike.
Geološko zgradbo območja sestavljajo nasutje, peščena glina z gruščem ter podlaga iz konglomerata in peščenjaka. Različne geomehanske in hidrogeološke lastnosti posameznih plasti vplivajo na način pronicanja in zadrževanja vode v pobočju. Ob povečani vsebnosti vode se lahko zmanjšajo trdnostne lastnosti zemljin, kar je z vidika obstoječega usada oziroma plazu posebej pomembno.

Lokacija je zaradi pobočne lege izpostavljena predvsem intenzivnim in dolgotrajnim padavinam. Padavinska voda se z višje ležečih delov terena usmerja proti območju ceste, kjer se zbira in odvaja preko obstoječih elementov odvodnjavanja. Voda se preko mulde in jaškov usmerja v prepust pod cesto, nato pa odteka po brežini pod voziščem. Ob večjih količinah vode oziroma neustreznem ali koncentriranem odvajanju lahko prihaja do povečane infiltracije v zemljine, erozije ter dodatnega obremenjevanja že nestabilnega pobočja. Obstoječe stanje potrjuje občutljivost lokacije na vpliv vode. Nastanek usada je povezan tudi s povečano količino vode v materialu, zato učinkovito prestrezanje in kontrolirano odvajanje površinskih ter zalednih voda predstavlja enega ključnih pogojev za zagotavljanje stabilnosti saniranega območja.
Zaradi navedenih značilnosti je lokacija izpostavljena predvsem intenzivnim in dolgotrajnim padavinam, povečanemu površinskemu in zalednemu odtoku, pronicanju vode v pobočne materiale, eroziji ter posledičnemu zmanjšanju stabilnosti brežine. Lokacijska izpostavljenost je zato pomemben dejavnik pri presoji podnebne odpornosti obravnavane prometne infrastrukture.

Hidrološki odziv območja

Obravnavana lokacija je umeščena na pobočni teren, zato je hidrološki odziv območja v veliki meri odvisen od intenzivnosti in trajanja padavin ter načina prestrezanja in odvajanja površinskih in zalednih voda. Ob intenzivnih padavinskih dogodkih se voda z višje ležečih delov pobočja usmerja proti cestnemu telesu, pri čemer se del vode površinsko odvaja, del pa pronica v zemljine.
Na območju ceste se voda zbira preko mulde in jaškov ter se skozi prepust pod cesto odvaja proti nižje ležeči brežini. Takšna ureditev omogoča kontrolirano odvajanje vode, vendar lahko ob ekstremnih padavinskih dogodkih povečane količine odtoka dodatno obremenijo posamezne elemente odvodnjavanja in območje iztoka. Če odvodnjavanje ni dovolj učinkovito oziroma pride do koncentriranega pronicanja vode v pobočje, se lahko poveča vsebnost vode v zemljinah in s tem poslabšajo njihove geomehanske lastnosti.
Za obravnavano lokacijo so pomembne tudi visoke kratkotrajne padavinske intenzitete. Pri **100-letni povratni dobi** znašajo ocenjene padavine približno **52 mm v 30 minutah, 62 mm v eni uri, 133 mm v 24 urah, 155 mm v 48 urah in 168 mm v 72 urah**. Takšni padavinski dogodki lahko povzročijo hitro povečanje površinskega odtoka, intenzivnejše pronicanje vode ter povečano zasičenost pobočnih materialov.
Geološka sestava, ki vključuje nasutje, peščeno glino z gruščem ter konglomeratno-peščenjakovo podlago, dodatno vpliva na hidrološki odziv območja. Razlike v prepustnosti posameznih plasti lahko povzročijo neenakomerno pronicanje in lokalno zadrževanje vode. Povečana vsebnost vode lahko zmanjša strižno trdnost zemljin ter poveča možnost nadaljnjih deformacij oziroma ponovne aktivacije pobočnih premikov.
Hidrološki odziv območja zato predstavlja enega ključnih dejavnikov stabilnosti obravnavanega cestnega odseka. Z vidika dolgoročne podnebne odpornosti je bistveno učinkovito prestrezanje zalednih in površinskih voda, njihovo kontrolirano odvajanje preko ustrezno dimenzioniranih odvodnih elementov ter preprečevanje nekontroliranega pronicanja in koncentriranega iztekanja vode na območju saniranega pobočja.

T.3.2. Ocena izpostavljenosti – prihodnje stanje

Naraščanje izpostavljenosti v prihodnjem stanju temelji na projekcijah podnebnih sprememb ARSO, pripravljenih za različne scenarije izpustov toplogrednih plinov RCP. Pri presoji je kot osnovni uporabljen scenarij RCP4.5, za prikaz možnega neugodnejšega razvoja podnebnih razmer pa je dodatno upoštevan scenarij RCP8.5. Podnebne projekcije so povezane z negotovostjo, saj je prihodnji razvoj odvisen od poteka izpustov, podnebnih modelov in naravne podnebne spremenljivosti.
Projekcije za Slovenijo kažejo nadaljnje naraščanje povprečne temperature zraka v 21. stoletju. Po scenariju RCP4.5 se povprečna temperatura zraka v Sloveniji do konca stoletja poveča za približno 2 °C glede na referenčno obdobje 1981–2010, po scenariju RCP8.5 pa je povečanje izrazitejše. Pri padavinah so projekcije manj enoznačne, vendar kažejo na spremembe padavinskega režima in možnost povečevanja hidroloških obremenitev.

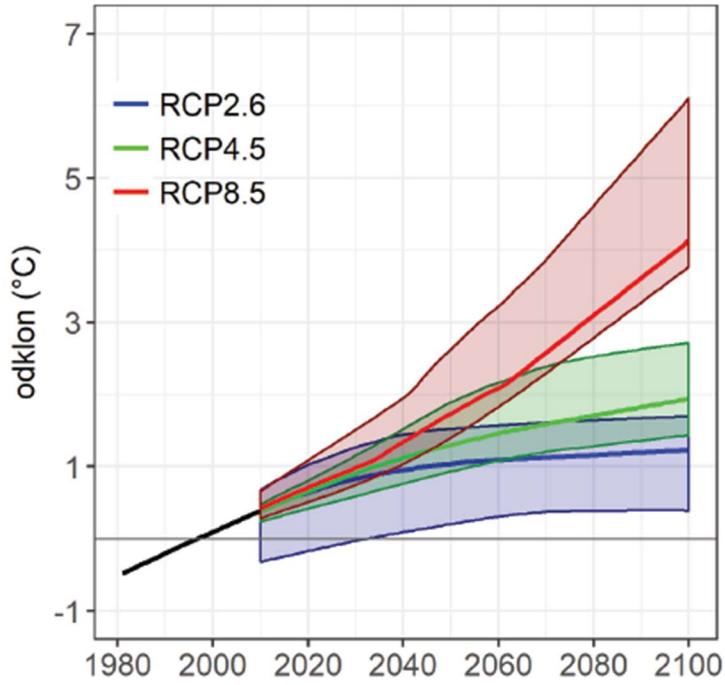
Za obravnavano lokacijo sanacije plazu na parc. št. 808/1, k. o. 475 Gruškovec, so z vidika prihodnje podnebne izpostavljenosti pomembne predvsem spremembe padavinskega režima. Zaradi pobočne lege lahko intenzivnejše oziroma dolgotrajnejše padavine povečajo površinski odtok in količino vode v zemljini.

Pomen tega vpliva potrjuje tudi obstoječe stanje, saj geološko-geotehnična dokumentacija nastanek usada povezuje s povečano količino vode v materialu. Prihodnje spremembe padavinskih razmer lahko zato povečajo obremenitve brežine in sistema odvodnjavanja. Tudi v prihodnjem stanju bodo tako ključni dejavniki izpostavljenosti intenzivne in dolgotrajne padavine, povečan površinski odtok ter povečana količina vode v zemljini. Pričakovane podnebne spremembe lahko obstoječe obremenitve dodatno povečajo, zato jih je treba upoštevati pri presoji dolgoročne podnebne odpornosti projekta.

Vpliv podnebnih sprememb na temperaturni režim
Projekcije podnebnih sprememb za Slovenijo kažejo trend naraščanja povprečne temperature zraka v 21. stoletju. Velikost spremembe je odvisna od scenarija prihodnjih izpustov toplogrednih plinov, pri čemer se razlike med scenariji povečujejo predvsem v drugi polovici stoletja.

Po scenariju RCP4.5 se povprečna temperatura zraka v Sloveniji do konca 21. stoletja poveča za približno 2 °C glede na referenčno obdobje 1981–2010. Po scenariju RCP8.5 je segrevanje izrazitejše in lahko do konca stoletja doseže približno 4 °C.

Slika 17: Projekcije sprememb povprečne letne temperature zraka v Sloveniji v 21. stoletju po scenarijih RCP2.6, RCP4.5 in RCP8.5 (vir: ARSO)



Naraščanje Naraščanje temperature bo vplivalo tudi na temperaturne ekstreme in zimske razmere. Pričakovati je milejše zime, spremembe trajanja snežne odeje ter spremembe razmerja med snežnimi in dežnimi padavinami. Spreminjajo se lahko tudi razmere, povezane z zmrzovanjem, odtajanjem in taljenjem snega.

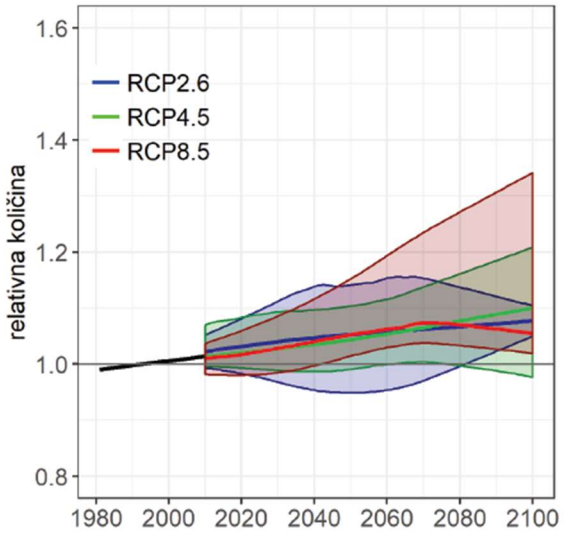
Za cestno infrastrukturo so pomembne tudi višje poletne temperature, ki povečujejo temperaturne obremenitve asfaltnih površin. V hladnem delu leta ostaja pomemben vpliv zmrzovanja in odtajanja, predvsem ob prisotnosti vode.

Za obravnavano lokacijo temperaturne spremembe ne predstavljajo glavnega dejavnika prihodnje podnebne izpostavljenosti. Pomembnejši ostajajo vplivi padavin in vode, temperaturne spremembe pa jih lahko dopolnjujejo predvsem preko sprememb zimskih razmer in temperaturnih obremenitev prometne infrastrukture.

Vpliv podnebnih sprememb na padavinski režim

Projekcije podnebnih sprememb za Slovenijo kažejo na spremembe padavinskega režima v 21. stoletju. Projekcije padavin so v primerjavi s temperaturo povezane z večjo negotovostjo ter izrazitejšo prostorsko in časovno spremenljivostjo.

Slika 18: Prikaz poteka sprememb padavinskega režima v Sloveniji v 21. stoletju po scenarijih RCP2.6, RCP4.5 in RCP8.5 (vir: ARSO)



projekcije nakazujejo možnost povečanja povprečne letne količine padavin, pri čemer spremembe niso enakomerno razporejene med posameznimi obdobji, letnimi časi in območji. Rezultate je zato treba razumeti kot prikaz možnega prihodnjega razvoja podnebnih razmer na širšem območju in ne kot natančno napoved količine padavin na konkretni mikrolokaciji.

Na obravnavani lokaciji znaša povprečna letna višina korigiranih padavin v referenčnem obdobju 1981–2010 med 1.000 in 1.100 mm. Ta podatek predstavlja izhodiščno podnebno značilnost lokacije. Relativnih sprememb iz širših podnebnih projekcij ni mogoče neposredno pretvoriti v natančne prihodnje letne količine padavin za obravnavano lokacijo, zato je prihodnja izpostavljenost ocenjena na podlagi smeri pričakovanih sprememb ter možnega povečanja intenzivnosti padavinskih in hidroloških obremenitev.

Za obravnavano lokacijo so z vidika podnebne odpornosti pomembnejše od same spremembe povprečne letne količine padavin predvsem spremembe padavinskega režima ter intenzivni in dolgotrajni padavinski dogodki. Kratkotrajni intenzivni nalivi lahko povzročijo hitro povečanje površinskega odtoka in obremenitev odvodnih elementov, dolgotrajnejše padavine pa lahko povečujejo količino vode v zemljini.

To je za obravnavano lokacijo posebej pomembno zaradi pobočne lege in obstoječih znakov nestabilnosti. Spremembe padavinskega režima lahko zato vplivajo na prihodnjo izpostavljenost pobočja, cestne infrastrukture in sistema odvodnjavanja.
Spremembe padavinskega režima tako predstavljajo enega ključnih dejavnikov prihodnje podnebne izpostavljenosti projekta. Z vidika dolgoročne odpornosti je pomembno predvsem

učinkovito in kontrolirano odvajanje padavinskih voda ter zmanjševanje njihovega neugodnega vpliva na pobočje.

Tabela 6: Projekcija povprečne letne količine padavin za obravnavano območje *

Obdobje	RCP4.5 – sprememba	RCP4.5 – orientacijska količina	RCP8.5 – sprememba	RCP8.5 – orientacijska količina
1981–2010	–	1.000–1.100 mm	–	1.000–1.100 mm
2011–2040	4%	1.040–1.144 mm	4%	1.040–1.144 mm
2041–2070	5%	1.050–1.155 mm	8%	1.080–1.188 mm
2071–2100	10%	1.100–1.210 mm	7%	1.070–1.177 mm

** Relativne spremembe predstavljajo mediane modelskih projekcij povprečne letne višine padavin za Slovenijo glede na referenčno obdobje 1981–2010. Orientacijske količine so izračunane na podlagi prostorskega razreda 1.000–1.100 mm za obravnavano lokacijo in ne predstavljajo natančne napovedi prihodnje količine padavin na mikrolokaciji.*

Višja vrednost pri RCP4.5 kot pri RCP8.5 ob koncu stoletja ni napaka. Padavinske projekcije niso linearno povezane s stopnjo segrevanja, zato RCP8.5 ne pomeni nujno večje povprečne količine padavin v vsakem obdobju.

Za obravnavano lokacijo so poleg sprememb povprečne letne količine padavin pomembni predvsem intenzivni in dolgotrajni padavinski dogodki. Kratkotrajni intenzivni nalivi lahko povzročijo hitro povečanje površinskega odtoka in obremenitev odvodnih elementov, dolgotrajnejše padavine pa lahko povečujejo količino vode v zemljini.

To je za obravnavano lokacijo posebej pomembno zaradi pobočne lege in že evidentiranega usada. Geološko-geotehnična dokumentacija nastanek usada povezuje s povečano količino vode v materialu, zato lahko spremembe padavinskega režima vplivajo tudi na prihodnjo izpostavljenost pobočja.

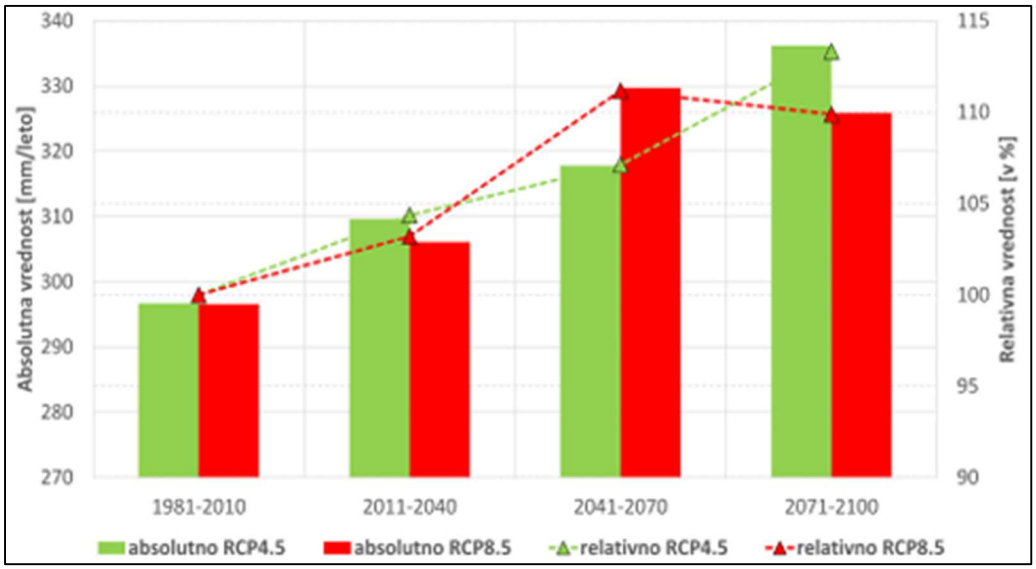
Spremembe padavinskega režima tako predstavljajo enega ključnih dejavnikov prihodnje podnebne izpostavljenosti projekta. Z vidika dolgoročne odpornosti je pomembno predvsem učinkovito in kontrolirano odvajanje padavinskih voda ter zmanjševanje njihovega neugodnega vpliva na pobočje.

Krepitev hidroloških procesov v prihodnjih podnebnih razmerah
Pričakovane spremembe padavinskega režima lahko vplivajo tudi na vodne razmere na obravnavanem območju. Zaradi pobočne lege se ob intenzivnih padavinah povečuje površinski odtok, ob dolgotrajnejših padavinah pa se lahko poveča količina vode v zemljini.

Del padavinske vode pronica v tla. Terenske raziskave so pokazale, da se na območju pojavljajo zaglinjeno prodnato nasutje, peščena glina ter globlje prehod v peščenjak. Za

presojo podnebne odpornosti je pomembno predvsem dejstvo, da se lahko ob daljšem in intenzivnejšem deževju poveča količina vode v zemljini, kar lahko vpliva na razmere v pobočju.

Slika 19: Absolutne in relativne spremembe napajanja podzemne vode po scenarijih RCP4.5 in RCP8.5 v primerjavi z obdobjem 1981–2010 (vir: ARSO)



Projekcije za Slovenijo kažejo možnost povečanja povprečnega letnega napajanja podzemne vode. Gre za projekcije na ravni Slovenije, zato teh vrednosti ni mogoče neposredno prenesti na obravnavano mikrolokacijo. Uporabne so predvsem kot splošen pokazatelj možnih sprememb hidroloških razmer in količine vode, ki se v prihodnjih podnebnih razmerah infiltrira v tla.

Za obravnavano lokacijo je ta vidik pomemben zaradi ugotovljene povezave med povečano količino vode v materialu in nestabilnostjo pobočja. Posebej neugodne so lahko razmere, ko se dolgotrajnejše padavine pojavijo ob že namočenih tleh oziroma ko padavine sovpadajo s taljenjem snežne odeje.

Prihodnje spremembe vodnega režima zato predstavljajo pomemben mehanizem, preko katerega lahko podnebne spremembe vplivajo na obravnavano območje. Ključnega pomena ostajata kontrolirano odvajanje površinskih in drenažnih voda ter dolgoročna funkcionalnost predvidenega sistema odvodnjavanja.

Sklepna ocena izpostavljenosti v prihodnjem stanju

Projekcije podnebnih sprememb kažejo, da se bodo podnebne razmere v 21. stoletju spreminjale. Za obravnavano lokacijo so z vidika prihodnje izpostavljenosti pomembne predvsem spremembe padavinskega režima in z njimi povezane spremembe vodnih razmer.

Lokacijske značilnosti povečujejo pomen teh sprememb. Obravnavani cestni odsek je umeščen na pobočni teren, na katerem se je pod cesto že sprožil usad. Ob intenzivnih padavinah se

lahko poveča površinski odtok, dolgotrajnejše padavine pa lahko povečujejo količino vode v zemljini.

Pomembni so predvsem ekstremni padavinski dogodki. Analiza obstoječega stanja kaže, da lahko na konkretni lokaciji pri dogodku s 100-letno povratno dobo pade približno 62 mm padavin v eni uri oziroma 131 mm v 24 urah. Takšne količine predstavljajo pomembno obremenitev pobočnega območja in sistema odvodnjavanja.

Na podlagi analize obstoječih razmer, značilnosti lokacije in podnebnih projekcij je mogoče oceniti, da bodo tudi v prihodnjem stanju ključni dejavniki izpostavljenosti intenzivne in dolgotrajne padavine, povečan površinski in zaledni odtok ter povečana količina vode v zemljini.

Dolgoročna odpornost saniranega območja bo zato v pomembni meri odvisna od učinkovitega in trajno funkcionalnega sistema odvodnjavanja ter kontroliranega odvajanja površinskih in drenažnih voda.

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

Ocena izpostavljenosti obravnava izpostavljenost načrtovane sanacije usada na lokalni cesti v naselju Gruškovec ključnim podnebnim dejavnikom v obstoječem in prihodnjem stanju. Pri oceni so upoštevane reliefne in geološke značilnosti lokacije, vpliv površinskih in padavinskih voda, obstoječe stanje območja ter pričakovane spremembe podnebnih razmer.
Obravnavana lokalna cesta poteka po razgibanem pobočnem terenu. Na zunanji strani ceste se teren spušča po brežini, kjer se je sprožil usad, posledice premikov pa so vidne tudi na vozišču v obliki vzdolžnih razpok in lokalnih poškodb asfaltne površine. Pobočna lega vpliva na odtekanje padavinskih voda in njihovo pronicanje v tla, zato predstavlja voda enega ključnih dejavnikov izpostavljenosti lokacije.

Geološko-geotehnične raziskave so pokazale prisotnost različnih zemeljskih in hribinskih slojev. V strukturni vrtini je bilo v zgornjem delu ugotovljeno umetno prodnato-peščeno nasutje, pod njim peščena glina z vložki grušča, globlje konglomerat ter prehod v peščenjak. Med terenskimi raziskavami povečana vlažnost zemljine ni bila zaznana, vendar geološko-geotehnična dokumentacija opozarja, da se lahko ob daljšem in intenzivnejšem deževju količina vode v zemljini poveča.

Obstoječe stanje območja že kaže posledice nestabilnosti pobočja. Nastanek usada je po geološko-geotehnični dokumentaciji povezan tudi s povečano količino vode v materialu. Na območju so urejeni elementi za odvajanje padavinskih voda, med drugim mulda, jaški in prepust pod cesto, preko katerega se voda odvaja po brežini. Njihovo ustrezno delovanje je pomembno za preprečevanje nekontroliranega odtekanja in pronicanja vode na območju usada.

Po prostorskih klimatskih podatkih ARSO znaša povprečna letna višina korigiranih padavin na obravnavani lokaciji v referenčnem obdobju 1981–2010 med 1.100 in 1.200 mm. Podatki

CrossRisk za konkretno lokacijo kažejo, da lahko ob 100-letni povratni dobi v 30 minutah pade približno 52 mm, v eni uri 62 mm, v 24 urah 133 mm in v 72 urah 168 mm padavin. Takšni dogodki lahko povzročijo hitro povečanje površinskega odtoka in količine vode v zemljini ter povečajo obremenitev sistema odvodnjavanja.

V prihodnjem stanju se pričakuje nadaljnje naraščanje temperature zraka ter spremembe padavinskega režima. Za obravnavano lokacijo so z vidika podnebne odpornosti pomembne predvsem morebitne spremembe intenzivnosti padavinskih dogodkov. Pogostejši oziroma intenzivnejši nalivi lahko povečujejo površinski odtok, količino vode v zemljini in obremenitve odvodnih elementov, s tem pa tudi vpliv vode na stabilnost pobočja.
Analiza izpostavljenosti je podana z uporabo tristopenjske lestvice, ki omogoča primerljivo vrednotenje posameznih podnebnih dejavnikov v obstoječem in prihodnjem stanju.

Tabela 7: Pregledna ocena izpostavljenosti za predvideno sanacijo

Področje izpostavljenosti	Trenutno stanje	Prihodnje stanje
Ekstremni temperaturni dogodki	Srednja	Srednja
Ekstremni padavinski dogodki	Visoka	Visoka
Površinski in zaledni odtok	Visoka	Visoka
Povečana količina vode v zemljini	Visoka	Visoka
Snežne in talilne obremenitve	Srednja	Srednja
Nevihte in intenzivni nalivi	Visoka	Visoka

Tabela 8: Pripadajoča barvna legenda

Stopnja	Občutljivost	Razlaga
	Nizka	Nizka izpostavljenost lokacije podnebnemu dejavniku
	Srednja	Zmerna izpostavljenost lokacije podnebnemu dejavniku
	Visoka	Izrazita izpostavljenost lokacije podnebnemu dejavniku

Utemeljitev skupne ocene izpostavljenosti
Analiza kaže, da je obravnavana lokacija že v obstoječem stanju izrazito izpostavljena predvsem vplivom, povezanim z intenzivnimi in dolgotrajnimi padavinami, površinskim in zalednim odtokom ter povečano količino vode v zemljini. Pomemben dejavnik predstavlja pobočna lega lokalne ceste, saj lahko voda ob padavinskih dogodkih odteka po površini ter pronica v tla na območju brežine.

Visoko izpostavljenost vplivu vode potrjuje tudi obstoječe stanje. Na območju se je že sprožil usad, posledice premikov pa so vidne na cestnem vozišču. Geološko-geotehnična dokumentacija pri nastanku nestabilnosti izpostavlja tudi povečano količino vode v materialu, zato je vpliv padavinskih voda pomemben dejavnik pri presoji podnebne odpornosti načrtovane sanacije.

Podatki o ekstremnih padavinah dodatno potrjujejo pomen tega dejavnika. Ob 100-letni povratni dobi lahko na lokaciji v eni uri pade približno 62 mm, v 24 urah pa približno 133 mm padavin. Kratkotrajni intenzivni nalivi lahko povzročijo hiter površinski odtok in povečajo obremenitev odvodnih elementov, medtem ko lahko dolgotrajnejše padavine povečujejo količino vode v zemljini.

V prihodnjem stanju se visoka izpostavljenost padavinskim in z njimi povezanim vodnim vplivom ohranja. Pričakovane spremembe podnebnih razmer lahko povečajo pomen intenzivnih padavinskih dogodkov, zato bo za dolgoročno stabilnost saniranega območja pomembno predvsem učinkovito in kontrolirano odvajanje površinskih in drenažnih voda. Temperaturne ter snežne in talilne obremenitve so ocenjene kot srednje. Na lokaciji je povprečno najmanj 25 dni s snežno odejo na sezono, povprečna skupna višina novozapadlega snega pa znaša med 100 in 140 cm. Ti dejavniki lahko vplivajo na cestno infrastrukturo in količino vode ob taljenju snega, vendar za obravnavano lokacijo ne predstavljajo prevladujočega podnebnega vpliva.

Na podlagi izvedene analize je mogoče ugotoviti, da je obravnavana lokacija v obstoječem in prihodnjem stanju predvsem visoko izpostavljena padavinskim in z njimi povezanim vodnim vplivom. Ti so zaradi pobočne lege in že ugotovljene nestabilnosti območja ključni za presojo podnebne odpornosti načrtovane sanacije.

T.4. Ocena ranljivosti

Ocena ranljivosti obravnava dovzetnost načrtovane sanacije usada na lokalni cesti v naselju Gruškovec za vplive sedanjih in prihodnjih podnebnih razmer ter predstavlja nadgradnjo predhodno izvedenih analiz občutljivosti in izpostavljenosti. Namen ocene je opredeliti, kako kombinacija občutljivosti načrtovanega posega in izpostavljenosti lokacije posameznim podnebnim dejavnikom vpliva na stabilnost območja, varnost in dolgoročno funkcionalnost prometne infrastrukture.

Ranljivost je določena kot kombinacija občutljivosti projekta in izpostavljenosti lokacije posameznemu podnebnemu dejavniku, pri čemer velja:

ranljivost = občutljivost x izpostavljenost

Obravnavana lokalna cesta poteka po razgibanem pobočnem terenu. Na zunanji strani ceste se teren spušča po brežini, kjer se je sprožil usad, posledice premikov pa so vidne tudi na vozišču. Z vidika ranljivosti je pomembna predvsem povezava med pobočno lego, geološkimi razmerami in vplivom vode.

Geološko-geotehnične raziskave so pokazale prisotnost različnih zemeljskih in hribinskih slojev. V strukturni vrtini je bilo ugotovljeno umetno prodnato-peščeno nasutje, peščena glina z vložki grušča, globlje konglomerat ter prehod v peščenjak. Za presojo podnebne ranljivosti je

pomembno predvsem dejstvo, da se lahko ob daljšem oziroma intenzivnejšem deževju poveča količina vode v zemljini, kar lahko neugodno vpliva na stabilnost brežine.

Obstoječe stanje območja že kaže posledice nestabilnosti. Nastanek usada je po geološko-geotehnični dokumentaciji povezan tudi s povečano količino vode v materialu. Na območju so prisotni elementi odvodnjavanja, preko katerih se padavinske vode usmerjajo v prepust pod cesto in nato po brežini. Ustrezno delovanje sistema odvodnjavanja je zato pomembno za zmanjševanje vpliva vode na sanirano območje.

Načrtovana sanacija vključuje stabilizacijo območja ter ureditev odvodnjavanja, s čimer se zmanjšuje možnost nekontroliranega pronicanja in odtekanja vode ter njenega neugodnega vpliva na brežino in cestno infrastrukturo.
Med pomembnejše dejavnike ranljivosti sodijo predvsem ekstremni in dolgotrajni padavinski dogodki, povečan površinski in zaledni odtok ter povečana količina vode v zemljini. Upoštevani so tudi temperaturni ekstremi, cikli zmrzovanja in odtajanja ter snežne in talilne obremenitve. Glede na rezultate predhodnih analiz je ranljivost projekta povezana predvsem z vplivom vode. Intenzivne in dolgotrajne padavine lahko povečajo površinski odtok in količino vode v zemljini ter obremenijo sistem odvodnjavanja. Na območju, kjer je bila nestabilnost že ugotovljena, lahko takšne razmere predstavljajo pomembno obremenitev za stabilnost brežine in cestne infrastrukture.

Temperaturni vplivi ter snežne in talilne obremenitve so manj pomembni. Vplivajo lahko na stanje zemljine, vozišča in sezonsko količino vode, vendar glede na značilnosti lokacije ne predstavljajo prevladujočega dejavnika ranljivosti.

Tudi v prihodnjih podnebnih razmerah bodo za obravnavani projekt najpomembnejši vplivi, povezani s padavinami in vodo. Ocena posameznih dejavnikov ranljivosti je v nadaljevanju določena na podlagi kombinacije predhodno ocenjene občutljivosti projekta in izpostavljenosti lokacije.

Tabela 9: Ocena ranljivosti projekta v obstoječem in prihodnjem stanju

Podnebni dejavnik	Ranljivost – obstoječe stanje	Ranljivost – prihodnje stanje
Ekstremni temperaturni dogodki	Srednja	Srednja
Ekstremni padavinski dogodki	Visoka	Visoka
Površinski in zaledni odtok	Visoka	Visoka
Povečana količina vode v zemljini	Visoka	Visoka
Snežne in talilne obremenitve	Srednja	Srednja
Nevihte in intenzivni nalivi	Visoka	Visoka

Utemeljitev skupne ocene ranljivosti
Analiza kaže, da je obravnavana lokacija najbolj ranljiva za vplive, povezane s padavinami in vodo. Najpomembnejši dejavniki so ekstremni padavinski dogodki, povečan površinski in

zaledni odtok ter povečana količina vode v zemljini. Ti dejavniki lahko neposredno vplivajo na stabilnost brežine, sistem odvodnjavanja in cestno infrastrukturo.

Visoko ranljivost potrjuje tudi obstoječe stanje območja. Na lokaciji se je že sprožil usad, geološko-geotehnična dokumentacija pa nastanek nestabilnosti povezuje tudi s povečano količino vode v materialu. To pomeni, da voda na obravnavani lokaciji ni zgolj potencialni podnebni vpliv, temveč dejavnik, ki je že povezan z ugotovljenim stanjem območja.

Površinski in zaledni odtok predstavljata pomemben dejavnik zaradi pobočne lege. Ob intenzivnih oziroma dolgotrajnih padavinah se lahko povečata količina površinsko odtekajoče vode in količina vode, ki pronica v zemljino. Zato je za zmanjševanje ranljivosti pomembno ustrezno in kontrolirano odvajanje padavinskih in drenažnih voda.
Podatki CrossRisk dodatno kažejo možnost izrazitih padavinskih obremenitev. Ob 100-letni povratni dobi lahko na lokaciji v eni uri pade približno 62 mm, v 24 urah 133 mm in v 72 urah 168 mm padavin. Takšni dogodki lahko povzročijo tako hiter površinski odtok kot povečanje količine vode v zemljini.

Temperaturni ekstremi ter snežne in talilne obremenitve predstavljajo srednjo stopnjo ranljivosti. Njihov vpliv je povezan predvsem s stanjem vozišča, zmrzovanjem in odtajanjem ter dodatnimi količinami vode ob taljenju snega, vendar niso glavni dejavnik ranljivosti obravnavane lokacije.

V prihodnjem stanju ostaja največja ranljivost povezana s padavinskimi in vodnimi vplivi. Pričakovane podnebne spremembe lahko povečajo pomen intenzivnih padavinskih dogodkov, zato je dolgoročna učinkovitost predvidenega odvodnjavanja eden ključnih elementov podnebne odpornosti načrtovane sanacije.

Splošna ranljivost obravnavanega projekta je zato ocenjena kot srednja do visoka, pri čemer so najpomembnejši vplivi intenzivnih padavin, površinskega in zalednega odtoka ter povečane količine vode v zemljini.

Tabela 10: Pregledna ocena ranljivosti za območje posega v obstoječem stanju

Podnebni dejavnik	Občutljivost projekta	Izpostavljenost lokacije
Ekstremni temperaturni dogodki	Srednja	Srednja
Ekstremni padavinski dogodki	Visoka	Visoka
Površinski in zaledni odtok	Visoka	Visoka
Povečana količina vode v zemljini	Visoka	Visoka
Snežne in talilne obremenitve	Srednja	Srednja
Nevihte in intenzivni nalivi	Visoka	Visoka

Pri določitvi ranljivosti je bila upoštevana kombinacija občutljivosti projekta in izpostavljenosti lokacije posameznemu podnebnemu dejavniku. Najvišja stopnja ranljivosti v obstoječem stanju je ugotovljena pri dejavnikih, povezanih s padavinami in vodo.

Visoka ranljivost izhaja iz kombinacije pobočne lege, že ugotovljene nestabilnosti območja in pomembnega vpliva vode. Ob intenzivnih oziroma dolgotrajnih padavinah se lahko povečajo površinski in zaledni odtok ter količina vode v zemljini, zato je učinkovito odvodnjavanje pomembno za dolgoročno stabilnost saniranega območja.

Srednja ranljivost je ugotovljena pri ekstremnih temperaturnih dogodkih ter snežnih in talilnih obremenitvah. Ti dejavniki lahko vplivajo na stanje vozišča in zemljine, vendar ne predstavljajo prevladujočega dejavnika ranljivosti.

Povzetek ranljivosti v obstoječem stanju:

- srednja ranljivost: ekstremni temperaturni dogodki ter snežne in talilne obremenitve;
- visoka ranljivost: ekstremni padavinski dogodki, površinski in zaledni odtok, povečana količina vode v zemljini ter nevihte in intenzivni nalivi.

Tabela 11: Ocena ranljivosti projekta v prihodnjem stanju glede na občutljivost projekta in izpostavljenost lokacije

Podnebni dejavnik	**Občutljivost projekta**	**Izpostavljenost lokacije**	**Ranljivost**
Ekstremni temperaturni dogodki	Srednja	Srednja	**Srednja**
Ekstremni padavinski dogodki	Visoka	Visoka	**Visoka**
Površinski in zaledni odtok	Visoka	Visoka	**Visoka**
Povečana količina vode v zemljini	Visoka	Visoka	**Visoka**
Snežne in talilne obremenitve	Srednja	Srednja	**Srednja**
Nevihte in intenzivni nalivi	Visoka	Visoka	**Visoka**

Pri določitvi ranljivosti v prihodnjem stanju je bila upoštevana kombinacija občutljivosti projekta in ocenjene prihodnje izpostavljenosti lokacije posameznim podnebnim dejavnikom. Najvišja stopnja ranljivosti tudi v prihodnjem stanju ostaja povezana s padavinskimi in vodnimi vplivi. Intenzivni in dolgotrajni padavinski dogodki lahko povečujejo površinski odtok, obremenitve sistema odvodnjavanja in količino vode v zemljini. Zaradi pobočne lege in že ugotovljene nestabilnosti območja so ti vplivi pomembni za dolgoročno stabilnost načrtovane sanacije.

Ekstremni temperaturni dogodki ter snežne in talilne obremenitve ohranjajo srednjo stopnjo ranljivosti. Njihov vpliv je manjši od vpliva padavinskih in vodnih dejavnikov.

Povzetek ranljivosti v prihodnjem stanju:

- srednja ranljivost: ekstremni temperaturni dogodki ter snežne in talilne obremenitve;
- visoka ranljivost: ekstremni padavinski dogodki, površinski in zaledni odtok, povečana količina vode v zemljini ter nevihte in intenzivni nalivi.

Na podlagi izvedene presoje se ugotavlja, da je projekt tudi v prihodnjem stanju najbolj ranljiv za vplive, povezane s padavinami in vodo.

T.5. Ocena tveganja

Ocena tveganja obravnava možne posledice podnebnih vplivov na stabilnost obravnavanega pobočja, varnost in prevoznost lokalne ceste ter dolgoročno funkcionalnost načrtovane sanacije. Temelji na predhodno ugotovljeni izpostavljenosti in ranljivosti projekta, pri čemer so za obravnavano lokacijo najpomembnejša tveganja povezana predvsem z intenzivnimi padavinami in vplivom vode na pobočje.

Tveganje zaradi intenzivnih padavin, površinskega in zalednega odtoka
Intenzivne in dolgotrajne padavine predstavljajo enega ključnih dejavnikov tveganja. Zaradi pobočne lege se lahko ob večjih padavinskih dogodkih povečajo površinski in zaledni odtok, količina vode, ki pronica v tla, ter obremenitve sistema odvodnjavanja.

Pomen tega tveganja potrjuje tudi obstoječe stanje, saj se je na območju pod lokalno cesto že sprožil usad. Geološko-geotehnična dokumentacija nastanek nestabilnosti povezuje tudi s povečano količino vode v materialu. Ob intenzivnih oziroma dolgotrajnih padavinah lahko zato povečana količina vode neugodno vpliva na stabilnost brežine in posledično na cestno infrastrukturo.

Tveganje je ocenjeno kot visoko.
Priporočilo: zagotovitev učinkovitega in kontroliranega odvajanja površinskih in zalednih voda ter redno pregledovanje in vzdrževanje odvodnih elementov.

Tveganje zaradi povečane količine vode v zemljini
Ob dolgotrajnejših padavinah se lahko poveča količina vode v zemljini. Geološko-geotehnične raziskave so pokazale prisotnost različnih zemeljskih in hribinskih slojev, pri čemer konkretni podatki o gibanju nivoja podzemne vode na lokaciji niso na voljo. Med izvedbo terenskih raziskav povečana vlažnost zemljine ni bila zaznana, vendar je po geološko-geotehnični dokumentaciji ob daljšem in intenzivnejšem deževju mogoče pričakovati povečanje količine vode v zemljini.

Ker je na območju že prišlo do nestabilnosti, predstavlja obvladovanje vode pomemben element načrtovane sanacije. Ustrezno odvajanje drenažnih in površinskih voda zmanjšuje možnost njihovega neugodnega vpliva na stabilnost brežine.

Tveganje je ocenjeno kot visoko.
Priporočilo: izvedba načrtovanega drenažnega in meteornega odvodnjavanja ter zagotavljanje njegove dolgoročne funkcionalnosti.

Tveganje zaradi temperaturnih, snežnih in talilnih obremenitev
Temperaturni ekstremi ter cikli zmrzovanja in odtajanja lahko vplivajo na stanje vozišča in zemljine, njihov vpliv pa je pomembnejši ob prisotnosti vode. Taljenje snežne odeje lahko začasno poveča količino površinskega odtoka in vode v tleh, predvsem kadar sovpada s padavinami.

Na obravnavani lokaciji je povprečno najmanj 25 dni s snežno odejo na sezono, povprečna skupna višina novozapadlega snega pa znaša med 100 in 140 cm. Snežne in temperaturne razmere zato predstavljajo upošteven, vendar ne prevladujoč dejavnik tveganja.

Tveganje je ocenjeno kot srednje.
Priporočilo: ustrezna izvedba voziščne konstrukcije in sanacijskih ukrepov ter zagotavljanje učinkovitega odvajanja vode tudi v zimskem obdobju in ob taljenju snega.

Tveganje zaradi neviht in intenzivnih nalivov
Kratkotrajni intenzivni nalivi lahko v zelo kratkem času povzročijo velike količine površinskega odtoka ter povečajo obremenitev sistema odvodnjavanja. Podatki CrossRisk za obravnavano lokacijo kažejo, da lahko ob 100-letni povratni dobi v eni uri pade približno 62 mm padavin. Zaradi pobočne lege lahko takšni dogodki povzročijo hitro odtekanje vode po terenu in povečajo njen vpliv na območje brežine.

Ker je lokacija že izkazala občutljivost na vpliv vode, lahko intenzivni nalivi predstavljajo pomembno tveganje tudi za dolgoročno stabilnost saniranega območja.

Tveganje je ocenjeno kot visoko.
Priporočilo: zagotavljanje zadostne funkcionalnosti odvodnih elementov, njihovo redno vzdrževanje ter pregled stanja odvodnjavanja po izrazitejših padavinskih dogodkih.

Skupna ocena tveganja
Najpomembnejša podnebna tveganja za obravnavano lokacijo so povezana z intenzivnimi in dolgotrajnimi padavinami, povečanim površinskim in zalednim odtokom ter povečano količino vode v zemljini. Njihov pomen potrjuje tudi obstoječe stanje, saj se je na območju že sprožil usad, geološko-geotehnična dokumentacija pa pri nastanku nestabilnosti izpostavlja tudi vpliv povečane količine vode.

Podnebne spremembe lahko v prihodnosti povečajo pomen padavinskih in z njimi povezanih vodnih obremenitev. Za dolgoročno podnebno odpornost načrtovane sanacije so zato ključni učinkovito in kontrolirano odvajanje površinskih in drenažnih voda, ustrezna izvedba načrtovanih sanacijskih ukrepov ter redno pregledovanje in vzdrževanje sistema odvodnjavanja.

Na podlagi izvedene presoje je skupno podnebno tveganje projekta ocenjeno kot srednje do visoko, pri čemer so najpomembnejša tveganja povezana z vplivom padavin in vode na stabilnost pobočja in cestne infrastrukture.

T.5.1 Vrednotenje tveganj za projekt zaradi podnebnih sprememb

Vrednotenje tveganj temelji na predhodno izvedeni analizi izpostavljenosti in ranljivosti ter vključuje presojo verjetnosti pojava posameznih podnebno pogojenih dogodkov in resnosti njihovih posledic za stabilnost območja, varnost in prevoznost lokalne ceste ter dolgoročno funkcionalnost načrtovane sanacije.

Uporabljen je pristop matrike tveganja, ki združuje verjetnost pojava posameznega dogodka in resnost njegovih posledic. Pri vrednotenju je upoštevana najvišja relevantna stopnja posledic za obravnavano infrastrukturo.

Za obravnavani projekt so najpomembnejša tveganja povezana z vplivom padavin in vode. Pobočna lega, že ugotovljena nestabilnost območja ter povezava med povečano količino vode v materialu in nastankom usada povečujejo pomen intenzivnih in dolgotrajnih padavin, površinskega in zalednega odtoka ter povečane količine vode v zemljini.

Posebej pomembni so ekstremni padavinski dogodki. Podatki CrossRisk za obravnavano lokacijo kažejo, da lahko ob 100-letni povratni dobi v eni uri pade približno 62 mm, v 24 urah pa približno 133 mm padavin. Kratkotrajni intenzivni nalivi lahko povzročijo hitro povečanje površinskega odtoka in obremenitev sistema odvodnjavanja, dolgotrajnejše padavine pa lahko povečajo količino vode v zemljini.

Temperaturne ter snežne in talilne obremenitve predstavljajo zmernejše tveganje. Njihov vpliv je povezan predvsem s stanjem vozišča, cikli zmrzovanja in odtajanja ter dodatno količino vode ob taljenju snežne odeje.

Na podlagi izvedene presoje je največja pozornost potrebna pri obvladovanju tveganj, povezanih s padavinami in vodo. Za zmanjševanje tveganj so pomembni predvsem učinkovito in kontrolirano odvajanje površinskih in drenažnih voda, ustrezna izvedba načrtovanih sanacijskih ukrepov ter redno pregledovanje in vzdrževanje odvodnih elementov.

Tabela 12: Matrika tveganja za obravnavani projekt

Verjetnost ↓ / Posledice →	**1 Zanemarljive**	**2 Majhne**	**3 Zmerne**	**4 Resne**	**5 Zelo resne**
5 Skoraj gotovo					
4 Zelo verjetno			Ekstremni padavinski dogodki; površinski in zaledni odtok	Povečana količina vode v zemljini	
3 Srednje verjetno			Temperaturne obremenitve; snežne in talilne obremenitve	Nevihte in intenzivni nalivi	
2 Malo verjetno					
1 Redko					

Tabela 13: Legenda matrike tveganja

Stopnja tveganja	**Pomen**

Visoko tveganje	Zahteva prioritetno obravnavo in ukrepe
Srednje do povečano tveganje	Potrebno obvladovanje z ukrepi
Nizko do zmerno tveganje	Spremljanje in osnovni ukrepi

Obrazložitev ključnih tveganj

Ekstremni padavinski dogodki ter površinski in zaledni odtok

Intenzivne in dolgotrajne padavine lahko povzročijo povečanje površinskega in zalednega odtoka ter obremenitev sistema odvodnjavanja. Zaradi pobočne lege lahko ob neustreznem odvajanju prihaja do nekontroliranega odtekanja vode po brežini in povečanja količine vode, ki pronica v tla. Ker je na območju že prišlo do nestabilnosti, predstavljajo padavinski dogodki pomembno tveganje za stabilnost območja in cestno infrastrukturo.

Povečana količina vode v zemljini

Povečana količina vode v zemljini predstavlja eno pomembnejših tveganj na obravnavani lokaciji. Geološko-geotehnična dokumentacija nastanek usada povezuje tudi s povečano količino vode v materialu. Ob dolgotrajnejših oziroma intenzivnih padavinah se lahko količina vode v zemljini poveča in neugodno vpliva na stabilnost brežine. Za zmanjševanje tega tveganja je pomembno učinkovito odvajanje površinskih in drenažnih voda.

Nevihte in intenzivni nalivi

Kratkotrajni intenzivni nalivi lahko povzročijo hitro povečanje površinskega odtoka in kratkotrajne visoke obremenitve sistema odvodnjavanja. Zaradi pobočne lege lahko voda ob nezadostnem zajemu oziroma odvajanju nekontrolirano odteka po brežini. Njihov pomen je zato povezan predvsem z zagotavljanjem učinkovitega in kontroliranega odvodnjavanja.

Temperaturne, snežne in talilne obremenitve

Temperaturni ekstremi ter cikli zmrzovanja in odtajanja vplivajo predvsem na stanje vozišča in površinskih slojev zemljine. Taljenje snežne odeje lahko dodatno poveča količino vode na območju, zlasti kadar sovpada s padavinami. V primerjavi s padavinskimi vplivi predstavljajo ti dejavniki zmernejše tveganje.

T.6. Prilagoditveni ukrepi in zaključki

Na podlagi izvedene analize občutljivosti, izpostavljenosti, ranljivosti in tveganja je ugotovljeno, da so za obravnavano lokacijo najpomembnejši podnebni vplivi povezani z intenzivnimi in dolgotrajnimi padavinami, povečanim površinskim in zalednim odtokom ter povečano količino vode v zemljini. Poseben pomen ima učinkovito in kontrolirano odvajanje vode, saj se je na območju pod lokalno cesto že sprožil usad, geološko-geotehnična dokumentacija pa nastanek nestabilnosti povezuje tudi s povečano količino vode v materialu. Načrtovana sanacija že vključuje ukrepe, ki prispevajo k zmanjševanju ugotovljenih podnebnih tveganj. Predvidena je stabilizacija območja ter ureditev odvodnjavanja, s čimer se zmanjšuje vpliv površinskih in drenažnih voda na brežino in cestno infrastrukturo. Pomemben del sanacije predstavlja kontrolirano zbiranje in odvajanje vode preko predvidenih odvodnih elementov.

Ključni prilagoditveni ukrepi

Za zagotavljanje dolgoročne podnebne odpornosti so pomembni predvsem:

- učinkovito in kontrolirano odvajanje površinskih in drenažnih voda;

- zagotavljanje ustrezne funkcionalnosti in pretočnosti sistema odvodnjavanja;
- preprečevanje nekontroliranega odtekanja vode po brežini in pronicanja vode na območju sanacije;
- izvedba načrtovanih ukrepov za stabilizacijo brežine skladno s projektno in geološko-geotehnično dokumentacijo;
- ustrezna izvedba vozišča in drugih elementov sanacije skladno s projektiranimi tehničnimi zahtevami;
- redno pregledovanje, čiščenje in vzdrževanje odvodnih elementov, zlasti po intenzivnih oziroma dolgotrajnih padavinskih dogodkih;
- spremljanje stanja brežine, vozišča in odvodnih elementov ter pravočasno ukrepanje ob pojavu novih razpok, premikov ali drugih znakov nestabilnosti.

Zaključek

Na podlagi izvedene presoje je mogoče ugotoviti, da podnebne spremembe za obravnavani projekt ne predstavljajo nove vrste nevarnosti, lahko pa povečajo obremenitve, povezane z že prisotnim vplivom padavin in vode. Najpomembnejša tveganja ostajajo povezana z intenzivnimi in dolgotrajnimi padavinami, povečanim površinskim in zalednim odtokom ter povečano količino vode v zemljini.

Predvidena sanacija neposredno naslavlja pomemben del ugotovljenih ranljivosti z ukrepi za stabilizacijo območja in ureditvijo odvodnjavanja. Z ustrezno izvedbo načrtovanih rešitev se zmanjšuje možnost nekontroliranega delovanja vode ter njenega neugodnega vpliva na brežino in cestno infrastrukturo.

Za dolgoročno podnebno odpornost je poleg ustrezne izvedbe sanacije pomembno tudi redno vzdrževanje sistema odvodnjavanja in spremljanje stanja saniranega območja. Posebno pozornost je smiselno nameniti stanju po intenzivnih oziroma dolgotrajnih padavinskih dogodkih.

Ob upoštevanju predvidenih projektnih rešitev in navedenih prilagoditvenih ukrepov je mogoče oceniti, da je projekt ustrezno prilagojen prepoznanim podnebnim tveganjem ter da načrtovani ukrepi prispevajo k dolgoročni stabilnosti, varnosti in funkcionalnosti obravnavanega cestnega odseka tudi v pričakovanih prihodnjih podnebnih razmerah.

V. VIRI IN ZAKONODAJA

Pri pripravi elaborata presoje podnebne odpornosti za projekt sanacije usada na lokalni cesti v naselju Gruškovec so bili uporabljeni uradni podatkovni viri, strokovne in projektne podlage ter evropske smernice s področja podnebnih sprememb, meteorologije, geologije, geotehnike in podnebne odpornosti infrastrukture.

Podatkovni in strokovni viri

[1] Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) – Atlas okolja, prostorski klimatski podatki.
[2] Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) – klimatološki podatki in podnebne značilnosti Slovenije.
[3] Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) – podnebne projekcije za Slovenijo.
[4] Bertalanič, R. et al. (2018). *Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja – sintezno poročilo*. Agencija Republike Slovenije za okolje.
[5] EURO-CORDEX – regionalne podnebne projekcije za Evropo (RCP4.5 in RCP8.5).
[6] CrossRisk – podatki o ekstremnih padavinah in povratnih dobah (IDF) za obravnavano lokacijo.
[7] Geološki zavod Slovenije (GeoZS) – Osnovna geološka karta Slovenije 1 : 100.000, List Rogatec.
[8] Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS) – prostorski in reliefni podatki.
[9] Geološko-geotehnična dokumentacija za obravnavano lokacijo – podatki o terenskih raziskavah, geološki sestavi in geotehničnih razmerah.
[10] Projektna dokumentacija za sanacijo usada na lokalni cesti v naselju Gruškovec – tehnične rešitve sanacije in ureditve odvodnjavanja.

Mednarodne smernice in podnebne podlage

[11] IPCC (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
[12] European Commission (2011). *Non-paper Guidelines for Project Managers: Making Vulnerable Investments Climate Resilient*.
[13] European Commission (2021). *Technical Guidance on the Climate Proofing of Infrastructure in the Period 2021–2027* (2021/C 373/01).
[14] JASPERS (2019). *Climate Proofing of Infrastructure Projects*.

Ključni regulativni okvir

[15] Uredba (EU) 2021/1119 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 30. junija 2021 o vzpostavitvi okvira za doseganje podnebne nevtralnosti (Evropski podnebni zakon).