

1 NASLOVNA STRAN ELABORATA 14027-1_9/13

Vrsta elaborata: **9/13 Elaborat podnebnih sprememb**
Ocena tveganja na podnebne spremembe

Investitor:



REPUBLIKA SLOVENIJA
Ministrstvo za infrastrukturo
Direkcija RS za infrastrukturo
Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana

Projekt/Objekt:

Nadgradnja medpostajnega odseka
Ljubljana - Brezovica

Vrsta projektne dokumentacije: **IZVEDBENI NAČRT**

Za gradnjo:

Vzdrževalna dela v javno korist

Projektant:

PROJEKT d.d. NOVA GORICA
Kidričeva 9a, 5000 Nova Gorica
EPI SPEKTRUM d.o.o
Strossmayerjeva ulica 11, 2000 Maribor

Odgovorni predstavnik izdelovalca elaborata:

Boštjan Peršak, univ. dipl. fiz.

Podpis:

EPI SPEKTRUMVarstvo okolja, informacijski sistemi
in storitve d.o.o.
Strossmayerjeva ulica 11, 2000 Maribor, Slovenija

Odgovorni izdelovalec elaborata:

Boštjan Peršak, univ. dipl. fiz.

Podpis:

EPI SPEKTRUMVarstvo okolja, informacijski sistemi
in storitve d.o.o.
Strossmayerjeva ulica 11, 2000 Maribor, Slovenija

Številka načrta:

14027-1_9/13

Številka projekta: **3685**

Kraj in datum:

Nova Gorica, november 2019, dopolnitev

Odgovorni vodja projekta:

Boris Brilly,
univ. dipl. inž. grad.
G-2753

Podpis:

BORIS BRILLY
univ. dipl. inž. grad.
YZS G-2753

ZG50	0098	007.0405	S.1	
-------------	-------------	-----------------	------------	--

S.2 PODATKI O IZVAJALCU

Izdelovalec:

EPI SPEKTRUM

Varstvo okolja, informacijski sistemi in storitve d.o.o.
Strossmayerjeva ulica 11, 2000 Maribor
Tel.: +386 2 234 3060, Fax: +386 2 234 3066
e-mail: info@epi-spektrum.si

Identifikacijska številka:

SI 91816777

Matična številka:

1300342000

Številka transakcijskega računa:

SI56 0228 0005 0942 291 (NLB d.d.)

Delovna skupina:

Odgovorni izdelovalec:

Boštjan Peršak, univ. dipl. fiz.

Podpis:



EPI SPEKTRUM 
Varstvo okolja, informacijski sistemi
in storitve d.o.o.
Strossmayerjeva ulica 11, 2000 Maribor, Slovenija

Podatki o sodelavcih:

mag. Gregor Grošelj, univ. dipl. inž. grad.

Boštjan Peršak, univ. dipl. fiz.

Kraj in datum:

Maribor, november 2019

Direktor:

Boštjan Peršak, univ. dipl. fiz.

Podpis:



EPI SPEKTRUM 
Varstvo okolja, informacijski sistemi
in storitve d.o.o.
Strossmayerjeva ulica 11, 2000 Maribor, Slovenija

S.3 KAZALO VSEBINE

S. SPLOŠNI DEL	1
S.1 SPLOŠNI PODATKI O NAČRTU	1
S.2 PODATKI O IZVAJALCU.....	2
S.3 KAZALO VSEBINE	3
1 SPLOŠNO	5
1.1 UVOD.....	5
1.2 ZAKONSKA IZHODIŠČA	6
1.3 INVESTITOR PROJEKTA.....	7
1.4 CILJI PROJEKTA	7
1.5 PROJEKTNE REŠITVE	8
1.5.1 SPLOŠNO.....	8
1.5.2 ZGORNJI USTROJ	9
1.5.3 SPODNJI USTROJ	9
1.5.4 ODVODNJAVANJE.....	9
1.5.5 DODATNE UREDITVE	9
1.6 EMISIJE TOPLOGREDNIH PLINOV	10
2 OCENA TVEGANJA NA PODNEBNE SPREMEMBE	11
2.1 UVOD.....	11
2.2 METODOLOGIJA IZDELAVE.....	11
2.3 MODUL 1: ANALIZA OBČUTLJIVOSTI.....	12
2.4 MODUL 2A: OCENA IZPOSTAVLJENOSTI PROJEKTA – OBSTOJEČE STANJE.....	15
2.4.1 UVOD	15
2.4.2 KLIMATSKE RAZMERE NA OBMOČJU PROJEKTA	15
2.4.3 OCENA IZPOSTAVLJENOSTI PROJEKTA	23
2.5 MODUL 2B: OCENA IZPOSTAVLJENOSTI – PRIHODNJE STANJE	35
2.5.1 UVOD	35
2.5.2 PRIČAKOVANE SPREMEMBE PODNEBJA	35
2.5.3 OCENA IZPOSTAVLJENOSTI PROJEKTA ZA PRIHODNJE STANJE.....	42
2.6 MODUL 3: ANALIZA RANLJIVOSTI.....	45
2.6.1 MODUL 3A: ANALIZA RANLJIVOSTI – OBSTOJEČE STANJE.....	45
2.6.2 MODUL 3B/1: ANALIZA RANLJIVOSTI – PRIHODNJE STANJE	46
2.6.3 MODUL 3B/2: PODROBNEJŠA ANALIZA RANLJIVOSTI – PRIHODNJE STANJE	49
2.6.3.1 UVOD	49
2.6.3.2 PODROBNEJŠA OCENA RANLJIVOSTI ZARADI POPLAV	49
2.7 MODUL 4: OCENA TVEGANJA	52
2.7.1 UVOD	52
2.7.2 OCENA TVEGANJA ZARADI POPLAV	53
2.8 MODUL 5: PRILAGODITVENI UKREPI.....	53
3 SKLEPNA OCENA	54
4 VIRI	56
P. PRILOGE	57
P.1 OCENA PODNEBNIH SPREMEMB DO SREDINE 21. STOLETJA ZA OBMOČJE ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA-BREZOVICA-BOROVNICA, MOP-ARSO	59

S.4 IZJAVA ODGOVORNEGA IZDELOVALCA ELABORATA

Odgovorni izdelovalec elaborata 14027-1_9/13

Boštjan Peršak, univ. dipl. fiz.

V skladu s 7. točko 27. člena Pravilnika o pogojih in postopku za začetek, izvajanje in dokončanje tekočega in investicijskega vzdrževanja ter vzdrževalnih del v javno korist na področju železniške infrastrukture (Ur. l. RS, št. 82/2006),

I Z J A V L J A M,

1. da je elaborat št. **14027-1_9/13** »Elaborat podnebnih sprememb – Ocena tveganja na podnebne spremembe« skladen z veljavnimi prostorskimi akti in projektno nalogo,
2. da je elaborat skladen z drugimi predpisi, ki veljajo na območju, na katerem bo izveden poseg.

14027-1_9/13

(št. elaborata)

Boštjan Peršak, univ. dipl. fiz.

(ime in priimek, strokovna izobrazba, identifikacijska št.)

Nova Gorica, november 2019

(kraj in datum izdelave)



(osebni žig, podpis)

EPI SPEKTRUM Varstvo okolja, informacijski sistemi
in storitve d.o.o.
Strossmayerjeva ulica 11, 2000 Maribor, Slovenija

1 SPLOŠNO

1.1 UVOD

V okviru posodobitve slovenskega železniškega omrežja je predvidena tudi nadgradnja glavne železniške proge G50 Ljubljana-Sežana-d.m. Predmet investicije je nadgradnja medpostajnega odseka železniške proge Ljubljana-Brezovica. Investitor posega je DRSI d.d. Predmetni elaborat obravnava oceno tveganja na podnebne spremembe z namenom priprave vseh potrebnih ukrepov za zagotovitev odpornosti nove cestne povezave (v nadaljevanju projekt) na pričakovane podnebne spremembe. Lega posega v prostoru je prikazana na sliki 1.



Slika 1: Lega železniške proge, medpostajni odsek Ljubljana-Brezovica

Uredba (EU) 1315/2013 o smernicah Unije za razvoj vseevropskega prometnega omrežja opredeljuje, da je potrebno pri projektnih skupnega interesa, ki se potegujejo za sredstva evropske unije, med drugim upoštevati analizo podnebnih in okoljskih stroškov in koristi, ki bi morala temeljiti na presoji vplivov na okolje, izvedeni v skladu z direktivo 2011/92/EU Evropskega parlamenta in Sveta. Države članice in drugi spodbujevalci projektov bi morali pri načrtovanju infrastrukture ustrezno upoštevati ukrepe za oceno tveganja in prilagoditve, ki bi ustrezno izboljšali odpornost na podnebne spremembe in okoljske nesreče.

Vlada Republike Slovenije je julija 2015 sprejela Strategijo razvoja prometa v Republiki Sloveniji (Strategija) in Okoljsko poročilo za celovito presojo vplivov na okolje za Strategijo razvoja prometa v Republiki Sloveniji (OP). V OP so skladno z Uredbo o okoljskem poročilu in podrobnejšem postopku celovite presoje vplivov na okolje (Uradni list RS, št. 73/05) opredeljeni, opisani in ovrednoteni vplivi izvedbe strategije na okolje, med drugim tudi na podnebne dejavnike. Strategija vključuje med drugim tudi Okoljsko sprejemljivost in obravnava blaženje podnebnih sprememb in prilagajanje podnebnim spremembam.

Skladno s Strategijo razvoja prometa v Republiki Sloveniji je treba ukrepe prometne politike načrtovati na način, ki je gospodaren z viri, kar med drugim pomeni, da zagotavlja ustrezno obravnavo občutljivosti prometne infrastrukture na podnebne spremembe, naravne nesreče in nesreče, ki jih povzroči človek.

Za ureditve nove prometne infrastrukture je treba v skladu s Strategijo zaradi prilagajanja podnebnim spremembam:

- za prometno infrastrukturo v Sloveniji zagotoviti, da je dolgoročno manj občutljiva na posledice ekstremnih padavin zaradi poplav ali nenadne zasneženosti infrastrukturnih površin,
- pri načrtovanju vsake nove gradnje ali nadgradnje obstoječega prometnega omrežja izdelati analizo občutljivosti prometne infrastrukture na navedene ekstremne vremenske pojave ter na podlagi rezultatov analize izdelati načrt ukrepov za trajno zmanjšanje posledic teh pojavov,
- zagotoviti, da izvajanje ukrepov za zmanjšanje občutljivosti prometnega omrežja na ekstremne vremenske pojave postane ena od osrednjih nalog upravljanja s prometnim omrežjem in s tem zmanjšanje škode, ki jo zaradi nezmožnosti uporabe prometnega omrežja utrpijo njegovi uporabniki.

Novogradnje prometne infrastrukture morajo tako vsebovati vse potrebne ukrepe za zmanjševanje ali preprečevanje posledic podnebnih sprememb, predvsem tistih, ki jih povzročajo ekstremni vremenski dogodki (poplave, izraziti nalivi, visoke temperature, orkanski veter, plazenje tal, erozija...).

Strokovna ocena vključuje oceno občutljivosti, izpostavljenosti in ranljivosti projekta ter oceno tveganja na podnebne spremembe upoštevajoč razpoložljive podatke glede na predstavljene in pričakovane scenarije podnebnih sprememb v Sloveniji in na območju projekta.

1.2 ZAKONSKA IZHODIŠČA

Analiza tveganj izvedbe projekta na podnebne spremembe je izdelana na podlagi naslednjih zakonskih aktov in strateških dokumentov:

- Strategija Evropske unije za prilagajanje podnebnim spremembam (COM(2013))
- Strateški okvir prilagajanja podnebnim spremembam, Vlada Republike Slovenije, december 2016
- Strategiji razvoja prometa v Republiki Sloveniji, Vlada Republike Slovenije, sklep št.: 37000-3/2015/8, 29.07.2015
- Non-paper - Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient (European Commission, Directorate General, Climate action)
- Adaptation of transport to climate change in Europe - Challenges and options across transport modes and stakeholders (European Environment Agency Report No. 8/2014)
- Adapting infrastructure to climate change (SWD (2013) 137 final) – 6. Annex, 6.1. Annex 1: Climate risk and impacts on transport infrastructure

1.3 INVESTITOR PROJEKTA

Investitor in Upravljalec železniške proge št. 50 Ljubljana-Sežana-d. m., na odseku Ljubljana-Divača, pododsek Ljubljana-Brezovica, je **Direkcija RS za infrastrukturo** (DRSI d.d.), podatki so v tabeli 1.

Tabela 1: Podatki o investitorju in predstavniku investitorja

Podatek	Investitor
Naziv:	Direkcija RS za infrastrukturo
Sedež (naslov):	Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana
Odgovorna oseba:	Monika Pintar Mesarič, vršilka dolžnosti direktorice
Tel. št.:	+386 (0)1 478-80-02
Elektronski naslov:	gp.drsi@gov.si

1.4 CILJI PROJEKTA

Projekt obravnava nadgradnjo tira in tirnih naprav na 7 km dolgem odseku dvotirne elektrificirane proge Ljubljana-Brezovica, ki poteka od uvozne kretnice na B strani postaje Ljubljana v km 566.625 (L50) oz. 566.578 (D50) do uvozne kretnice na A strani postaje Brezovica v km 573.526 na odseku proge Ljubljana-Divača (zgoraj navedene stacionaže so obstoječe). V sklopu nadgradnje tangiranega odseka je predvidena tudi sanacija obstoječih mostov, podvozov in prepustov, pri čemer se ohranja obstoječa svetla površina.

Cilj projekta je nadgradnja železniške proge G50 Ljubljana-Sežana-d.m., odsek Ljubljana-Divača, in sicer medpostajnega odseka Ljubljana-Brezovica. Zaradi uničenih tirnih gred, kar je posledica dotrajanosti vgrajenih betonskih pragov, brez vgrajenega tamponskega sloja in neustreznega tolčenca prihaja namreč do nestabilnosti tira, slabe elastičnosti tirne rešetke, slabega odvodnjavanja in zablatenosti tirne grede. Zaradi slabe stabilnosti pogosto prihaja do napak v geometriji tira, predvsem do napak v nadvišanju. Posledica je nemirna vožnja.

Namen nadgradnje je:

- Zagotavljanje interoperabilnosti;
- Odprava ozkih grl;
- Dvig kategorije proge na celotnem poteku na D4;
- Povečanje zmogljivosti proge;
- Maksimalno povečanje hitrosti pri čemer naj trasa proge poteka v okviru obstoječega koridorja in zemljišč RS, s ciljem hitrosti potniških vlakov do 160 km/h in tovornih vlakov nad 100 km/h, tako da se doseže izpolnjevanje zahtev po TSI Infrastruktura za prometni kodi P4 in F1.
- Skrajšanje voznih časov;
- Zmanjšanje zamud;
- Odprava počasnih voženj;
- Fleksibilnejše odvijanje prometa v času zapor in prometnih konic;
- Uporabniku prijaznejša infrastruktura;
- Povečanje stopnje varnosti;
- Povečanje zanesljivosti oskrbe z električno energijo;
- Višji izkoristek električne energije, ki nastane pri elektrodinamičnem zaviranju vlakov;
- Učinkovito upravljanje s stroški z upoštevanjem stroškov vzdrževanja za celotno življenjsko dobo objekta ter zmanjšanje potrebnega števila zapor proge (tira) za potrebe vzdrževanja;
- Omogočena vožnja sodobnih vlakov;
- Odprava in preprečevanje negativnih vplivov na okolje;
- Zmanjšanje tveganj zaradi izrednih vremenskih razmer;
- Zmanjšanje obremenjenosti s hrupom na poselitvenih območjih.

1.5 PROJEKTNE REŠITVE

1.5.1 SPLOŠNO

Projektne rešitve so povzete iz tehničnega opisa IZN št. 3685 (SŽ – Projektivno podjetje Ljubljana d.d., september 2019 /1/).

Glavna železniška proga št. 50 Ljubljana – Sežana – d.m. na odseku Ljubljana – Divača je dvotirna elektrificirana proga, ki je bila zgrajena v obdobju 1846 - 1857 kot del »Južne železnice« Dunaj – Trst. Proga je elektrificirana s 3kV enosmernim sistemom vleke. Največji nagib nivelete znaša 11,33 ‰. Hitrosti na progi so na odseku Ljubljana - Borovnica 100 km/h, v nadaljevanju do Divače pa med 75 in 80 km/h. Na postaji Pivka se proga cepi proti hrvaškemu pristanišču Reka. Na postaji Divača se proga nadaljuje proti postaji Sežana in cepi proti pristanišču Koper. V skladu z UIC 700 je proga deklarirana za osni pritisk 22,5 t/os. Kategorija proge je D3.

Medpostajni odsek Ljubljana-Brezovica poteka od uvozne kretnice na B strani postaje Ljubljana v km 566.625 (L50) oz. 566.578 (D50) do uvozne kretnice na A strani postaje Brezovica v km 573.526 na odseku proge Ljubljana-Divača. Hitrost na progi je 100km/h za vse vrste vlakov. Promet je na obeh progah obojestranski, na odseku so trije nivojski prehodi zavarovani z avtomatskimi polzapornicami v km 568+930, km 569+426 in v km 571+817. Na odseku proge, ki je predviden za obnovo se nahajajo naslednji premostitveni objekti:

- prepust, km 568+012.33, obokani kamnito betonski podhod, l=1,45m
- prepust, km 568+248.76, obokani kamnito betonski podhod, l=1,45m
- podvoz, km 568+398.62, AB podvoz, l=10,30m
- prepust, km 568+512.17, obokani kamnito opečnati prepust, l=1,85m
- prepust, km 568+629.20, obokani kamnito betonski podhod, l=1,33m
- podvoz, km 569+083.12, obokani kamniti most, l=9,50m
- prepust, km 569+255.12, obokani kamnito betonski podhod, l=0,90m
- prepust, km 569+350, obokani kamnito betonski prepust, l=1,40m
- prepust, km 569+476.54, obokani kamnito betonski prepust, l=1,40m
- podvoz, km 569+695.45, obokani kamniti most, l=7,70m
- prepust, km 569+717.10, AB podhod, l=4,00m
- prepust, km 570+287.46, ploščati in obokani kamnito betonski prepust, l=1,90m
- most, km 570+807.28, jeklen polnostenski most, l=30,34m
- prepust, km 570+950.33, pokrit betonski prepust, l=0,95m
- prepust, km 571+663.65, pokrit betonski prepust, l=1,90m
- podvoz, km 572+258.28, obokani kamnito betonski most, l=5,70m
- prepust, km 572+465.00, obokani kamnito betonski prepust, l=3,40m
- prepust, km 572+587.53, obokani kamnito betonski prepust, l=3,40m
- prepust, km 572+704.90, obokani kamnito betonski prepust, l=1,90m
- prepust, km 572+989.57, obokani kamnito betonski prepust, l=1,46m
- podvoz, km 573+163.05, AB ploščati podvoz, l=4,98m
- prepust, km 573+345.38, obokani betonski prepust, l=1,40m

V okviru nadgradnje proge je začetek meje obdelave postavljen v izvozne kretnice postaje Ljubljana (levi tir km 566+625.882 in desni tir 566+577.883). Konec odseka je v uvozni kretnici postaje Brezovica in sicer (levi tir km 573+527.415 in desni tir km 573+570.819). Dolžina levega tira je 6.901,533 m in desnega tira 6.992,936 m. Upoštevana je potrebna zavorna razdalja 1.000m, vsi elementi zgornjega in spodnjega ustroja so projektirani za kategorijo proge D4 (22.5 t/os, 8.0 t/m) in dovoljujejo maksimalne hitrosti vlakov $V_{max} = 100 - 160$ km/h in sicer:

- klasični vlaki 100 - 130 km/h,
- lahki potniški vlaki z manjšim nagibnim koeficientom 100 - 140 km/h in
- vlaki z nagibno tehniko 100 - 160 km/h.

Potek nivelete od začetka obnovljene proge do priključka na obstoječo je podoben poteku nivelete obstoječe proge z manjšimi popravki, le na območju parka Tivoli v Ljubljani je v izogib prevelike razlike med

niveletama levega in desnega tira v krivinah izvedena višinska sprememba poteka tira do 50 cm. Vzponi oz. padci se gibajo okrog do cca 4.00 %, odseki z enakomernim vzponom so na obnovljenem odseku daljši od obstoječega stanja.

V sklopu izvedbe nadgradnje je predvidena zaščita in eventualno potrebna prestavitev obstoječih SVTK in drugih kablov oziroma komunalnih vodov, odvodnjavanje površinskih voda, nasipi in stebri vozne mreže ter ureditev ostale infrastrukture (postajališča, mostovi, prepusti).

1.5.2 ZGORNJI USTROJ

Predvidena je vgradnja tirnic 60 E 1 zvarjenih v dolgi tirni trak na betonskih pragih pritrjenih z elastičnim pritrdilnim materialom v nagibu 40:1, pritrditev bo elastična tipa Pandrol. Pragi bodo novi, betonski, dolžine 2,60 m, razmik med osmi sosednjih pragov bo 0,6 m, kar ustreza kategoriji proge D4.

Tirnice in kretnice bodo zvarjene in vključene v neprekinjeno zvarjeni tir (NZT). Pri varjenju smo upoštevali, da se bo ta odsek izvajal po izvedeni nadgradnji postaje Brezovica.

1.5.3 SPODNJI USTROJ

Sanacija spodnjega ustroja, ki je na večjem delu medpostajnega odseka proge precej dotrajan, bo izvedena tako, da bo tir ustrezal kategoriji proge D4 (22.5 t/os, 8.0 t/m).

Ureditev temeljnih tal in planuma proge se izvede z dvostranskim (strešnim) naklonom v padcu 5 % proti sistemu odvodnjavanja. Minimalna širina planuma od osi tira do roba znaša v premi 3.36 m, tako da znaša celotna širina planuma v premi 11.14 m. Ob nadvišanju v krivinah na zunanji bankini predvidevamo razširitev do 40 cm ali zožanje na notranji stran krivine za 25 cm odvisno od velikosti nadvišanja. Zagotovljena je minimalna širina bankine 0.60 m na desni strani. Zaradi vgradnje SVTK betonskih kabelskih korit se bankina na levi strani razširi na 1 m.

1.5.4 ODVODNJAVANJE

Projekt nadgradnje proge predvideva odvodnjevanje tirov z odprtimi jarki s kanaletno in vzdolžnimi drenažami ponikovalniki jarki. Odprti jarki so projektirani na vseh mestih, kjer je bilo dovolj prostora za njihovo postavitve. Zaradi premajhnega naklona jarkov smo uporabili tudi betonske kanalete. Na nekaterih odsekih se tira odvodnjavata tako, da se odstrani material na bankini.

Na odseku od začetka rekonstrukcije do Malega Grabna je možno odvodnjavati trup proge z drenažnim ponikovalnim jarkov kjer je tak način odvodnje potreben.

1.5.5 DODATNE UREDITVE

1.1.1.1. POSTAJALIŠČE LJUBLJANA TIVOLI

Projektiranje nadgradnje postajališča Ljubljana Tivoli je bilo izdelano v okviru ločenega naročila in projektne naloge s predvideno ureditvijo montažnega zavetišča, postavitvijo stojal za kolesa, betonskih klopi, košev za smeti in informacijskih oznak. Nadgradnja je bila izvedena v letu 2018. V okviru IZN je izdelan načrt ureditve višine peronov 55 mm nad GRT vključno z prilagoditvijo izvennivojskega dostopa za potrebe funkcionalno oviranih oseb, perona sta smerno prilagojena poteku osi obeh tirov. Oba perona se podaljšata cca za 10 m, s tem se oba perona podaljšata z obstoječih 150 m na 160 m.

1.1.1.2. POSTAJALIŠČE DOLGI MOST

Novo postajališče Dolgi most je bilo obdelano v okviru zgoraj omenjenega projekta iz leta 2016. Projektne rešitve postajališča so bile izvedene tekom izdelave pričujočega projekta in so upoštevane pri izdelavi pričujočega projekta, tako da bo celoten projekt skladen s TSI. Trasa proge se na tem delu prilagodi že izvedenemu postajališču.

1.1.1.3. NIVOJSKA KRIŽANJA

V okviru projekta IZN so bodo nadgradila naslednja nivojska križanja:

- NPr 568.9 (Gregorinova) v km 568.93, NPr Gregorinova ostane v funkciji in je preprojektiran za najvišjo progovno hitrost.
- NPr 569.4 (Viška) v km 569.426, NPr Viška cesta skladno z odločbo Ministrstva za promet ostane v funkciji in je preprojektiran za najvišjo progovno hitrost.
- NPr 571.8 (Kozarška) v km 571.817, NPr Kozarška ostane v funkciji in je preprojektiran za najvišjo progovno hitrost.

1.1.1.4. PREMOSTITVENI OBJEKTI

V km 570+809 se nahaja jeklen most za katerega je predvidena zamenjava jeklene konstrukcije z armirano betonsko. Za ploščate prepuste, podhode in mostove je načeloma predvidena gradnja novih parapetov ali dvig parapeta, postavitev nove ograje ali PHO, obnova hidroizolacije in razpok na krilnih zidovih. Na vseh objektih je predvidena ureditev hidroizolacije. Na vseh objektih se zagotavlja GC profil. Na obokanih prepustih se v skladu z načrtom na posameznih objektih izvede razbremenilne plošče.

1.1.1.5. NOVA KONSTRUKCIJA MOSTU MALI GRABEN

Konstrukcija je zasnovana kot armirano betonski okvir preko treh polj. Statični razponi znašajo 10.5 m, 13.0 m in 10.5 m. Objekt je poševen, kot križanja prometnice in vodotoka znaša 80°. Prekladno konstrukcijo predstavljajo vbetonirani jekleni valjani nosilci HE-B 450 z 10 cm betonom nad zgornjo pasnico. Jekleni nosilci so kontinuirno položeni preko podpor. Uvaljani jekleni nosilci morajo biti dobavljeni v enem komadu in torej ne smejo biti čelno varjeni. Nad vmesnimi podporami se nad nosilci vgradi negativna armatura, na preostalem delu pa konstrukcijska armatura skladna z nemškimi predpisi DS804.

Prekladna konstrukcija je podprta na neoprenskih ležiščih. Zaradi tehnologije gradnje je prekladna plošča med levim in desnim tirom dilatirana. Na krajnem oporniku v smeri Ljubljane so ležišča vzdolžno nepomična, na ostalih podporah pa vzdolžno pomična. Na vseh oseh podpor je pod vsako prekladno konstrukcijo po eno ležišče prečno nepomično.

Podkonstrukcija je sestavljena iz krajnih opornikov in dveh vmesnih podpornih sten. Opornik, na katerem so nameščena vzdolžno nepomična ležišča, je bolj tog in prevzema vso horizontalno obtežbo, medtem ko se prečna obtežba prenaša na vse podpore.

Zaradi zagotavljanja vzdolžne horizontalne togosti konstrukcije je krajni opornik v osi podpore 1 zasnovan masivno in to tako, da ima pilote razporejene v dveh vrstah, ki jih povezuje masivna stena opornika in vzporedna krila.

Vmesne podpore so v vzdolžni smeri izolirane od prekladne konstrukcije, tako da se vse vzdolžne obtežbe prenašajo skoraj izključno samo na krajni opornik v osi 1. Na preostale podpore se prenese samo del vzdolžne horizontalne sile, ki je pogojena s strižno odpornostjo neoprenskih ležišč. Vmesne podpore so tako zasnovane kot strižne stene debeline 70 cm. Na vrhu imajo oblikovan kapitel, ki s svojo povečano širino omogoča namestitev neoprenskih ležišč.

1.6 EMISIJE TOPLOGREDNIH PLINOV

Železniško omrežje na obravnavanem odseku je v celoti elektrificirano, neposrednih emisij toplogrednih plinov zaradi prometa po železniški progi ne bo.

2 OCENA TVEGANJA NA PODNEBNE SPREMEMBE

2.1 UVOD

Uredba (EU) 1315/2013 o smernicah Unije za razvoj vseevropskega prometnega omrežja opredeljuje, da je potrebno pri projektnih skupnega interesa, ki se potegujejo za sredstva evropske unije, med drugim upoštevati analizo podnebnih in okoljskih stroškov in koristi, ki bi morala temeljiti na presoji vplivov na okolje, izvedeni v skladu z direktivo 2011/92/EU Evropskega parlamenta in Sveta. Države članice in drugi spodbujevalci projektov bi morali pri načrtovanju infrastrukture ustrezno upoštevati ukrepe za oceno tveganja in prilagoditve, ki bi ustrezno izboljšali odpornost na podnebne spremembe in okoljske nesreče.

Vlada Republike Slovenije je julija 2015 sprejela Strategijo razvoja prometa v Republiki Sloveniji (Strategija) in Okoljsko poročilo za celovito presojo vplivov na okolje za Strategijo razvoja prometa v Republiki Sloveniji (OP). V OP so skladno z Uredbo o okoljskem poročilu in podrobnejšem postopku celovite presoje vplivov na okolje (Uradni list RS, št. 73/05) opredeljeni, opisani in ovrednoteni vplivi izvedbe strategije na okolje, med drugim tudi na podnebne dejavnike. Strategija vključuje med drugim tudi Okoljsko sprejemljivost in obravnava blaženje podnebnih sprememb in prilagajanje podnebnim spremembam.

Analiza tveganja na podnebne spremembe je izdelana skladno z Guidelines for Project Managers: Marking vulnerable investments climate resilient (Smernice):

- https://www.acclimatise.uk.com/login/uploaded/resources/non_paper_guidelines_project_manage_rs_en.pdf

pri čemer so uporabljena izhodišča, navedena v »Background report to the IA, Part II«:

- https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/adaptation/what/docs/background_report_part1_en.pdf

Strokovna analiza vključuje oceno občutljivosti, izpostavljenosti, ranljivosti in tveganja projekta na podnebne spremembe upoštevajoč razpoložljive podatke glede na predstavljene in pričakovane scenarije podnebnih sprememb v Sloveniji in na območju projekta.

2.2 METODOLOGIJA IZDELAVE

Metodologija izdelave analize tveganja projekta na podnebne spremembe v največji možni meri sledi metodologiji kot jo določajo Smernice. Ocena tveganja na podnebne spremembe v fazi pred izdelavo projektne dokumentacije IDP vključuje naslednje module:

- Modul 1: Analiza občutljivosti projekta
- Modul 2: Ocena izpostavljenosti projekta
 - o Modul 2a: Ocena izpostavljenosti za obstoječe stanje
 - o Modul 2b: Ocena izpostavljenosti za prihodnje stanje
- Modul 3 Analiza ranljivosti projekta
 - o Modul 3a: Analiza ranljivosti za obstoječe stanje
 - o Modul 3b: Analiza ranljivosti za prihodnje stanje
- Modul 4: Ocena tveganja
- Modul 5: Prilagoditveni ukrepi

V Modulu 1 je skladno s Smernicami analizirana občutljivost projekta. V Modulu 2 je ocenjena izpostavljenost projekta za obstoječe stanje ter izpostavljenost projekta za prihodnje stanje.

V Modulu 3 je analizirana ranljivost projekta za obstoječe in za prihodnje stanje na podlagi razpoložljivih podatkov ter ponovljena analiza ranljivosti projekta glede na podrobnejšo preučitev projekta in predvidenih prilagoditvenih ukrepov. V Modulu 4 je za poseg izvedena ocena tveganja za najbolj kritične podnebne dejavnike, vključno z oceno predvidenih prilagoditvenih ukrepov iz projekta IZN. V zaključnem delu je podana splošna ocena posega glede odpornosti na podnebne spremembe.

Podatki za analizo tveganja na podnebne spremembe so povzeti iz državnih baz podatkov o klimatskih dejavnikih in stanju okolja, dostopnih na spletni strani Agencije RS za okolje, podatki o možni izpostavljenosti projekta iz projektne dokumentacije.

Napoved pričakovanih sprememb podnebja je povzeta iz dokumentov:

- ARSO podatkovna baza (www.arso.si),
- <http://www.eea.europa.eu/themes/climate/european-climate-adaptation-platform-climate-adapt>,
- Ocena podnebnih sprememb do sredine 21. stoletja za območje železniške proge Ljubljana-Brezovica-Borovnica, avgust 2019

Metodologija analiz in vrednotenja po posameznih modulih je opisana podrobneje v ustreznih poglavjih v nadaljevanju.

2.3 MODUL 1: ANALIZA OBČUTLJIVOSTI

Tveganja pričakovanih podnebnih sprememb za železniško in cestno infrastrukturo so povzeta po dokumentu Adaptation of transport to climate change in Europe, Challenges and Options across transport modes and stakeholders (EEA Report, no. 8/2014):

- <http://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>

V dokumentu so opredeljene možne posledice podnebnih sprememb na železniško in cestno infrastrukturo, dodatno je opredeljen časovni okvir pričakovanih vplivov ter regije, ki bodo najbolj izpostavljene posameznemu podnebnemu dejavniku. Podatki o prevladujočih podnebnih dejavnikih, ki lahko vplivajo na železniško in cestno infrastrukturo, so v tabeli 2.

Železniška in cestna infrastruktura je občutljiva predvsem na ekstremne nevihte in z njimi povezane intenzivne padavine, v manjši meri tudi na močne sunke vetra, ekstremne temperature in zmrzovanje. Po oceni bodo vplivi zaradi ekstremnih padavin in vročine na območju Južne in Srednje Evrope srednje negativni do leta 2025 in visoko negativni do leta 2080.

Pričakovana sprememba podnebnih dejavnikov na območju nadgradnje železniške proge v prihodnjem obdobju je naslednja:

- ekstremne padavine: srednje negativna do leta 2025 in visoko negativna do leta 2070,
- poletna vročina: srednje negativna do leta 2070,
- zmrzovanje: nevtralna do leta 2050 oz. do leta 2070.

Metodologija analize občutljivosti posega je povzeta po Smernicah v kombinaciji s potencialnimi vplivi podnebnih sprememb na železniško in cestno infrastrukturo in opredeljuje občutljivost področij, za katera bi opredeljene spremenljivke lahko predstavljale tveganje.

Občutljivost je opredeljena po naslednjih stopnjah:

- velika občutljivost: podnebna spremenljivka/nevarnost ima lahko velik vpliv (rdeče),
- srednje občutljivost: podnebna spremenljivka/nevarnost lahko nekoliko vpliva (oranžno),
- neobčutljivost: podnebna spremenljivka/nevarnost nima nobenega učinka (zeleno).

Ocena občutljivosti posega na podnebne spremenljivke, ki bi lahko vplivale na obravnavano investicijo glede na opredeljeno izpostavljenost širše srednjeevropske regije je v tabeli 3. Skladno s Smernicami so bili za vsako spremenljivko ocenjeni sekundarni učinki oziroma nevarnosti, ki lahko predstavljajo tveganje in so lahko povezani z občutljivostjo posega na podnebne spremembe. Presoja nabora sekundarnih učinkov iz Smernic obsega oceno vpliva na:

- »on site«, na mestu posega (lokacija posega),
- »outputs«, na izhodu (varnost prometa, koristi uporabnikov,...),
- »transport links«, prometne povezave.

Tabela 2: Potencialni vplivi podnebnih sprememb na železniško infrastrukturo

Podnebni dejavnik	Tveganja	Časovni okvir pričakovanih vplivov	Izpostavljeno območje
Ekstremne temperature, požari in suša (poletna vročina)	<ul style="list-style-type: none"> – uklon (raztezanje) tirov – utrujenost materiala zaradi notranjih napetosti tirov – povečana nestabilnost nasipov – pregrevanje opreme (npr prezračevanje motorja, klima) – raztezanje/uklon mostov – povečanje možnosti nastanka uničujočih požarov – neustrezne mikroklimatske razmere v objektih in voznih sredstvih – neustrezne mikroklimatske razmere za zaposlene ob vročinskih valovih – povečanje temperature ob zmanjšanju poletnih padavin pomeni večjo izpostavljenost za plazenje 	Srednje negativni (2025; 2080) do visoko negativni (2080)	Južna Evropa srednje negativni do leta 2025 in visoko negativni do leta 2080. Zahodna, vzhodna in srednja Evropa srednje negativni do leta 2080. Območje posega srednje negativno do leta 2070.
Zimski mraz in žled (zmrzovanje)	<ul style="list-style-type: none"> – led na vlakih in vozni mreži – povečanje zmrzljinske globine povzroča zmanjšanje stabilnosti tampona proge 	Srednje negativni (2025; 2080);	Severna in srednja Evropa. Območje posega nevtralnno do leta 2050 oz. 2070.
Ekstremne padavine v povezavi s poplavami, erozijo in plazanjem	<ul style="list-style-type: none"> – škoda na infrastrukturi zaradi poplav in/ali zemeljskih plazov – erozija in posledično plazenje na tire – porušenje (nestabilnost) nasipov pri spiranju materiala – težave pogonskih agregatov pri snežnih zametih – težave zaradi podrtih dreves, padajočih skal in objektov na progi 	Srednje negativni (2025) do visoko negativni (2080).	Celotno območje Evrope. Območje posega negativno do leta 2050 in visoko negativno do leta 2070.
Ekstremne nevihte	<ul style="list-style-type: none"> – škoda na infrastrukturi, kot so prometna signalizacija, signali, napajalni kabli itd zmanjšana varnost – povečani stroški obnove in vzdrževanja – zmanjšana varnost potnikov in osebja zaradi zdrsov zaradi možnih zdrsov – motnje v pravočasni dobavi blaga in potnikov – nevarnost za podiranje drevnine koncentracija odpadlega listja 	Ni informacij.	Ni informacij.
Veter (povprečni in ekstremni)	<ul style="list-style-type: none"> – škoda na infrastrukturi, kot so prometna signalizacija, signali, napajalni kabli itd (na primer zaradi padajočih dreves, itd) – nepredvideno resonančno nihanje napajalnih kablov – motnje v pravočasni dobavi blaga in potnikov – nevarnost za podiranje drevnine in lomljenje vej 	Ni natančnih modelov za vetrne razmere.	Ni informacij.

Glede na stanje na širšem makro regionalnem nivoju je občutljivost posega na podnebne spremembe opredeljena ocenjena z:

- a) **Veliko občutljivostjo na podnebne spremenljivke, ki so povezane z ekstremnimi padavinami.** Ekstremne padavine so pričakovane na območje celotne Evrope, vplivi pa opredeljeni kot srednje negativni do 2025 do visoko negativni do leta 2080. Ekstremne padavine lahko vplivajo na povečan obseg poplav, erozijo, zemeljske plazove, nestabilnosti npr. nasipov in s tem možnost povečanja povzročitve škode na infrastrukturi. Velika občutljivost posega je pričakovana na:
- poplave,
 - nestabilnost tal/zemeljske plazove.
- b) **Srednjo občutljivostjo na podnebne spremenljivke, ki so povezane s poletno vročino in zimskim mrazom:** Poletna vročina lahko povzroči uklon/raztezanje tirov (rail buckling), utrujenost materiala, povečano nestabilnost nasipov, pregrevanje opreme in povečanje možnosti nastanka uničujočih požarov, ki lahko poškodujejo infrastrukturo. Zimski mraz (zmrzovanje) lahko povzroči led na vlakih in vozni mreži. Srednja občutljivost posega je pričakovana na naslednje podnebne spremenljivke:
- ekstremno povečanje temperatur,
 - sušo,
 - gozdne požare,
 - zmrzovanje in
 - žled.
- Srednja občutljivost je opredeljena tudi za podnebne spremenljivke, ki so povezane z ekstremnimi nevihtami in sunki vetra.** Ekstremne nevihte lahko povzročijo škodo na infrastrukturi, kot so prometna signalizacija, signali, napajalni kabli itd (na primer zaradi padajočih dreves) in na splošno zmanjšano varnost ter povečane stroške obnove in vzdrževanja, motnje v pravočasni dobavi blaga in potnikov. Skladno z oceno je poseg srednje občutljiv tudi za:
- nevihte,
 - ekstremne sunke vetra,
 - erozijo tal.
- c) projekt ni občutljiv na:
- povprečno hitrost vetra: Glede na geografsko lego posega in najpogostejše vetrove na tem območju je poseg bolj izpostavljen maksimalni kot povprečni hitrosti vetra.

Matrika ocene občutljivosti železniške proge na odseku Ljubljana - Brezovica na podnebne spremembe je v tabeli 3. Pomembne podnebne spremenljivke in z njimi povezane nevarnosti so tiste, ki štejejo za veliko ali srednjo občutljivost.

Železniška infrastruktura, ki je predvidena v okviru nadgradnje proge, je občutljiva predvsem na naslednje podnebne dejavnike:

- velika občutljivost: poplave in zemeljski plazovi/nestabilnost tal,
- srednja občutljivost: nevihte, ekstremni sunki vetra, erozija tal, poletna vročina, suša, gozdni požari, zmrzovanje in žled.

Tabela 3: Matrika analize občutljivosti železniške infrastrukture na podnebne spremembe

OBČUTLJIVOST / PODNEBNI DEJAVNIK	EKSTREMNE TEMPERATURE	POVPREČNA HITROST VETRA	EKSTREMNI SUNKI VETRA	NEVIHTE	POPLOVE	EROZIJA TAL	GOZDNI POŽARI	NESTABILNOST TAL / PLAZOVI	SUŠA	ZMRZOVANJE	ŽLED
Lokacija posega - obstoječe stanje (On-site)	Orange	Green	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Orange
Koristi infrastrukture (uporabniki, prihodki)	Green	Green	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Orange
Prometne povezave	Orange	Green	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Orange

Legenda:

<i>Občutljivost</i>	<i>Ni občutljivosti</i>	<i>Srednja</i>	<i>Velika</i>
---------------------	-------------------------	----------------	---------------

2.4 MODUL 2A: OCENA IZPOSTAVLJENOSTI PROJEKTA – OBSTOJEČE STANJE

2.4.1 UVOD

Iz analize občutljivosti nadgradnje železniške proge Ljubljana-Brezovica na podnebne spremembe sledi, da so pomembni dejavniki za vrednotenje izpostavljenosti posega v obstoječem stanju dejavniki, ki so bili ocenjeni kot visoko in/ali srednje občutljivi. To so naslednji podnebni dejavniki:

- poplave,
- nestabilnost tal/plazovi
- ekstremne temperature,
- ekstremni sunki vetra,
- nevihte,
- erozija tal,
- gozdni požari,
- suša,
- zmrzovanje,
- žled.

Za oceno izpostavljenosti so bile v prvi fazi preučene razmere na obstoječi železniški progi, na podlagi opredeljene občutljivosti po posameznem dejavniku pa je bila skladno s Smernicami ocenjena izpostavljenost posega glede na razmere v obstoječem stanju.

2.4.2 KLIMATSKE RAZMERE NA OBMOČJU PROJEKTA

Uvod

Območje Ljubljanske kotline sodi v klimatskem smislu v območje s tipičnimi kontinentalnimi klimatskimi potezami, za kar je značilna relativno velika letna temperaturna amplituda, oz. topla poletja in mrzle zime. Zlasti na vlažnejših tleh in v bližini vodnih površin se v jesenskem in zimskem času pogosteje pojavlja megla. Letni režim padavin pozna dva viška: primarnega v juniju, ki je posledica konvektivnih padavin in sekundarnega septembru in oktobru, ki je posledica pogostejših frontalnih padavin.

Pri analizi klimatskih razmer so bili uporabljeni dolgoletni povprečni klimatski podatki ARSO-Urada za meteorologijo RS za obdobje med letoma 1981 in 2010 za klimatološko postajo Ljubljana Bežigrad, podatki o vetru so za obdobje med letoma 2001 in 2018 za klimatološko postajo Ljubljana. V analizo so vključeni naslednji klimatski parametri:

- temperaturne razmere,
- vlažnost zraka,
- oblačnost in pogostost megle,
- padavinske razmere,
- vetrovne razmere.

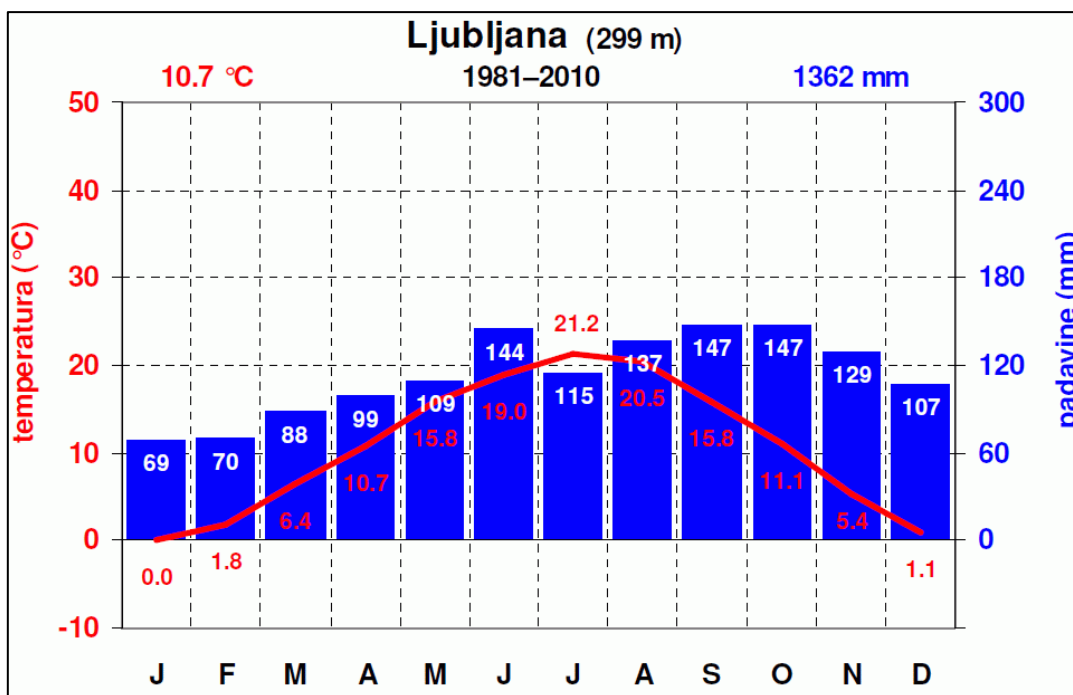
Temperaturne razmere

Povprečna letna temperatura v opazovanem obdobju znaša 10.9°C. Najtoplejši je julij, ko znaša srednja mesečna temperatura 21.3°C, najhladnejši pa januar z 0.3°C. Povprečne mesečne maksimalne temperature se nikoli ne spustijo pod 0.0°C, še najnižje so v januarju (3.4°C), povprečne maksimalne mesečne temperature so najvišje v juliju (27.3°C) in avgustu (26.7°C). Povprečna mesečna minimalna temperatura, ki je praviloma izmerjena v jutranjem času, je najnižja v januarju (-2.5°C) in februarju (-2.0°C), v najtoplejšem mesecu juliju pa je 15.5°C. Srednje ekstremne temperature letno nihajo za 29.8°C, kar je značilnost kontinentalnega podnebja.

O kontinentalnih temperaturnih značilnostih priča tudi podatek o številu mrzlih dni, ko najnižja temperatura ne preseže 0.0°C. Takih dni je letno kar 83, največ pa v januarju (23) in decembru (20). Mrzli dnevi se lahko pojavljajo tudi v februarju, marcu in novembru. Zato se zlasti pozimi, pa tudi v spomladanskih in jesenskih jutrih na obravnavanem območju zaradi nizkih temperatur in dolinske lege lahko pojavljata megla in poledica. Podatki o temperaturnih razmerah v obdobju 1981–2010 so v tabeli 4.

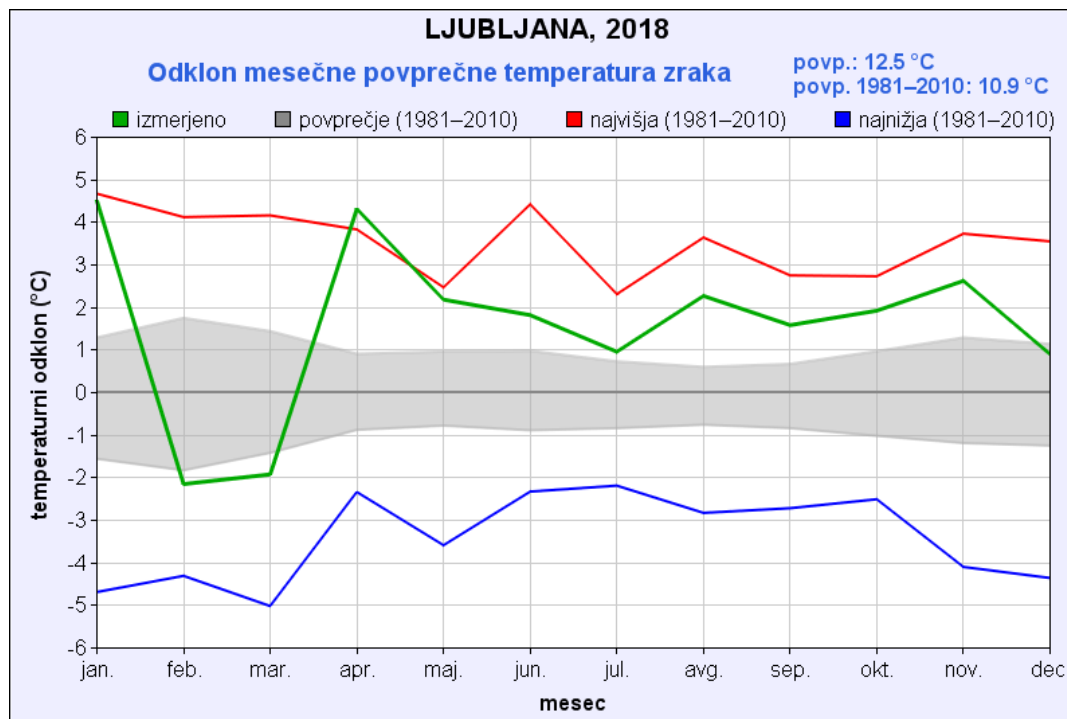
Tabela 4: Temperaturne razmere na klimatološki postaji Ljubljana-Bežigrad (1981-2010) (vir: Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS)

Parameter	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
Pov. temperatura (°C)	0.3	1.9	6.5	10.8	15.8	19.1	21.3	20.6	16	11.2	5.6	1.2	10.9
Pov. najvišja temperatura (°C)	3.4	6.4	11.4	16.1	21.4	24.6	27.3	26.7	21.6	15.9	8.8	3.8	15.6
Pov. najnižja temperatura (°C)	-2.5	-2.0	1.7	5.8	10.3	13.7	15.5	15.2	11.5	7.7	2.8	-1,1	6.6
Abs. najvišja temperatura (°C)	15.8	19.7	24.3	27.8	32.4	35.6	37.1	37.3	30.3	25.8	20.9	16.7	37.3
Abs. najnižja temperatura (°C)	-20.3	-18.0	-14.1	-3.2	0.2	3.8	7.4	5.8	3.1	-5.2	-14.5	-14.5	-20.3
Št. dni z najnižjo temp. ≤ 0 °C	23	19	10	1	0	0	0	0	0	1	9	20	83
Št. dni z najvišjo temp. ≥ 25 °C	0	0	0	0	8	15	23	21	6	0	0	0	73



Slika 2: Povprečne mesečne temperature zraka in količina padavin v obdobju 1981-2010 za klimatološko postajo Ljubljana Bežigrad (vir: Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS)

Povprečne mesečne temperature v obdobju 1981-2010 za klimatološko postajo Ljubljana Bežigrad so prikazane na sliki 2, primerjava povprečnih temperatur za leto 2018 z dolgoletnim povprečjem (1981-2010) na sliki 3.



Slika 3: Primerjava mesečne povprečne temperature zraka za leto 2018 z dolgoletnim povprečjem (1981-2010) za klimatološko postajo Ljubljana-Bežigrad (vir: Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS)

Na klimatološki postaji Ljubljana Bežigrad povprečna letna temperatura v obdobju 1981-2010 znaša 10.9°C, v letu 2018 pa je bila povprečna temperatura 1.6°C višja. Največji odklon povprečne mesečne temperature od dolgoletnega povprečja je bil v letu 2018 v mesecih februar in april.

Vlažnost zraka

Srednja letna relativna vlažnost je najvišja zjutraj (89%), najnižja pa ob 14. uri (60%). Jutranja relativna vlažnost ob 7. uri je med avgustom in marcem vselej okrog 90 %. Zato sta pojava megle in zamegljenosti v teh mesecih v jutranjem času pogost pojav, vendar pa se zlasti v poznem poletju in zgodnji jeseni jutranja megla dopoldne hitro razkroji, pozimi pa pogosto vztraja tudi ves dan. Zlasti v anticiklonalnih vremenskih situacijah se megla lahko zadržuje ves dan. Podatki o vlažnosti so v tabeli 5.

Tabela 5: Relativna vlažnost zraka na klimatološki postaji Ljubljana Bežigrad (1981-2010) (vir: Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS)

Parameter	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
Pov. relativna vlaga ob 7. uri (%)	90	89	88	87	85	84	84	90	94	93	92	91	89
Pov. relativna vlaga ob 14. uri (%)	74	62	55	51	50	52	48	50	57	65	73	79	60

Oblačnost

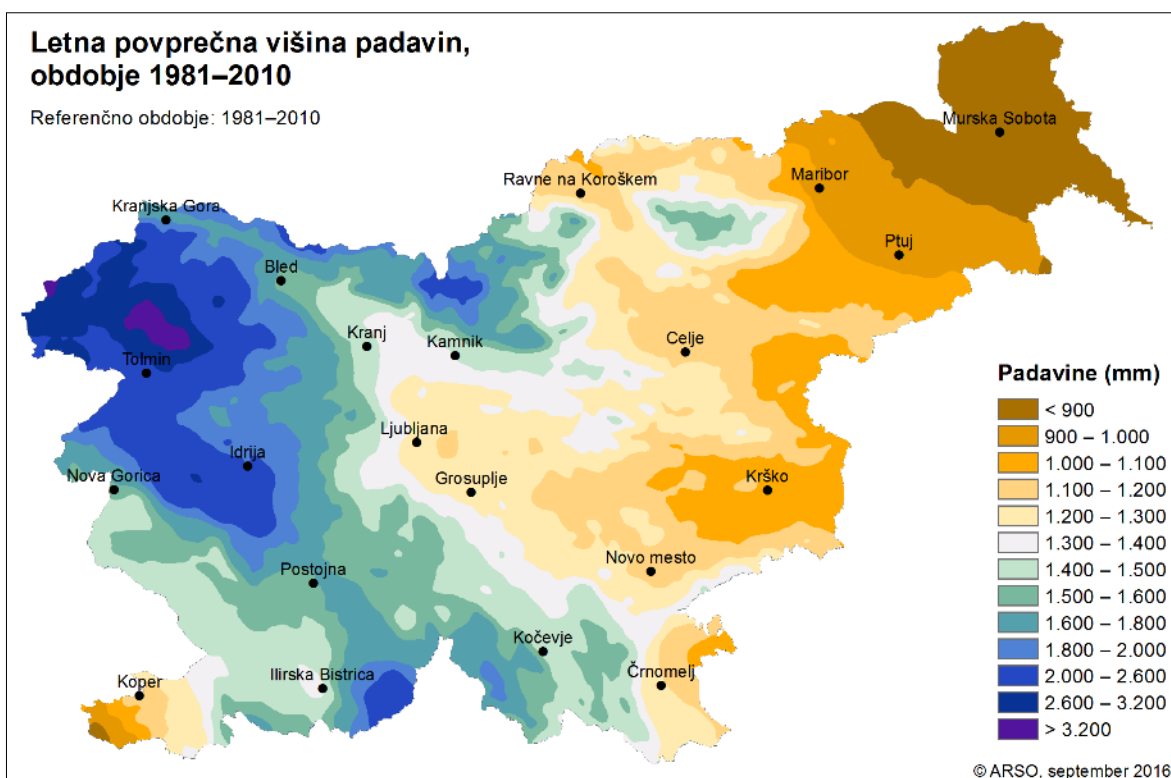
Letno je samo 37 jasnih dni (z oblačnostjo pod 2.0 desetina), od tega največ v avgustu (6). Najmanj jasnih dni je v hladni polovici leta: oktobra 1 ter novembra 1. Majhno število jasnih dni gre ne le na račun nizke oblačnosti ali oblačnosti ob prehodih front, pač pa tudi na račun megle zaradi kotlinske lege. Letno se pojavi kar 130 oblačnih dni (z oblačnostjo nad 8.0 desetina), kar pomeni, da je več kot vsak tretji dan v letu stopnja oblačnosti večja od 8.0 desetina. Največ oblačnih dni je v novembru, decembru in januarju (vsak drugi dan), vendar ta oblačnost ni samo posledica pogostega pojava megle, pač pa tudi nizke oblačnosti, ki se v anticiklonalnih vremenskih situacijah lahko zadrži tudi po več dni skupaj.

Padavinske razmere

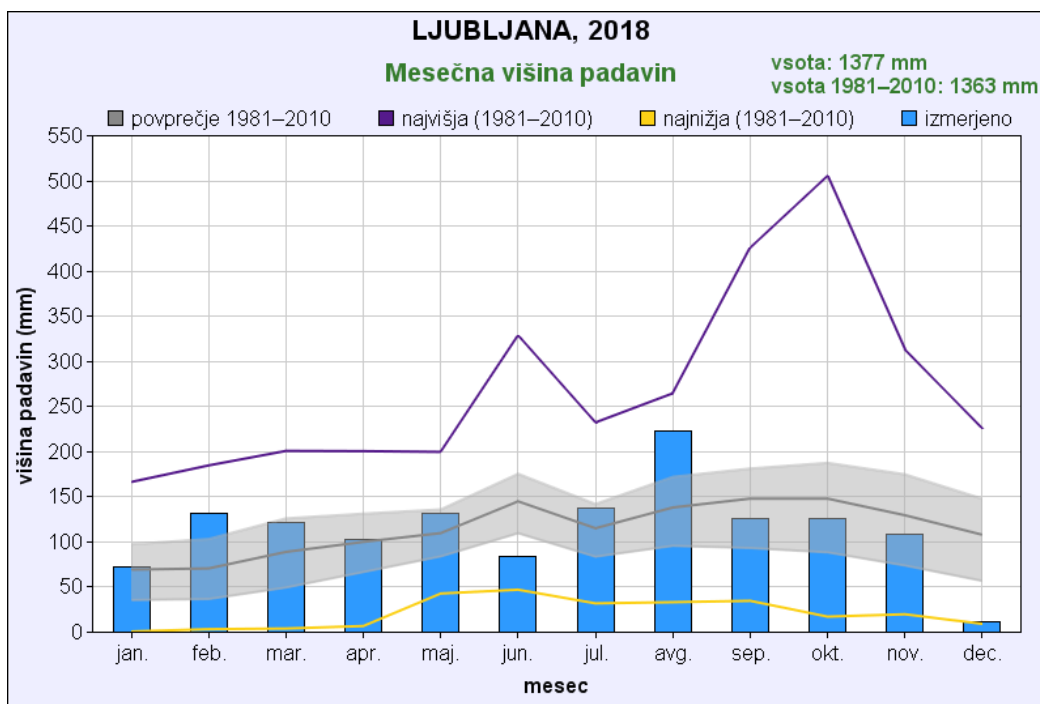
Za širše območje je značilen kontinentalni padavinski režim. Obravnavano območje prejme letno 1362 mm padavin. Srednja mesečna količina padavin doseže sekundarni maksimum v septembru in oktobru (147 mm), kar je posledica pogostih prehodov front v teh mesecih. Med sušnejše mesece sodijo zimski meseci, saj januarja pade 69, februarja pa 70 mm padavin. Število dni s padavinami nad 1.0 mm je letno okoli 110, kar pomeni, da se le-te pojavljajo skoraj vsak tretji dan. Največ padavinskih dni je med aprilom in junijem ter oktobra in novembra. Letno je povprečno 50 dni s snežno odejo, največ v januarju (15) in februarju (14). Podatki o količini padavin v obdobju 1981-2010 so v tabeli 6.

Tabela 6: Mesečna količina padavin (v mm) in število dni s padavinami na klimatološki postaji Ljubljana-Bežigrad (1981-2010) (vir: Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS)

Parameter	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
Količina padavin (mm)	69	70	88	99	109	144	115	137	147	147	129	107	1362
Št. dni s padavinami =>1.0 mm	8	7	8	10	10	11	9	9	9	10	10	9	110
povprečno število dni s snežno odejo ob 7. uri	15	14	6	1	0	0	0	0	0	0	3	11	50



Slika 4: Letna povprečna višina padavin v Sloveniji (1981-2010), vir: Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS



Slika 5: Primerjava povprečnih mesečnih količin padavin za leto 2018 z dolgoletnim povprečjem (1981-2010) klimatološko postajo Ljubljana Bežigrad (vir: Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS)

Prikaz letne povprečne višine padavin v Sloveniji je na sliki 4, primerjava povprečnih mesečnih količin padavin za leto 2018 z dolgoletnim povprečjem (1981-2010) je prikazana na sliki 5. Na klimatološki postaji Ljubljana Bežigrad znaša povprečna letna višina padavin v obdobju 1981 - 2010 1363 mm, v letu 2018 pa

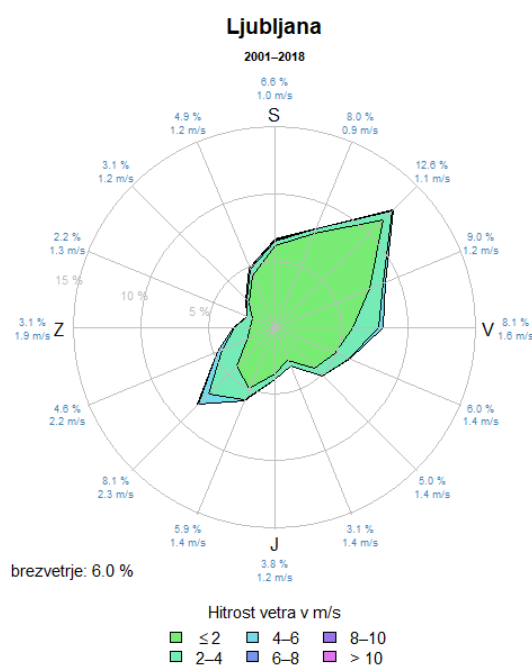
je bila količina padavin višja, in sicer 1377 mm. Največji odklon povprečne količine padavin od dolgoletnega povprečja je bil v letu 2018 v mesecih februar, junij, avgust in december.

Vetrovne razmere

Za Ljubljano je zaradi kotlinske lege značilna slaba prevetrenost, povprečne mesečne hitrosti vetra ne presegajo 2 m/s, prevladujejo JZ in SV smeri vetrov, brezvetrija je 6%. Vetrno roža je prikazana na sliki 6, povprečne hitrosti vetra na klimatološki postaji Ljubljana so prikazane v tabeli 7.

Tabela 7: Povprečna hitrost vetra (m/s) na klimatološki postaji Ljubljana (vir: Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS)

Parameter	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
Povprečna hitrost vetra v m/s*	1.2	1.3	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.3



Slika 6: Vetrna roža na klimatološki postaji Ljubljana za obdobje 2001 – 2018 (vir: Arhiv ARSO – Urad za meteorologijo RS)

Ekstremni vremenski dogodki

Najvišje in najnižje letne, mesečne in dnevne vrednosti izbranih meteoroloških spremenljivk v obdobju 1948–2014 za klimatološko postajo Ljubljana so v tabeli 8. Na podlagi podatkov o ekstremnih vrednostih je razvidno, da so bili ekstremni dogodki glede najvišjih temperatur in količine padavin zabeleženi po letu 2003. Absolutno najvišja temperatura je bila izmerjena avgusta 2013 (40.2°C), število vročih dni je bilo največje v letu 2003 (54), najvišja dnevna količina padavin je bila v letu 2010 (140), v letu 2011 pa je bilo najmanj dni z zabeleženimi padavinami (79).

Ekstremni dogodki glede najvišjih temperatur pa segajo že v 50. in 60. leta prejšnjega stoletja, najnižje temperature so bile izmerjene v letu 1956 (-23.3°C), največje število mrzlih dni je bilo leta 1963 (49), največ snega pa so izmerili leta 1952 (146 cm).

Povratne dobe za ekstremne padavine za postajo Ljubljana Bežigrad za obdobje 1948-2012 so prikazane v tabelah 9 (višina padavin) in 10 (količina padavin). V 25 letni povratni dobi dosega v 15 minutnem intervalu trajanja višina padavin 32 mm in količina padavin 351 l/(sec*ha).

V 50 letni povratni dobi dosega količina padavin v 15 minutnem intervalu 393 l/(sec*ha), v 100 letni povratni dobi 435 l/(sec*ha).

Tabela 8: Ekstremne vrednosti izbranih meteoroloških spremenljivk za klimatološko postajo Ljubljana v obdobju 1948-2018 (vir: Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS)

Parameter	Največja vrednost		Najmanjša vrednost	
	Vrednost	Leto, datum	Vrednost	Leto, datum
povprečna letna temperatura zraka (°C)	12.6	2014	8.6	1956
absolutna ekstremna temperatura zraka (°C)	40.2	8.8.2013	-23.3	16.2.1956
letno število mrzlih dni (dni z najnižjo dnevno temperaturo ≤ -10 °C)	34	1963	0	12 let od 71-ih
letno število ledenih dni (dni z najvišjo dnevno temperaturo ≤ 0 °C)	49	1963	1	1974
letno število hladnih dni (dni z najnižjo dnevno temperaturo ≤ 0 °C)	123	1952	27	2014
letno število vročih dni (dni z najvišjo dnevno temperaturo ≥ 30 °C)	54	2003	0	1978
letno število toplih ali tropskih noči (dni z najnižjo dnevno temperaturo ≥ 20 °C)	16	2015	0	45 let od 71-ih
letna višina padavin (mm)	1848	1965	954	1949
mesečna višina padavin (mm)	505	okt. 1992	0	jan. 1964, dec. 2016
dnevna višina padavin (mm)	140	18.9.2010	/	/
letno število dni brez padavin	219	2015	130	1960
letno število dni s padavinami (vsaj z 1 mm)	149	1960	79	2011
letno število dni s snežno odejo	110	1996	2	1989
višina skupne snežne odeje (cm)	146	15.2.1952	1	26.11.1989

Tabela 9: Povratne dobe za ekstremne padavine za postajo Ljubljana Bežigrad za obdobje 1948-2012, višina padavin (mm) (vir: Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS)

Trajanje (min)	2 leti	5 let	10 let	25 let	50 let	100 let	250 let
5	9	12	14	16	18	20	23
10	13	18	21	24	27	30	34
15	16	22	26	32	35	39	44
20	19	25	30	36	40	44	49
30	22	30	36	43	48	53	60
45	25	35	41	49	55	61	69
60	27	38	44	53	59	66	74
90	31	43	51	60	67	75	84
120	34	47	55	65	73	81	91
180	38	51	60	71	79	87	98
240	42	55	64	75	84	92	103
300	45	59	68	79	88	96	107
360	48	61	70	82	90	99	110
540	54	68	78	89	98	106	118
720	59	74	84	97	106	115	127
900	64	80	90	103	113	123	135
1080	68	85	97	111	122	133	147
1440	76	95	108	125	137	149	164

Tabela 10: Povratne dobe za ekstremne padavine za postajo Ljubljana Bežigrad za obdobje 1948-2012, količina padavin (l/(sec*ha)) (vir: Arhiv ARSO-Urad za meteorologijo RS)

Trajanje (min)	2 leti	5 let	10 let	25 let	50 let	100 let	250 let
5	288	393	462	550	615	680	765
10	214	292	343	408	457	504	567
15	180	249	294	351	393	435	491
20	156	212	249	296	331	365	411
30	122	168	199	237	266	294	331
45	93	128	152	182	204	226	255
60	76	104	123	147	165	182	205
90	58	79	94	112	125	138	156
120	47	65	76	91	101	112	126
180	35	47	55	66	73	80	90
240	29	38	45	52	58	64	71
300	25	33	38	44	49	53	59
360	22	28	33	38	42	46	51
540	17	21	24	28	30	33	36
720	14	17	19	22	25	27	29
900	12	15	17	19	21	23	25
1080	10	13	15	17	19	20	23
1440	9	11	13	14	16	17	19

2.4.3 OCENA IZPOSTAVLJENOSTI PROJEKTA

Uvod

Smernice določajo, da se podnebni dejavniki, ki povzročajo veliko ranljivost projekta, presojujejo podrobneje, nadaljnja obravnava podnebnih dejavnikov srednje ranljivosti pa po presoji. Podrobnejša analiza izpostavljenosti in ranljivosti je izvedena za podnebne dejavnike, za katere je projekt ocenjen kot srednje in visoko občutljiv:

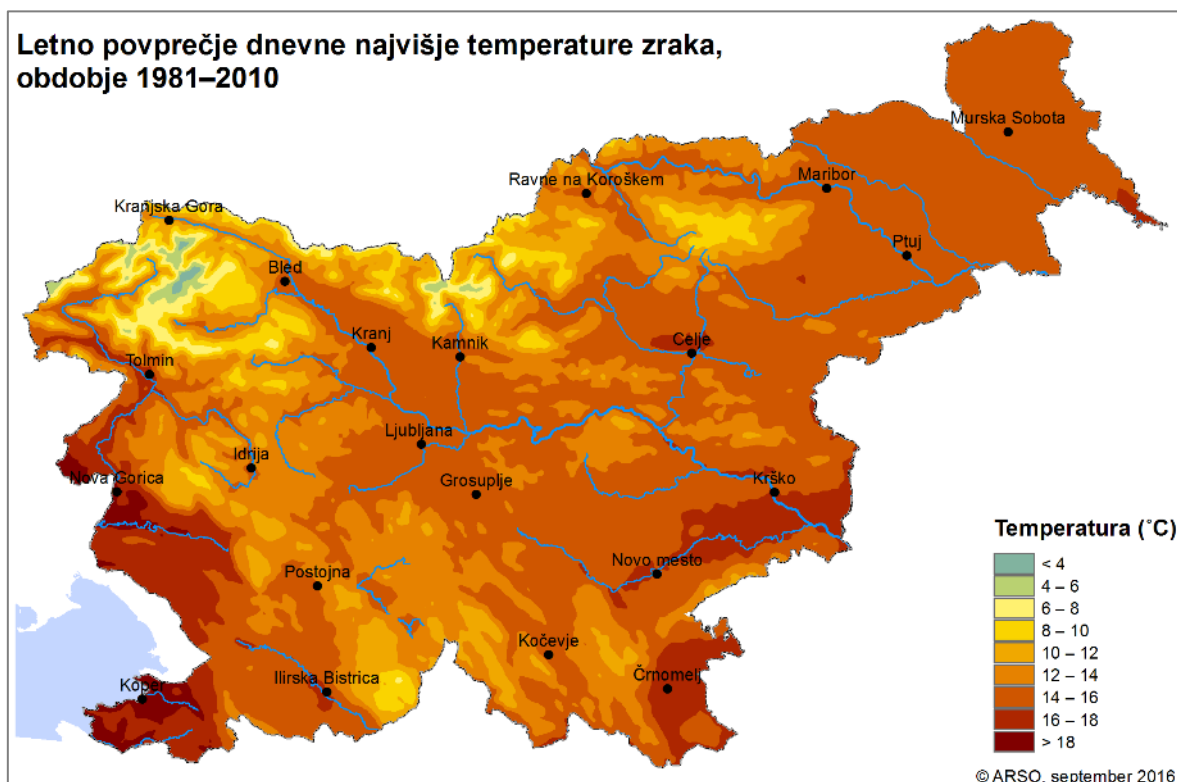
- ekstremne temperature,
- ekstremni sunki vetra,
- nevihte,
- poplave,
- erozija tal,
- nestabilnost tal/zemeljski plazovi,
- suša,
- gozdni požari,
- zmrzovanje,
- žled.

Ekstremno povečanje temperature

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na ekstremne temperature je v tabeli 11.

Tabela 11: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na ekstremne temperature (obstoječe stanje)

Letno povprečje dnevne najvišje temperature zraka v °C	Izpostavljenost
< 12	ni/majhna izpostavljenost
12 – 18	srednja izpostavljenost
>18	velika izpostavljenost



Slika 7: Letno povprečje dnevne najvišje temperature zraka (1981-2010), ARSO-Urad za meteorologijo RS

Na območju Ljubljane je bila absolutno najvišja temperatura je bila izmerjena avgusta 2013 (40.2°C), najnižja pa februarja 1956 (-23.3°C). Glede na sliko 8, leži obravnavan odsek železniške proge Ljubljana-Brezovica na območju srednje izpostavljenosti ekstremnim temperaturam.

Ocenjena izpostavljenost projekta na ekstremne temperature je srednja.

Ekstremni sunki vetra

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na sunke vetra je v tabeli 12.

Tabela 12: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na sunke vetra (obstoječe stanje)

Povprečni sunki vetra v m/s	Izpostavljenost
< 5	ni/majhna izpostavljenost
5 – 10	srednja izpostavljenost
> 10	velika izpostavljenost

Za Ljubljano je zaradi kotlinske lege značilna slaba prevetrenost, povprečne mesečne hitrosti vetra ne presegajo 2 m/s; prevladujejo JZ in SV smeri vetrov, brezvetrja je 6%.

Povprečna hitrost sunkov vetra (višina 10 m) je v Ljubljani v obdobju 1995-2004 dosegala 3.4 m/s, največji izmerjeni sunek je bil 22.0 m/s. Ekstremni sunki vetra so najizrazitejši v poletnih nevihtah. Na širšem obravnavanem območju do sedaj ni bilo zabeleženih poškodb, ki bi bile posledica orkanskih vetrov.

Ocenjena izpostavljenost projekta na maksimalne hitrosti vetra je majhna.

Nevihte

Močnejše nevihte lahko vplivajo na povzročitev škode na infrastrukturi in na zmanjšanje prometne varnosti. V primeru močnejših neurij (intenzivne padavine, sunki vetra, toča...) se lahko pojavi večja izpostavljenost infrastrukture, predvsem zaradi zagotavljanja odvodnjavanja ter vplivov na objekte in prometno opremo. Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na nevihte je v tabeli 13.

Tabela 13: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na nevihte

Število dni z nevihto, maksimalna vrednost	Izpostavljenost
< 25	ni/majhna izpostavljenost
25 – 40	srednja izpostavljenost
> 40	velika izpostavljenost

V Ljubljani je bilo v obdobju med leti 1961 in 2004 letno povprečno 38 dni z nevihto in grmenjem, od tega največ v med majem in avgustom, toča pa povprečno pada dva dni v letu. Povprečna hitrost sunkov vetra (višina 10 m) je v Ljubljani v obdobju 1995-2004 dosegala 3.4 m/s, največji izmerjeni sunek pa je bil 22.0 m/s. Na širšem območju Ljubljane so v obdobju poletnih neviht pogosto prisotni tudi izraziti sunki severnega vetra z veliko verjetnostjo toče.

Ocenjena izpostavljenost projekta na ekstremne nevihte je srednja.

Poplave

Območje železniške proge Ljubljana-Brezovica leži na območju srednje in delno tudi velike (območje Glinščice in Malega grabna) poplavne nevarnosti, pogostost poplav je večinoma redka. Karta poplavne nevarnosti je prikazana na sliki 8, opozorilna karta poplav na sliki 9. Območje poplav na večjih območjih sega neposredno do obstoječega nasipa železniške proge.

Za železniško progo Ljubljana – Brezovica je bil izdelan Hidrološko – hidravlični elaborat za območje, št. L54/19, IZVO-R d.o.o., junij 2019 /19/. Nasipa železnice na obravnavanem odseku poplave ne prelijejo





tudi za računski primer Q_{500} , sami tiri železniške proge na območju nadgradnje proge tako niso poplavno ogroženi, znotraj dosega poplavnih vod se nahajajo le posamezne spremljajoče ureditve (ureditev drenaže, površinska odvodnja z jarki, ureditve strug na križanjih z vodotoki...).

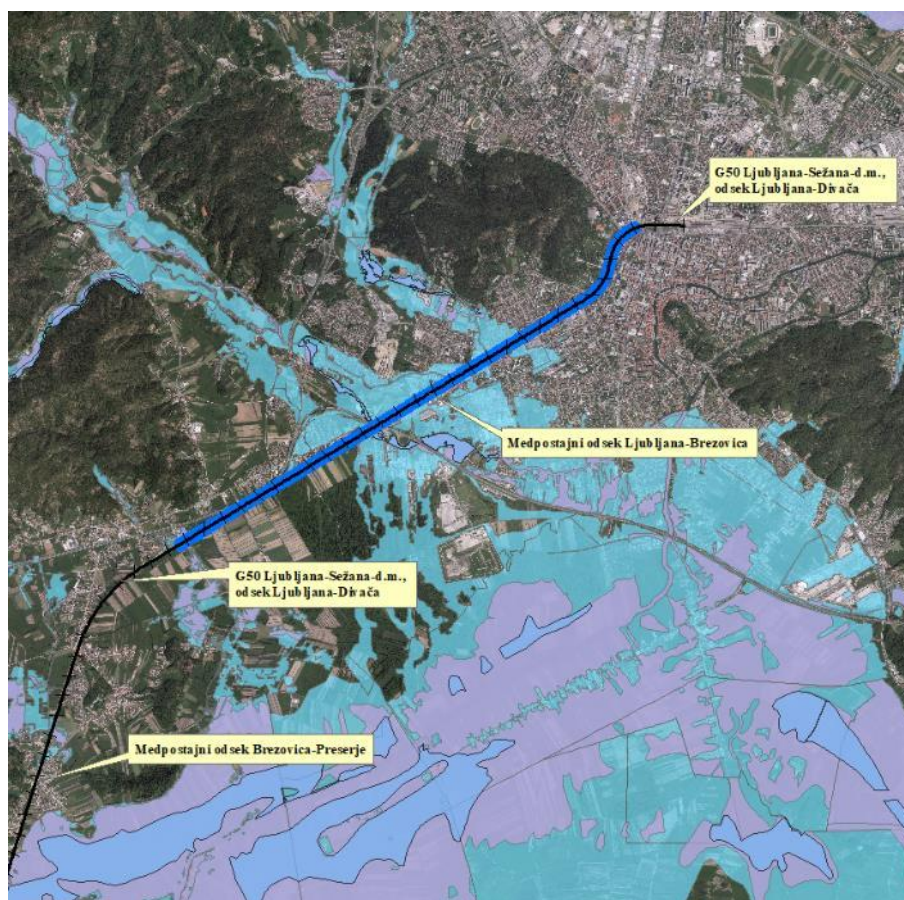
Ocenjena izpostavljenost projekta na poplave je srednja.



Slika 8: Karta poplavne nevarnosti za železniško progo Ljubljana-Brezovica (vir: Geoportal ARSO)

Legenda (slika 8):

-  Območje razreda velike poplavne nevarnosti
-  Območje razreda srednje poplavne nevarnosti
-  Območje razreda majhne poplavne nevarnosti
-  Območje razreda preostale poplavne nevarnosti



Slika 9: Opozorilna karta poplav za železniško progo Ljubljana-Brezovica (vir: Geoportal ARSO)

Legenda (slika 9):

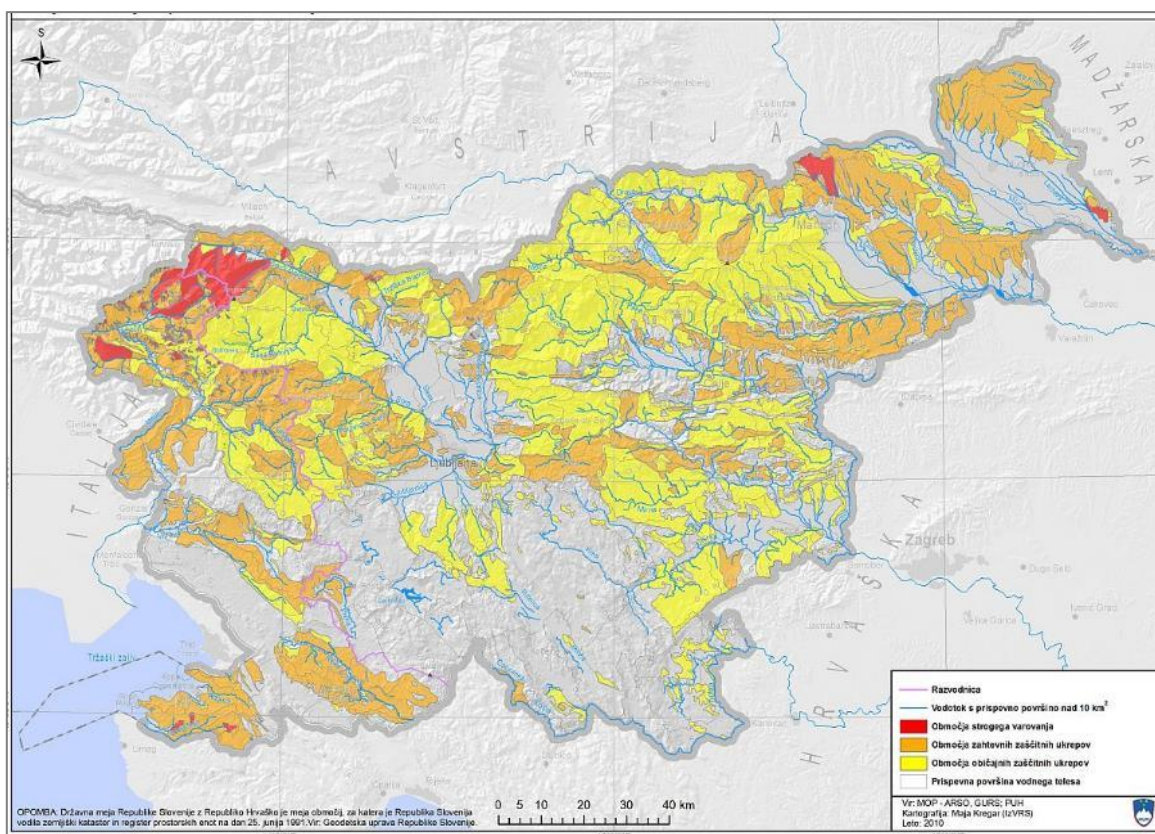
- Opozorilna karta poplav (pogoste)
- Opozorilna karta poplav (redke)
- Opozorilna karta poplav (zelo redke)

Nestabilnost tal in erozija

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na erozijo je v tabeli 14, na nestabilnost tal v tabeli 15.

Tabela 14: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na erozijo (obstoječe stanje)

Opozorilna karta erozije	Izpostavljenost
Območja običajnih zaščitnih ukrepov	ni/majhna izpostavljenost
Območja zahtevnejših zaščitnih ukrepov	srednja izpostavljenost
Območja strogega varovanja	velika izpostavljenost



Slika 10: Opozorilna karta erozije (vir: Geoportal ARSO)

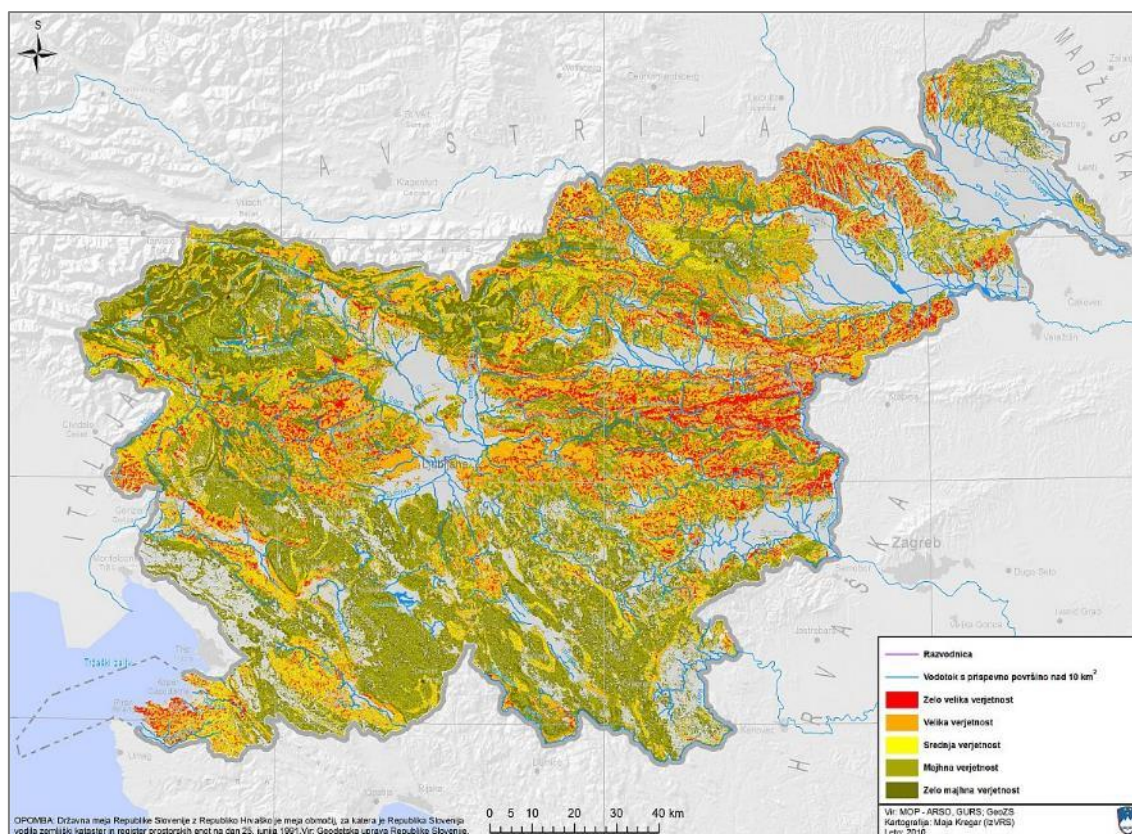
Na podlagi opozorilne karte erozije (Geoportal ARSO, slika 10) širše obravnavano območje ni erozijsko ogroženo. Območje železniške proge Ljubljana-Brezovica leži na območju srednje in delno tudi velike poplavne nevarnosti, za železniško progo Ljubljana – Brezovica je bil izdelan Hidrološko – hidravlični elaborat za območje, št. L54/19, IZVO-R d.o.o., junij 2019 /19/. Nasip železnice je v svojih spodnjih delih na daljših odsekih znotraj dosega poplav, vendar so hitrosti povsod relativno nizke tako da nevarnost dodatne erozije zaradi poplav ni velika.

Ocenjena izpostavljenost projekta na erozijo je majhna.

Tabela 15: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na nestabilnost tal (obstoječe stanje)

Verjetnost pojavljanja plazov	Izpostavljenost
Zelo majhna in majhna verjetnost	ni/majhna izpostavljenost
Srednja verjetnost	srednja izpostavljenost
Velika in zelo velika verjetnost	velika izpostavljenost

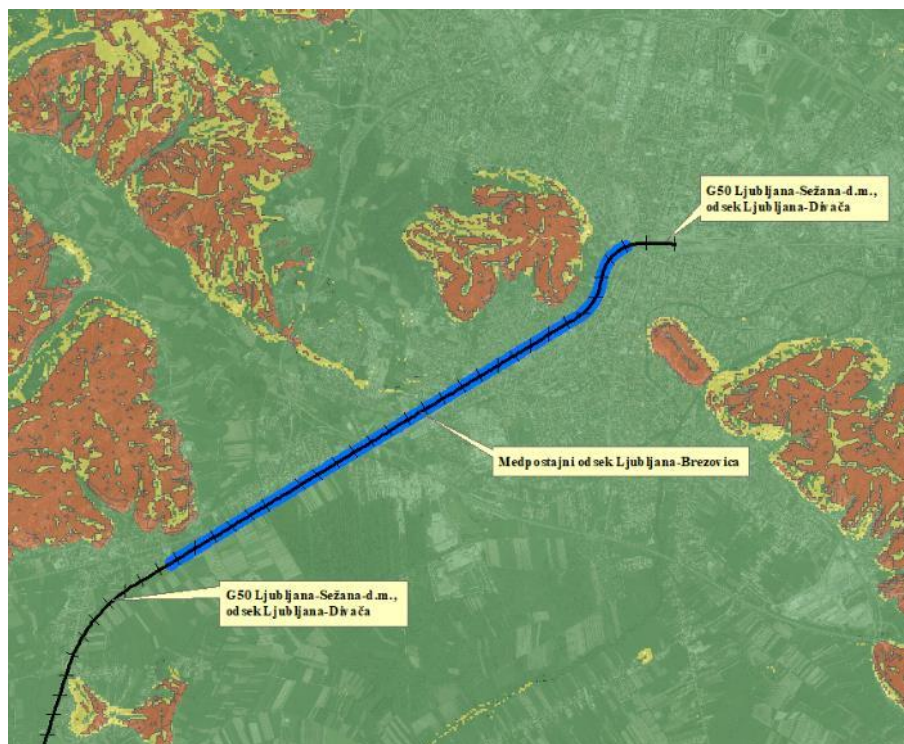
Geomorfološko območje trase sodi v južni del Ljubljanske kotline, ki jo v tem delu ločimo na dve enoti: južneje Ljubljansko barje in severneje Ljubljansko polje. Kotlino predstavlja tektonska udorina, zapolnjeni s kvartarnimi nanosi rek in potokov ter deloma jezersko-barjanskimi sedimenti. Udorina je začela nastajati v starejšem pleistocenu in se deloma pogreza še sedaj. Do pogrezanja posameznih blokov je prišlo ob normalnih prečnodinarskih prelomih, ki potekajo v smeri NE-SW. Prečno v dinarski smeri NNW-SSE in NW-SE potekajo desnozmničnimi prelomi, ki ločujejo zahodni, manj pogreznjen del Barja od zahodnega, ki je globlje pogreznjen /18/.



Slika 11: Karta verjetnosti pojavljanja plazov (vir: Geoportal ARSO)

Karta verjetnosti pojavljanja plazov podaja potencialna plazovita območja za območje celotne Slovenije (slika 11) v petih razredih verjetnosti pojavljanja plazov (zelo velika, velika, srednja, majhna, zelo majhna verjetnost). Verjetnost je bila določena na podlagi litologije (30 %), naklona pobočja (25 %), tipa rabe tal (25 %), ukrivljenosti pobočja (10 %), oddaljenosti od strukturnih elementov (5 %) in usmerjenost pobočja (5 %).

Glede na podatke GEOZS območje projekta leži na območju majhne verjetnosti pojavljanja plazov. Podrobnejši prikaz verjetnosti pojavljanja plazov na območju obravnavanega odseka železniške proge prikazuje slika 12.



Slika 12: Podrobnejši prikaz verjetnosti pojavljanja plazov na obravnavanem območju (vir: GEOZS)

Legenda:

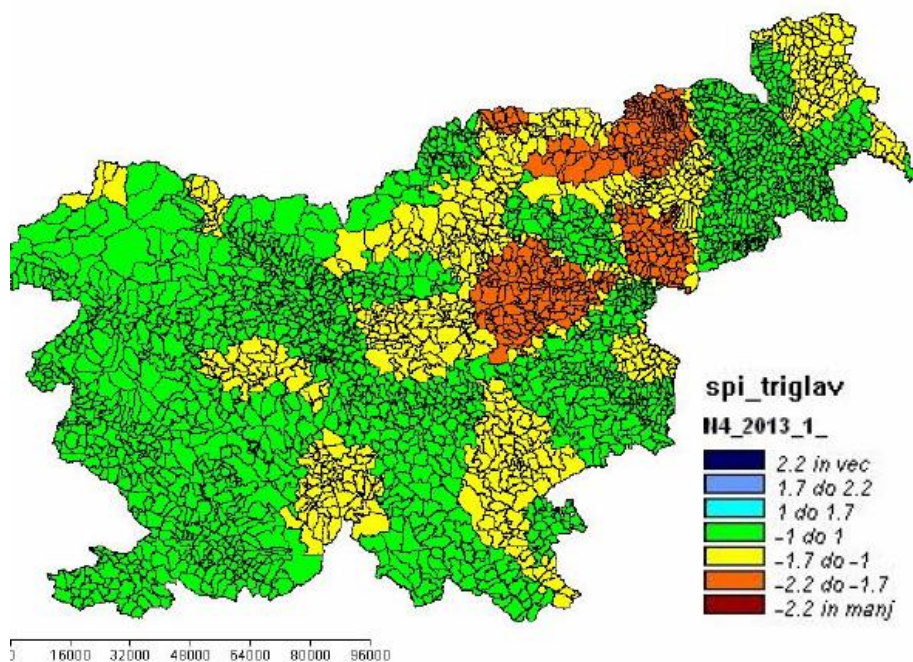
- Velika verjetnost pojavljanja plazov
- Srednja verjetnost pojavljanja plazov
- Majhna verjetnost pojavljanja plazov

Izpostavljenost projekta na nestabilnost tal je majhna.

Suša

V Sloveniji je Agencija RS za okolje (ARSO) analizirala meteorološko sušo z indeksom SPI (standardiziran padavinski indeks), za območje Ljubljane pa je bil izračunan tudi indeks PDSI (Palmerjev indeks sušnosti). Za izračun prvega je potreben čim daljši padavinski niz za določeno meteorološko postajo, pri drugem pa poleg padavin še temperatura ter podatek o kapaciteti tal za zadrževanje rastlinam dostopne vode. Pri prostorski interpolaciji se je uporabilo 161 meteoroloških postaj v Sloveniji z zveznimi padavinskimi nizi za obdobje 1961-2006. Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na nevihte je v tabeli 16.

Za širše območje Ljubljane je bil izračunan SPI med -1 in -1,49 ter PDSI med -2,00 in -2,99, kar je klasificirano kot zmerna suša in je prikazano na sliki 13 /14, 15/



Slika 13: Prikaz vrednosti indeksa SPI (spremljanje suše) po katastrskih občinah /15/

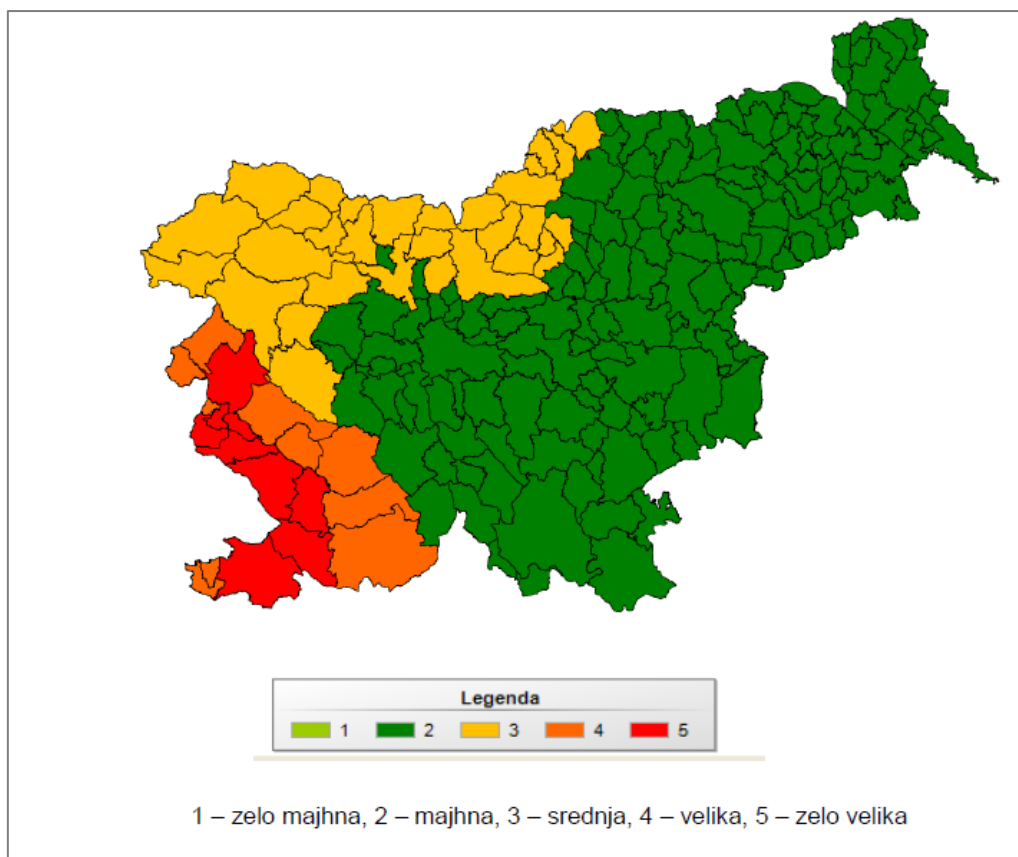
Tabela 16: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na sušo.

Vrednost indeksa SPI	Izpostavljenost
> 0 (mokro ali normalno)	ni/majhna izpostavljenost
od 0 do -1,5 (normalno ali zmerna suša)	srednja izpostavljenost
< - 1,5 (huda ali ekstremna suša)	velika izpostavljenost

Območje posega leži na območju zmerne suše. **Ocenjena izpostavljenost projekta na sušo je srednja.**

Gozdni požari

Gozdni požari vplivajo na osnovno infrastrukturo in posledično tudi na pomožno infrastrukturo, predvsem pa lahko povzročijo zastoje in prekinitve železniškega prometa. Zavod za gozdove Slovenije v skladu s 12. členom Pravilnika o varstvu gozdov (Uradni list RS, št. 114/2009) v okviru izdelave gozdnogospodarskih načrtov opravlja razvrstitev gozdov po stopnjah požarne ogroženosti v skladu z metodo iz Priloge 2 Pravilnika. Območje posega leži na območju majhne požarne ogroženosti. Razvrstitev gozdov po stopnjah požarne ogroženosti v Sloveniji je prikazana na sliki 14.



Slika 14: Razvrstitev gozdov po stopnjah požarne ogroženosti /18/

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na gozdne požare je v tabeli 17.

Tabela 17: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na gozdne požare

Stopnje požarne ogroženosti	Izpostavljenost
1, 2 (zelo majhna ali majhna)	ni/majhna izpostavljenost
3 (srednja)	srednja izpostavljenost
4, 5 (velika ali zelo velika)	velika izpostavljenost

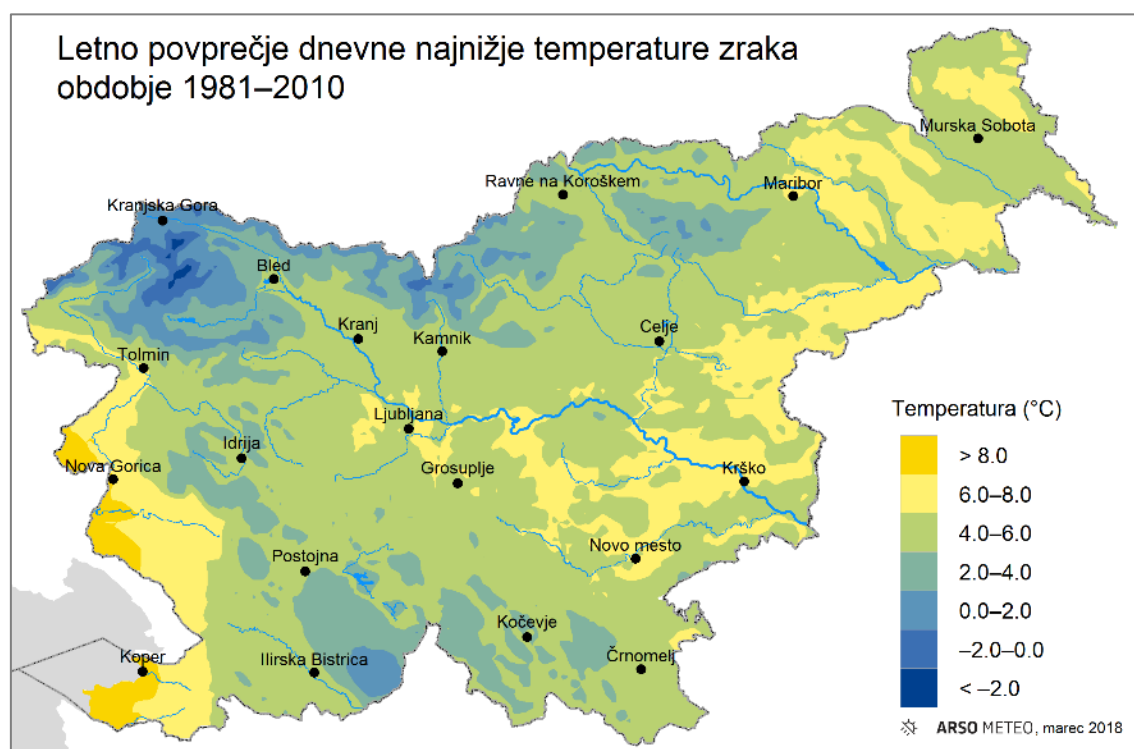
Ocenjena izpostavljenost projekta na gozdne požare je majhna.

Zmrzovanje

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na zmrzovanje je v tabeli 18, letno povprečje dnevne najnižje temperature zraka je prikazano na sliki 15.

Tabela 18: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na zmrzovanje (obstoječe stanje)

Letno povprečje dnevne najnižje temperature zraka v °C	Izpostavljenost
> 5	ni/majhna izpostavljenost
5 – 0	srednja izpostavljenost
< 0	velika izpostavljenost



Slika 15: Letno povprečje dnevne najnižje temperature zraka (1981-2010), Arhiv ARSO–Urad za meteorologijo RS
Povprečna letna temperatura na širšem območju Ljubljane je 10,9°C, povprečna najnižja temperatura je 6,6°C. Na območju Ljubljane je bila absolutno najnižja temperatura izmerjena leta 1956 (-23,3°C).

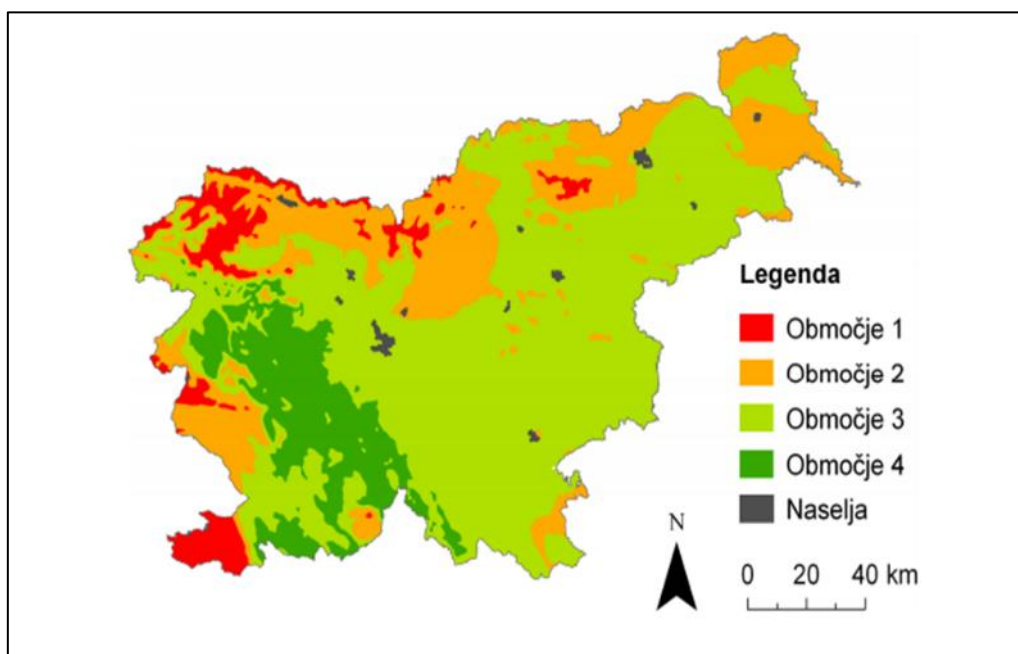
Projekt leži na območju, kjer so povprečne dnevne najnižje temperature zraka med 4 in 6°C, ocenjena izpostavljenost projekta na zmrzovanje srednja.

Žled

Za žled so najbolj kritični deli železniške infrastrukture vrvi in vodniki, portali ter nosilne konstrukcije vozne mreže. Problem predstavljajo nosilne konstrukcije, ki se raztezajo čez več tirov in je zaradi tega njihov razpon toliko večji. Te konstrukcije so vezane tudi na postajne dele proge. V primeru žledu je lahko ogrožena tudi varnost prometa na vzporednem cestnem omrežju.

Srednje močan žled se v Sloveniji pojavlja vsakih nekaj let, močan žled, ki povzroča veliko gospodarsko škodo, pa približno na 10 do 20 let. Značilen je predvsem za jugozahodno Slovenijo, na območju severovzhodne Slovenije redkeje. Verjetnost pojavljanja žleda na območju SV Slovenije (slika 16) je povzeta po dokumentu:

- <http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/nesrece.pdf>



Slika 16: Karta območij ogroženih zaradi žleda, obdobje 1961-2006 (vir: MOP-ARSO)

Legenda:

- Območje 1: območje, kjer se žled ne pojavlja, ali se pojavlja zelo redko in v tanjših plasteh, tako da ne povzroča škode.
- Območje 2: območje, kjer se žled sicer pojavlja, vendar zelo redko povzroči manjšo škodo (enkrat na 10 let)
- Območje 3: območje, ker se žled pojavlja pogosto in v povprečju na 3 leta povzroči škodo.
- Območje 4: območje, kjer se žled, ki povzroča škodo, v povprečju pojavlja na 1-2 leti, razmeroma pogosto pa povzroči tudi večjo škodo.

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na žled je v tabeli 19.

Tabela 19: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na žled

Območje	Izpostavljenost
1, 2	ni/majhna izpostavljenost
3	srednja izpostavljenost
4	velika izpostavljenost

Območje projekta leži v območju 3 ogroženosti zaradi žleda. Po oceni se na tem območju žled pojavlja pogosto v povprečju na 3 leta in v povprečju na 3 leta povzroči škodo. **Ocenjena izpostavljenost projekta na žled je srednja.**

Ocena izpostavljenosti projekta za obstoječe stanje

Zaključujemo, da je izpostavljenost projekta v obstoječem stanju ocenjena kot:

- srednja za ekstremne temperature, nevihte, poplave, suša, žled ter zmrzovanje
- majhna za ekstremne sunke vetra, erozijo tal, gozdne požare, nestabilnost tal/plazove

Velika izpostavljenost posega ni bila ocenjena za noben podnebni dejavnik. Rezultati ocene izpostavljenosti izvedbe železniške proge, odsek Ljubljana-Brezovica na podnebne spremembe v obstoječem stanju so v tabeli 20.

Tabela 20: Matrika izpostavljenosti za obstoječe stanje za železniško progo Ljubljana-Brezovica

<i>Podnebni dejavnik</i>	<i>Izpostavljenost za obstoječe stanje</i>
Ekstremne temperature	
Ekstremni sunki vetra	
Nevihte	
Poplave	
Erozija tal	
Nestabilnost tal/plazovi	
Gozdni požari	
Suša	
Zmrzovanje	
Žled	

Legenda:

	ni/majhna izpostavljenost
	srednja izpostavljenost
	velika izpostavljenost

2.5 MODUL 2B: OCENA IZPOSTAVLJENOSTI – PRIHODNJE STANJE

2.5.1 UVOD

Izvedba železniške proge Ljubljana-Brezovica bila v Modulu 1 ocenjena kot na podnebne spremembe občutljiv infrastrukturni projekt. V Modulu 2a je za obstoječe stanje opredeljena srednja izpostavljenost na ekstremne padavine, ekstremne temperature, nevihte, poplave, sušo, zmrzovanje in žled, medtem ko je ocena izpostavljenosti na ekstremne sunke vetra, erozijo tal, nestabilnost tal/plazove in gozdne požare majhna. Projekt ni visoko izpostavljen vplivu nobenega podnebnega dejavnika. Glede na to, da gre za občutljiv projekt s srednjo stopnjo izpostavljenosti, je skladno s Smernicami ocenjena tudi izpostavljenost projekta v prihodnjem stanju, upoštevajoč pričakovane podnebne spremembe do sredine 21. stoletja.

V nadaljevanju so opisane pričakovane spremembe podnebja na območju projekta, na podlagi teh podatkov in opredeljene izpostavljenosti za obstoječe stanje je bila ocenjena izpostavljenost projekta za prihodnje stanje. Ocena pričakovanih sprememb podnebja je povzeta iz dokumentov:

- <http://www.eea.europa.eu/themes/climate/european-climate-adaptation-platform-climate-adapt>.
- Ocena podnebnih sprememb do sredine 21. stoletja za območje železniške proge Ljubljana-Brezovica-Borovnica /2/

Pričakovane spremembe podnebja so ocenjene na podlagi referenčnih podatkov regionalnih podnebnih modelov, ki jih ARSO uporablja pri primerljivih napovedih podnebnih sprememb upoštevajoč podatke o ekstremnih temperaturah in padavinah v 50 letni povratni dobi (www.arso.si).

2.5.2 PRIČAKOVANE SPREMEMBE PODNEBJA

Pričakovane spremembe podnebja so podane na podlagi elaborata Ocena podnebnih sprememb do sredine 21. stoletja (ARSO /2/). Elaborat je priložen v prilogi P.1. Dejavniki, ki vplivajo na podnebje, se delijo na naravne in človekove, pri čemer so slednji prispevali večji delež k trenutnim podnebnim spremembam in zelo verjetno bo tako tudi v prihodnje. S pomočjo določenih predpostavk o gibanju prebivalstva in ekonomsko-gospodarskem razvoju družbe lahko prek izpustov TGP in drugih projektov v okolje ocenimo človekov vpliv na podnebje v prihodnosti. Na tej podlagi lahko določimo možne scenarije podnebnih sprememb.

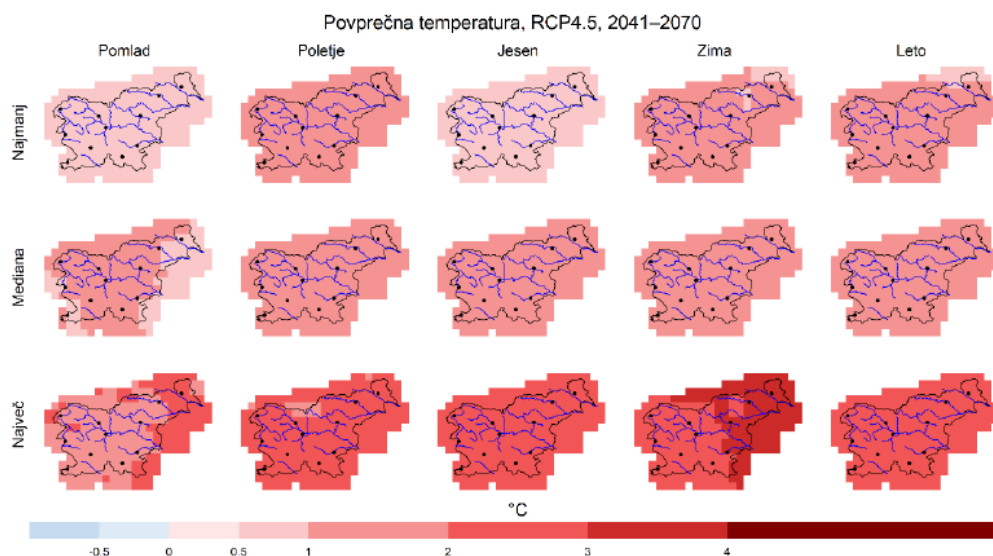
Podnebni scenarij je definiran kot verjeten in pogosto poenostavljen opis prihodnjega podnebja, ki temelji na razumljivih in smiselnih predpostavkah o povezavah med dejavniki podnebja in omogoča ocenjevanje predvidenih posledic človeško pogojenih sprememb podnebja.

Pričakovana sprememba temperatur, padavin in vetrovnih razmer za sredino 21. stoletja za Slovenijo temelji na rezultatih regionalnih podnebnih modelov projekta EuroCordex. Vodoravna ločljivost regionalnih modelov je približno 14 km, obdobje modeliranja je za večino modelov 1961-2100, za nekatere 1971-2100. Povprečne vrednosti se v klimatologiji običajno podajajo za tridesetletno obdobje. Tako so za sredino stoletja povprečne vrednosti podane za obdobje 2041-2070, ekstremne vrednosti pa so ocenjene za leto 2050.

Ocena pričakovanih podnebnih sprememb je izdelana za zmerno optimističen scenarij RCP4.5, ki predpostavlja znatne blažilne ukrepe glede izpustov TGP. Na ta način se upošteva tudi tveganje, da države ne bodo zmožne v celoti izpolniti zavez glede izpustov TGP. V primeru vseh izpolnjenih zavez bi namreč potek izpustov TGP sledil optimističnemu scenariju RCP2.6.

Temperaturne razmere

Podnebni scenariji kažejo, da se bo Slovenija v prihodnosti še naprej ogrevala. V prihodnjem tridesetletju (2011-2040) se bo letna povprečna temperatura v primerjavi z obdobjem 1981-2010 dvignila za 1°C. Do sredine 21. stoletja (obdobje 2041-2070) se bo Slovenija na letni ravni ogrevala za 2°C, pri čemer je negotovost spremembe ocenjena na 0,5°C. Podobno kot v predhodnem tridesetletju se tudi za to tridesetletno obdobje kaže dokaj enakomeren dvig temperature poleti, jeseni in pozimi ter nekoliko manj izražen dvig temperature pomladi (slika 17).



Slika 17: Ocenjene spremembe povprečne temperature (v °C) v obdobju 2041-2070 v primerjavi z obdobjem 1981-2010 (vir: MOP-ARSO)

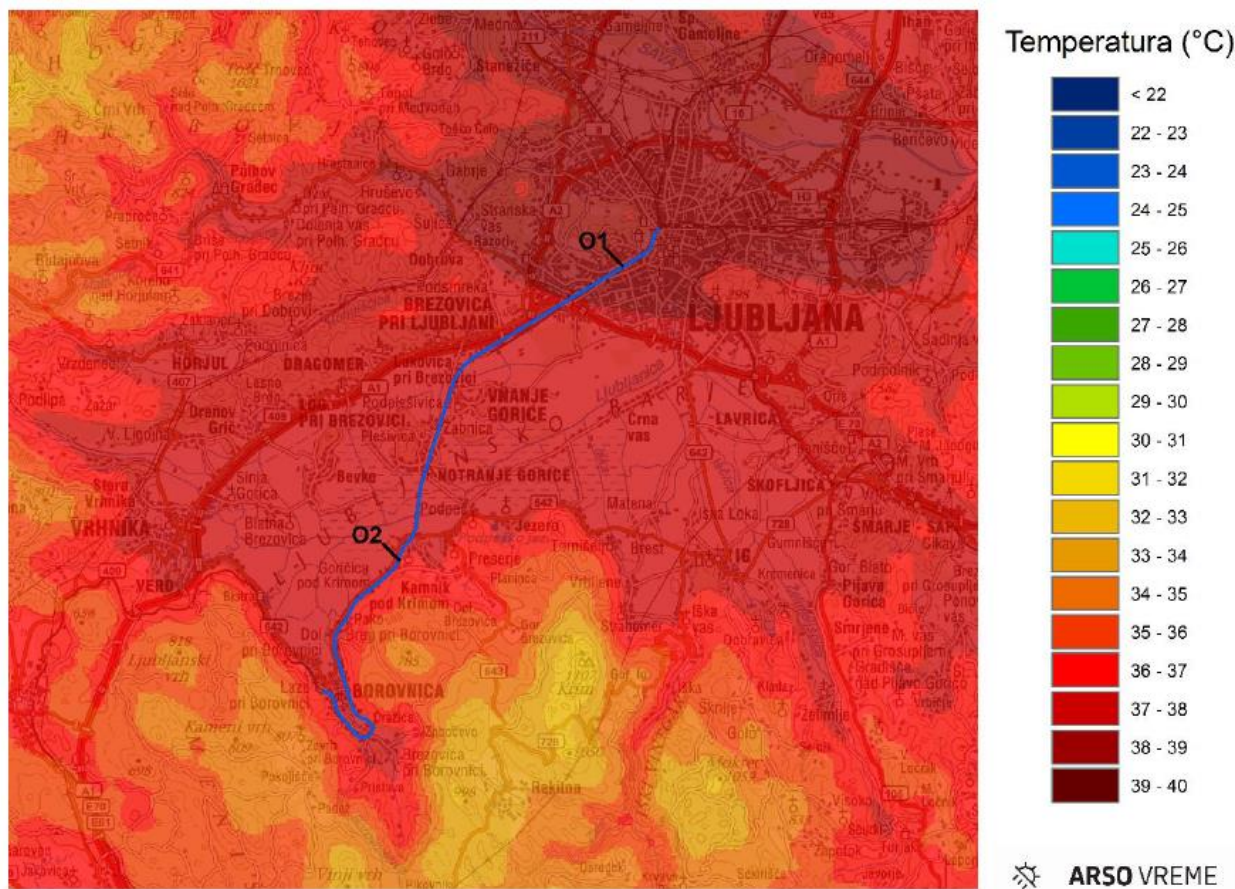
Najvišja in najnižja dnevna temperatura je analizirana z metodo GEV. To je klasična metoda pri analizi ekstremov, ki kot podatke uporablja ekstreme izbranega dovolj dolgega časovnega obdobja, bloka. Običajno se za blok privzame eno leto, izbrana je linearna časovno odvisnost, ker je bila v okviru napak glede na podatke najbolj verjetna. Izkazalo se je, da so vsi modeli ekstremnih vrednosti z linearnim časovnim trendom statistično značilni za vseh šest izbranih regionalnih podnebnih modelov tako v najvišji kot tudi najnižji temperaturi zraka.

Za **najvišjo temperaturo zraka** je ocenjen trend **0,30°C/desetletje** za odsek O1 in **0,28°C/desetletje** za odsek O2, s 95-odstotnim intervalom zaupanja med 0,15 in 0,45°C/desetletje za odsek O1 ter med 0,16 in 0,47°C/desetletje za odsek O2. Za 0,29°C na desetletje se v povprečju po modelskih rezultatih povečajo vsi povratni nivoji za najvišjo temperaturo.

Najvišja temperatura zraka s povratno dobo 50 let na obravnavanem odseku v današnjem podnebnju (obdobje 1961-2005) znaša **38–39°C** (slika 19). Iz slike 18 je razvidno, da odsek železniške proge poteka po dveh temperaturnih conah. Večina proge na odseku od Borovnice do Brezovice poteka po coni z najvišjo temperaturo zraka s povratno dobo 50 let v intervalu 37–38°C. Na severnem delu, znotraj obvoznice, pa je najvišja temperatura zraka s povratno dobo 50 let za eno stopinjo višja. V tabeli 21 so za ti temperaturni coni, v katerih leži območje železniške proge, podane današnje temperature in ocene za **najvišjo temperaturo zraka s povratno dobo 50 let** v obdobju okrog leta **2050**. Vrednost s povratno dobo 50 let označuje tisto vrednost najvišje temperature, ki je v povprečju dosežena ali presežena enkrat na 50 let.

Tabela 21: Ocene za najvišjo temperaturo zraka s povratno dobo 50 let po scenariju RCP4.5 leta 2050 glede na vrednosti najvišje temperature v današnjem podnebnju

Odsek	T _{danes} (°C)	Ocena T ₂₀₅₀ (°C)	Srednja vrednost ocene T ₂₀₅₀ (°C)
O1	38–39	38,8-41,3	39,5-40,5
O2	37-38	37,8–40,2	38,4-39,4



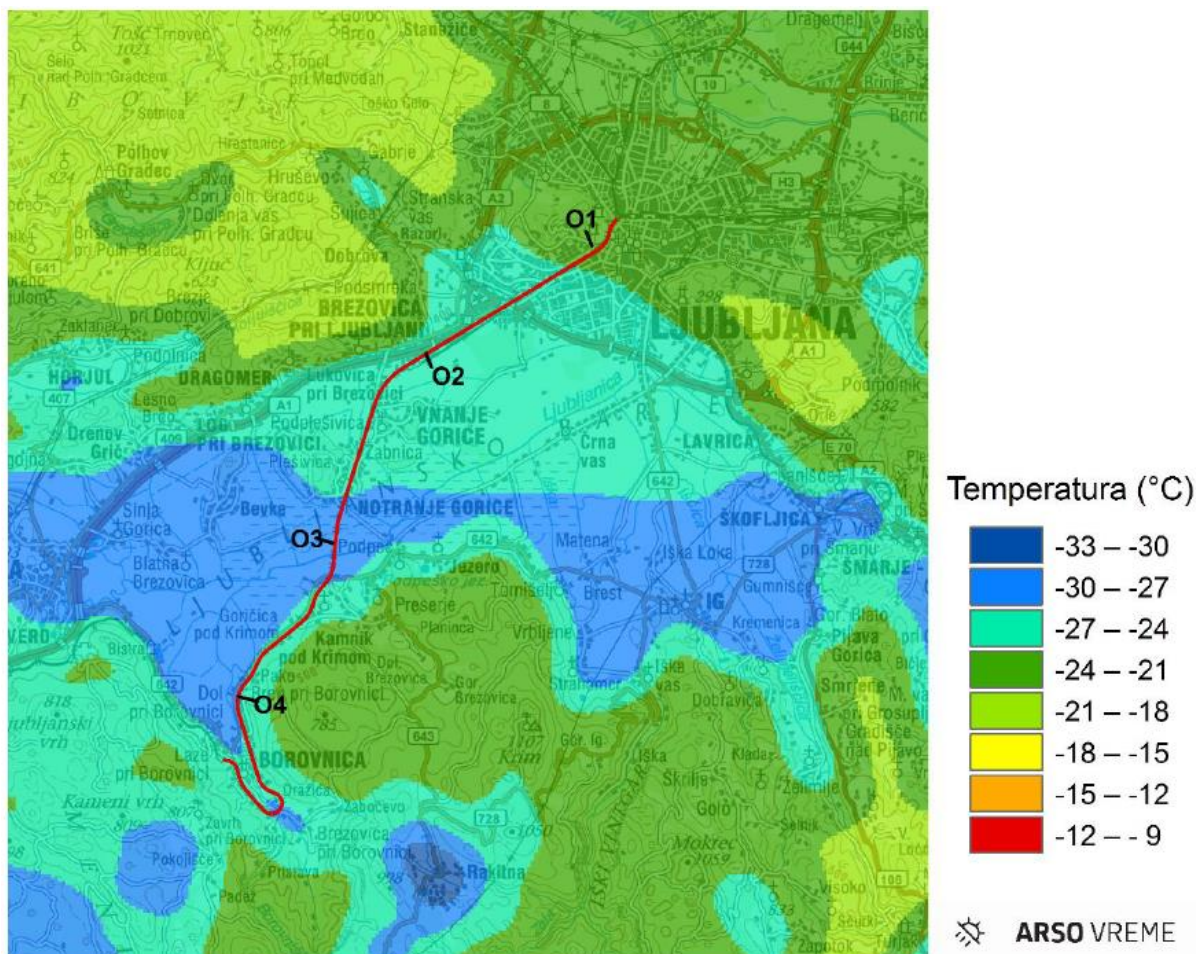
Slika 18: Maksimalne temperature s povratno dobo 50 let (obdobje 1961-2005) /2/

Za **najnižjo temperaturo zraka** je ocenjen trend **$0,37^{\circ}\text{C}/\text{desetletje}$** za odsek O1, **$0,35^{\circ}\text{C}/\text{desetletje}$** za odseke O2 do O4, s 95-odstotnim intervalom zaupanja med $0,11$ in $0,64^{\circ}\text{C}/\text{desetletje}$ za odsek O1 ter med $0,11$ in $0,59^{\circ}\text{C}/\text{desetletje}$ za odseke O2 do O4. Za $0,36^{\circ}\text{C}$ na desetletje se v povprečju po modelskih rezultatih povečajo vsi povratni nivoji za najnižjo temperaturo.

Najnižja temperatura zraka s povratno dobo 50 let je na obravnavanem odseku v današnjem podnebnju (obdobje 1961–2005) med **-30 in -27°C** (slika 19). Najnižja temperatura je zelo odvisna od lokalnih značilnosti v zelo majhni skali (oblika in pokritost terena, poseljenost, prevetrenost, ...), zato je razpon najnižje temperature s povratno dobo 50 let na tako majhnem območju relativno velik. Glede na temperaturno območje v današnjem podnebnju, smo celotno traso železniške proge razdelili na štiri odseke. Odseki, označeni z O1 do O4, so prikazani na sliki 20. V tabeli 22 so za te temperaturne cone, v kateri leži območje železniške proge, podani temperaturna cona in srednja vrednost vseh modelskih ocen za **najnižjo temperaturo zraka s povratno dobo 50 let** v obdobju okrog leta **2050**. Vrednost s povratno dobo 50 let označuje tisto vrednost najnižje temperature, ki je v povprečju dosežena ali presežena enkrat na 50 let.

Tabela 22: Ocene za najnižjo temperaturo zraka s povratno dobo 50 let po scenariju RCP4.5 leta 2050 glede na vrednosti najnižje temperature v današnjem podnebnju

Odsek	$T_{\text{danes}} (^{\circ}\text{C})$	Ocena $T_{2050} (^{\circ}\text{C})$	Srednja vrednost ocene $T_{2050} (^{\circ}\text{C})$
O1	-24 do -21	-23,4 do -17,8	-22,2 do -19,2
O2, O4	-27 do -24	-26,5 do -21,1	-25,3 do -22,3
O3	-30 do -27	-29,5 do -24,1	-28,3 do -25,3



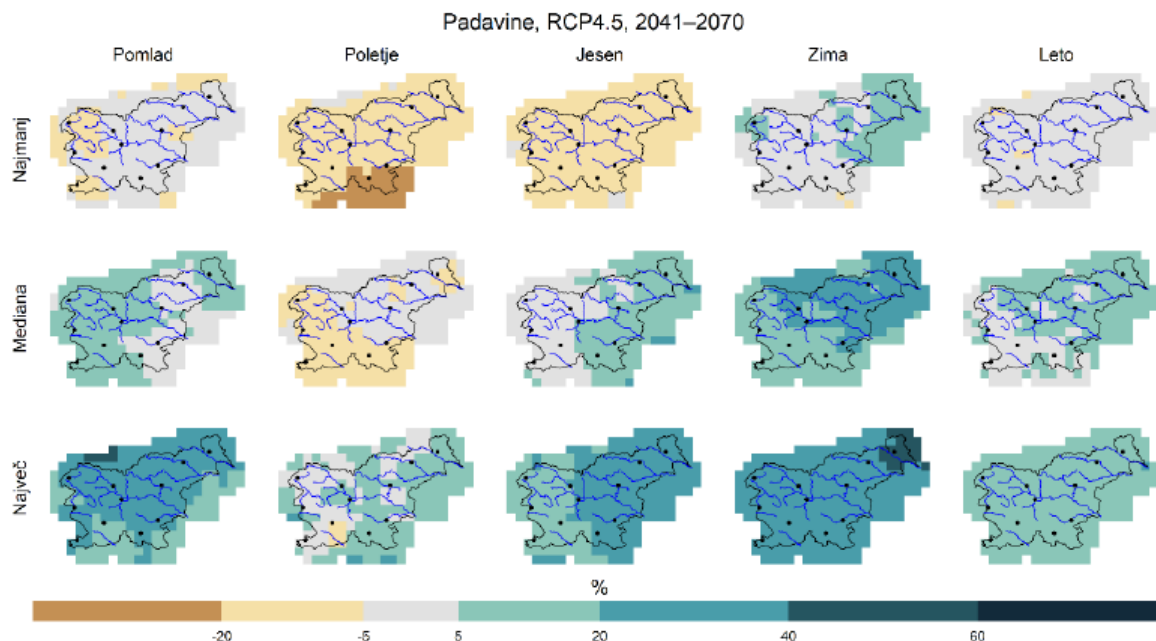
Slika 19: Minimalne temperature s povratno dobo 50 let (obdobje 1961-2005) /2/

Padavine

Za padavine podnebni scenariji kažejo veliko negotovost, se pa signali z odklikom v prihodnost stopnjujejo. Na letni ravni se spremembe kažejo šele v drugem tridesetletnem obdobju (2041-2070), ko se bo količina padavin povečala v vzhodni polovici Slovenije. Večje spremembe je zaznati na sezonski ravni. V zimskem času kaže, da se bo količina padavin povečala, poleti pa zmanjšala (slika 20).

Modelski rezultati regionalni podnebnih modelov projekta EuroCORDEX nam zaradi koraka, dolžine enega dneva, dajejo samo dnevne vrednosti vremenskih spremenljivk. Zato lahko analiziramo samo vrednosti za dnevno ali večdnevno višino padavin. Na nalive s krajšim trajanjem iz teh podatkov ne moremo neposredno sklepati. Spremembo kratkih (15-minutnih) nalivov ocenjujemo iz študij, ki jih najdemo v literaturi.

Iz fizikalnega zakona (Clausius-Clapeyronova enačba) sledi, da kapaciteta ozračja za zadrževanje vlage narašča približno s stopnjo 7 % za vsako stopinjo v temperaturi ozračja. Trendi opazovane relativne vlažnosti kažejo, da bo relativna vlažnost v prihodnje ostala približno enaka v celotni troposferi, zato bo ozračje ob povečani temperaturi vsebovalo več absolutne vlage. Za 20. stoletje je na osnovi spremenjene temperature zraka pri tleh ocenjeno, da se je absolutna vlažnost nad oceani povečala za 5 %. Ker padavine prihajajo večinoma iz vremenskih sistemov, ki jih poganja vsebnost vlage v ozračju, je v splošnem intenzivnost padavin narasla. S tem se je povečala verjetnost močnejših padavinskih in snežnih dogodkov. Teorija, simulacije s podnebnimi modeli in empirični dokazi potrjujejo, da toplejše podnebje zaradi povečane vsebnosti vlage v ozračju vodi k intenzivnejšim padavinskimi dogodkom, tudi če se letna količina padavin nekoliko zmanjša. Pri povečani letni količini padavin pa je verjetnost za močnejše padavinske dogodke še večja. Toplejše ozračje povečuje verjetnost za sušo, ko ne dežuje, in poplave, ko dežuje. Seveda ne ob istem času in kraju (Trenberth, 2007).



Slika 20: Ocenjene spremembe povprečnih padavin (v %) v obdobju 2041-2070 v primerjavi z obdobjem 1981-2010, vir: MOP-ARSO

Modelski rezultati izbranih šestih regionalnih podnebnih modelov nad Slovenijo kažejo, da imajo pri stopnji značilnosti 5 % in 10 % trije modeli statistično značilen trend pri **največjih dnevni višini padavin**. Povprečen trend šestih modelov znaša **0,62 mm/desetletje** (z 95-odstotnim intervalom zaupanja med –0,47 in 1,51 mm/desetletje). Za krajše, 12-urne padavine, predvidevamo podobno spremembo, kot za enodnevne. V tabeli 23 so podane ocene za ekstremne 24- in 12-urne padavine s 100-letno povratno dobo za območje obvoznice v današnjem in prihodnjem podnebnju. Vrednost s povratno dobo 100 let označuje tisto intenziteto padavin, ki je v povprečju dosežena ali presežena enkrat na 100 let.

Ocene so podane za današnje podnebje (P_{danes}) in za podnebje v sredini 21. stoletja (P_{2050}) po scenariju RCP4.5. Za prihodnje podnebje je podan 95-odstotni interval zaupanja za oceno, ki temelji na izračunu šestih različnih podnebnih modelov in srednja vrednost ocene.

Tabela 23: Ocene za ekstremne 24- in 12-urne padavine s 100-letno povratno dobo

Območje	Trajanje (ure)	P_{danes} (mm)	Ocena P_{2050} (mm)	Sr. vrednost ocene P_{2050} (mm)
Meteorološka postaja Ljubljana Bežigrad	12	115	113 – 123	118
	24	149	147 – 157	152

Iz literature in podatkov naših merilnih postaj torej pričakujemo rast 15-minutnih do nekajurnih ekstremnih padavin s stopnjo **do 7 %**, obstaja pa **velika verjetnost**, da je ta stopnja dvakrat večja, torej **14 %** na vsako stopinjo ogrevanja ozračja.

Stopnja naraščanja povprečne temperature zraka iz modelskih rezultatov izbranih regionalnih podnebnih modelov za območje železniške proge Ljubljana-Brezovica-Borovnica znaša okrog **0,20°C/desetletje**, s 95-odstotnim intervalom zaupanja med 0,14 in 0,32°C/desetletje. Od tod lahko pričakujemo naraščanje v ekstremnih padavinah od **0,98 %/desetletje** (po stopnji 7 %/°C) oz. **4,48 %/desetletje** (po stopnji 14 %/°C) oz. za **4,9 %** in **22,4 %** v prihodnjih 50 letih. Trenda naraščanja ekstremnih padavin sta določena iz spodnjega in zgornjega intervala zaupanja trenda povprečne temperature. Ocene sedanjih in prihodnjih

vrednosti največje višine 15, 20, 30 in 120-minutnih nalivov s povratno dobo 2, 5, 25 in 100 let prikazuje tabela 24.

Tabela 24: Ocene sedanjih in prihodnjih vrednosti največje višine 15, 20, 30 in 120-minutnih nalivov s povratno dobo 2, 5, 25 in 100 let

Območje	Dolžina naliva (min)	Obdobje	Povratna doba (leta)			
			2	5	25	100
Meteorološka postaja Ljubljana Bežigrad	15	danés	16	22	32	39
		2050	17–20	23–27	34–39	31–48
	20	danés	19	25	36	44
		2050	20–23	26–30	38–44	46–54
	30	danés	22	30	43	53
		2050	23–27	31–37	45–52	56–65
	120	danés	34	47	65	81
		2050	36–41	49–57	68–79	85–99

Vetrovne razmere

Zaradi hitrejšega ogrevanja polarnih od ekvatorialnih območij in posledično manjšega gradienta temperature in tlaka, je za svetovno raven ocenjeno, da se bo povprečna hitrost vetra v celotni troposferi do konca 21. stoletja znižala do 15 %. Na nivoju Evrope resnih študij o spremembi povprečne hitrosti vetra ni objavljenih, predvsem zato, ker večina podnebnih modelov ne daje jasnega signala za spremembe.

Nevihite

Nekoliko drugačna je situacija za ekstremne hitrosti vetra. Te so v realnosti večinoma povezane s procesi v lokalni skali, ki jih niti sodobni regionalni podnebni modeli ne morejo simulirati. Zato ostajajo študije sprememb ekstremne hitrosti vetra omejene na procese v sinoptični skali. Na območju Evrope so to viharji, povezani s cikloni zmernih geografskih širin, ki so močnejši v hladni polovici leta. Pri tem je potrebno ugotoviti premik trajektorij teh ciklonov in spremembo njihove jakosti. Takih študij je za območje Evrope veliko in so povzete v zadnjem poročilu Evropske agencije za okolje (EEA, 2017). Rezultati študij so precej enotni in kažejo na povečanje ekstremnih hitrosti vetra v severni Evropi in njihovo zmanjšanje v južnem Sredozemlju. Za območje Slovenije sprememb ni zaznati.

Ekstremni vetrovi v Sloveniji so vsi povezani s procesi v zelo majhni skali. Po večini Slovenije najmočnejši sunki vetra zapihajo med poletnimi neurji, ki so izrazito lokalne narave. Izjema je Primorska, kjer zelo visoke hitrosti sunkov vetra izmerimo med burjo in pod Karavankami, kjer so najmočnejši sunki vetra zabeleženi, ko zapiha karavanški fen. Čeprav sta burja in karavanški fen povezana s procesi v sinoptični skali, jih s trenutno ločljivostjo regionalnih podnebnih modelov ne moremo dobro simulirati. Za procese, ki se dogajajo v manjši skali, kot je ločljivost regionalnih podnebnih modelov, prihodnjih sprememb ne moremo oceniti na podlagi modelskih simulacij. Na podlagi modelskih simulacij pa je bilo za celotno območje Evrope ocenjeno, da se bo pogostost takšnih razmer v ozračju, ki so primerne za razvoj močnih neurij, močno povečalo. Žal pa na podlagi teh simulacij ne moremo reči nič o spremembi jakosti neurij in posredno o jakosti vetra ob neurjih. Simulacije torej kažejo, da v s prihodnosti lahko tudi na območju Slovenije pričakujemo večjo pogostost neurij z močnim vetrom. Glede na veliko negotovost sprememb najmočnejših vetrov predlagamo, da pri oceni vpliva vetra na konstrukcije upoštevate aktualne podnebne podlage (SIST EN 1991-1-4:2005) in pri tem dodate ustrezne varnostne faktorje.

Poplave, erozija in plazovi

Poplave, erozija tal in plazovi so odvisni predvsem od količine in intenzivnosti padavin. Ekstremne padavine lahko vplivajo na povečan obseg poplav, erozijo, zemeljske plazove, nestabilnosti npr. nasipov in s tem možnost povečanja povzročitve škode na infrastrukturi. Hidrološke analize in študije kažejo na porast visokih voda v zadnjih dveh desetletjih. V skladu s to opaženo spremembo je pričakovati, da so se

spremenili tudi padavinski ekstremi. Najbolj očitne spremembe v teh padavinskih ekstremih so opazne poleti, ko se po vsej državi, z izjemo severozahodne Slovenije, višina teh ekstremov zmanjšuje, na velikem deležu postaj osrednje in vzhodne Slovenije je tudi statistično značilno.

Na nekaterih postajah je hitrost zmanjševanja dvodnevni ekstremnih padavin zelo velika, tudi do 10 % na desetletje. Spomladi in pozimi je prostorska slika sprememb dvodnevni ekstremov bolj pestra. Spomladi je ravno obratno kot poleti, najmočnejši signal zmanjševanja dvodnevni ekstremnih padavin je na severozahodu Slovenije, proti jugu in vzhodu pa se na številnih postajah celo obrne v rahlo pozitivnega – naraščanje dvodnevni ekstremnih padavin. Jeseni je v večjem delu države opazno rahlo povečevanje dvodnevni ekstremnih padavin, pozimi sprememb ni.

Podobno sliko kaže tudi analiza padavinskih dogodkov, ko v enem dnevu pade vsaj 20 mm padavin. Spomladi in poleti se število takih dni zmanjšuje povsod po državi, vendar te spremembe niso statistično značilne. Spomladi je signal zmanjševanja manjši (le do pol dneva na desetletje) in ni statistično značilen. Poleti je signal zmanjševanja dni z vsaj 20 mm padavin večji, na nekaterih postajah je viden upad za en do dva dneva na desetletje.

Jeseni je na zahodu države še vedno zaznati signal zmanjševanja števila dni z vsaj 20 mm padavin, vendar ta signal ni statistično značilen. Nasprotno v vzhodni polovici države ni zaznati trenda zmanjševanja takšnih dni, na nekaterih postajah ima celo nasproten predznak. Pozimi je signal na severozahodu države spet negativen (zmanjševanje števila dni z vsaj 20 mm padavin), medtem ko se drugod po Sloveniji pozimi število dni z vsaj 20 mm padavin ne spreminja.

2.5.3 OCENA IZPOSTAVLJENOSTI PROJEKTA ZA PRIHODNJE STANJE

Ekstremno povečanje temperature

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na ekstremne temperature je enaka kot za obstoječe stanje in je v tabeli 25.

Tabela 25: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na ekstremne temperature

Letno povprečje dnevne najvišje temperature zraka v °C	Izpostavljenost
< 12	ni/majhna izpostavljenost
12 – 18	srednja izpostavljenost
>18	velika izpostavljenost

Projekt leži na območju, kjer so obstoječe povprečne dnevne najvišje temperature zraka do 16°C, ocenjena obstoječa izpostavljenost projekta na ekstremne temperature je srednja. Ob povečanju maksimalne temperature do 2°C do leta 2050, ocenjujemo, da bo izpostavljenost projekta na ekstremne temperature tudi v prihodnjem stanju **srednja**.

Ekstremni sunki vetra

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na sunke vetra je enaka kot za obstoječe stanje in je v tabeli 26.

Tabela 26: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na sunke vetra

Povprečni sunki vetra v m/s	Izpostavljenost
< 5	ni/majhna izpostavljenost
5 – 10	srednja izpostavljenost
> 10	velika izpostavljenost

Projekt leži na območju, kjer so obstoječe povprečne hitrosti sunkov vetra cca. 3,4 m/s, ocenjena obstoječa izpostavljenost projekta na sunke vetra je **majhna**. Na podlagi modelskih simulacij je bilo za celotno območje Evrope ocenjeno, da se bo pogostost takšnih razmer v ozračju, ki so primerne za razvoj močnih neurij, povečalo. Na nivoju Evrope relevantnih študij o spremembi povprečne hitrosti vetra ni, izpostavljenost projekta na vetrovne razmere v prihodnjem stanju tako ostane **majhna**.

Nevihite

Negotovost scenarijev sprememb ekstremnih vremenskih dogodkov je še nekoliko večja kot pri spremembah povprečij. Ocenjena izpostavljenost projekta na ekstremne nevihte v prihodnjem stanju je predvsem v povezavi z ekstremnimi padavinami in sunki vetra ocenjena **kot srednja**.

Poplave

Območje železniške proge Ljubljana-Brezovica leži na območju srednje poplavne nevarnosti. Poplave se pojavljajo redko. Poplavna ogroženost in pogostost pojavljanja poplav obravnavanega odseka železniške proge sta opisani v poglavju 2.4.3. Glede na pričakovane podnebne spremembe in povečanje količine padavin v prihodnosti in ker se z načrtovanimi ukrepi ohranja obstoječe svetle odprtine prepustov, ni poslabšanja poplavne ogroženosti na dolvodnih odsekih glede na obstoječe stanje. Poplavna ogroženost se tako ne bo spremenila.

Ocenjena izpostavljenost projekta na poplave ostaja tudi v prihodnje srednja.

Nestabilnost tal in erozija

Na podlagi opozorilne karte erozije (Geoportal ARSO, slika 9) širše obravnavano območje ni erozijsko ogroženo.

Izpostavljenost projekta na erozijo je majhna.

Glede na podatke GEOZS območje projekta leži na območju majhne verjetnosti pojavljanja plazov. Podrobnejši prikaz verjetnosti pojavljanja plazov na območju obravnavanega odseka železniške proge prikazuje slika 13, v poglavju 2.4.3.

Ocenjujemo, da bo tudi v prihodnje izpostavljenost projekta na nestabilnost/tal ostala majhna.

Suša

Območje posega leži na območju zmerne suše, tako je ocenjena izpostavljenost projekta na sušo **srednja** kar je opisano v poglavju 2.4.3. Ocenjujemo, da bo glede na povečanje količine padavin v prihodnosti, izpostavljenost projekta na sušo v najslabšem primeru ostala **srednja**.

Gozdni požari

Območje posega leži na območju majhne požarne ogroženosti. Ocenjujemo, da bo izpostavljenost projekta na požare ostala **majhna**.

Zmrzovanje

Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na zmrzovanje je enaka kot za obstoječe stanje in je v tabeli 27.

Tabela 27: Metodologija ocene izpostavljenosti projekta na zmrzovanje

Letno povprečje dnevne najnižje temperature zraka v °C	Izpostavljenost
> 5	ni/majhna izpostavljenost
5 – 0	srednja izpostavljenost
< 0	velika izpostavljenost

Projekt leži na območju, kjer so obstoječe povprečne dnevne najnižje temperature zraka med 4 in 6°C, ocenjena obstoječa izpostavljenost projekta na zmrzovanje **srednja**. Zaradi povečanja najnižjih temperatur do leta 2050, ocenjujemo, da bo izpostavljenost projekta na zmrzovanje v prihodnjem stanju **majhna**.

Žled

Območje projekta leži v območju 4 ogroženosti zaradi žleda. Po oceni se na tem območju žled pojavlja pogosto v povprečju na 3 leta in v povprečju na 3 leta povzroči škodo. ***Ocenjena izpostavljenost projekta na žled je srednja.***

Ocena izpostavljenosti projekta za prihodnje stanje

Izpostavljenost projekta na prihodnje stanje je bila ocenjena ob upoštevanju razpoložljivih podatkov in predhodno opredeljenih izpostavljenosti v obstoječem stanju. Izpostavljenost projekta na prihodnje stanje je prikazana v tabeli 28.

Tabela 28: Matrika izpostavljenosti za prihodnje stanje za železniško progo Ljubljana-Brezovica

<i>Podnebni dejavnik</i>	<i>Izpostavljenost za prihodnje stanje</i>
Ekstremne temperature	
Ekstremni sunki vetra	
Nevihte	
Poplave	
Erozija tal	
Nestabilnost tal/plazovi	
Suša	
Gozdni požari	
Zmrzovanje	
Žled	

Legenda:

	ni/majhna izpostavljenost
	srednja izpostavljenost
	velika izpostavljenost

Izpostavljenost projekta se z upoštevanjem pričakovanih podnebnih sprememb glede na obstoječe stanje ne bo bistveno povečala oziroma spremenila.

Glede na to, da se v prihodnosti zaradi podnebnih sprememb pričakuje predvsem več ekstremnih vremenskih pojavov, na katere je projekt izpostavljen že sedaj, je ocenjeno, da bo projekt v prihodnosti izpostavljen enakim podnebnim dejavnikom kot v obstoječem stanju:

- srednja za ekstremne temperature, nevihte, poplave, suša in žled
- majhna za ekstremne sunke vetra, erozijo tal, nestabilnost tal/plazove, gozdne požare in zmrzovanje

V prihodnjem stanju je sprememba le glede izpostavljenosti na mraz, ki bo majhna.

2.6 MODUL 3: ANALIZA RANLJIVOSTI

2.6.1 MODUL 3A: ANALIZA RANLJIVOSTI – OBSTOJEČE STANJE

Ranljivost je opredeljena z matrikami glede na stopnjo občutljivosti in izpostavljenost izhodiščnim podnebnim dejavnikom/sekundarnim učinkom. Izhodiščna matrika za oceno ranljivosti projekta na podnebne dejavnike je v tabeli 29.

Tabela 29: Metodološka matrika ranljivosti

Stopnja ranljivosti		NI	Srednja	Velika
		IZPOSTAVLJENOST		
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Pri oceni ranljivosti se upošteva, da je stopnja ranljivosti srednja ali velika, če projekt vsaj deloma posega na območje z veliko ali srednjo občutljivostjo in je vsaj v delu območja projekta ocenjena srednja ali velika izpostavljenost.

Ranljivost (R) se izračuna kot:

$$R = O \times I$$

kjer je [O] stopnja občutljivosti projekta in [I] izpostavljenosti podnebnim dejavnikom.

Analiza ranljivosti je izdelana za vse dejavnike, na katere je izvedba železniške proge pomembneje občutljiva:

- velika občutljivost:
 - o poplave,
 - o nestabilnost tal/plazovi.
- srednja občutljivost:
 - o ekstremne temperature,
 - o ekstremni sunki vetra,
 - o nevihte,
 - o erozija tal,
 - o gozdni požari,
 - o suša,
 - o zmrzovanje,
 - o žled.

Podatki o analizi ranljivosti projekta na podnebne dejavnike za obstoječe stanje so v tabeli 28. Pri oceni ranljivosti projekta za obstoječe stanje je upoštevano obstoječe stanje na območju projekta, obstoječe naravne danosti in obstoječe klimatske razmere. Izvedba železniške proge je s stališča podnebnih sprememb opredeljena kot zelo ranljiva na:

- poplave

Srednja ranljivost projekta je ocenjena za naslednje podnebne dejavnike:

- ekstremne temperature,
- ekstremne sunke vetra,
- nevihte,

- erozijo tal,
- nestabilnost tal/plazove
- gozdne požare,
- sušo,
- zmrzovanje,
- žled.

2.6.2 MODUL 3B/1: ANALIZA RANLJIVOSTI – PRIHODNJE STANJE

Podobno kot v pri analizi ranljivosti za obstoječe stanje je ocenjena tudi ranljivost projekta z upoštevanjem podatkov o pričakovanih podnebnih spremembah v dolgoročnem obdobju. Ranljivost je opredeljena z matrikami glede na stopnjo občutljivosti in ocenjeno izpostavljenostjo za pričakovani podnebni scenarij v prihodnjem obdobju.

Podatki o analizi ranljivosti projekta na podnebne dejavnike za obstoječe stanje so v tabeli 30, za prihodnje stanje v tabeli 31. Izpostavljenost projekta se z upoštevanjem pričakovanih podnebnih sprememb glede na obstoječe stanje ne bo bistveno povečala oziroma spremenila. V prihodnjem stanju bo sprememba le glede izpostavljenosti na mraz, ki bo majhna.

Velika ranljivost projekta je ocenjena za poplave.

Med dejavnike z opredeljeno srednjo ranljivostjo, ki lahko v prihodnjem obdobju pomembneje vplivajo na železniško infrastrukturo, prometne povezave, koristi uporabnikov ter varnost železniškega prometa, sodijo predvsem:

- ekstremne temperature,
- ekstremne sunke vetra,
- nevihte,
- erozijo tal,
- nestabilnost tal/plazove
- gozdne požare,
- sušo,
- zmrzovanje,
- žled.

Tabela 30: Matrike ranljivosti projekta za obstoječe stanje

Ekstremne temperature	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Ekstremni sunki vetra	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Nevihite	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Poplave	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Erozija tal	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Nestabilnost tal	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Gordni požari	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Suša	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Zmrzovanje	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Žed	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Tabela 31: Matrike ranljivosti projekta za prihodnje stanje

Ekstremne temperature	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Ekstremni sunki vetra	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Nevihite	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Poplave	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Erozija tal	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Nestabilnost tal	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Gordni požari	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Suša	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Zmrzovanje	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Žled	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

2.6.3 MODUL 3B/2: PODROBNEJŠA ANALIZA RANLJIVOSTI – PRIHODNJE STANJE

2.6.3.1 UVOD

V tem poglavju je ocenjena ranljivost posega glede na ocenjeno izpostavljenost posega z upoštevanjem projektnih rešitev. Skladno z zakonodajo so bili pri projektiranju upoštevani veljavna zakonodaja in vsi predpisani standardi, ki zagotavljajo odpornost projekta na podnebne dejavnike, za katere je bila ranljivost projekta ocenjena kot srednja.

V nadaljevanju je podrobneje obravnavan podnebni dejavnik, za katerega je v poglavju 3.6.2 ranljivost projekta ocenjena kot velika (poplave).

2.6.3.2 PODROBNEJŠA OCENA RANLJIVOSTI ZARADI POPLAV

Splošno

Območje železniške proge Ljubljana-Brezovica leži na območju srednje in delno tudi velike (območje Glinščice in Malega grabna) poplavne nevarnosti. Območje poplav na večjih območjih sega neposredno do obstoječega nasipa železniške proge.

Za železniško progo Ljubljana – Brezovica je bil izdelan Hidrološko – hidravlični elaborat za območje, št. L54/19, IZVO-R d.o.o., junij 2019 /19/.

Znotraj območja načrtovane nadgradnje železnice (samega nasipa) niso možni omilitveni ukrepi, ki bi bistveno zmanjšali poplavno nevarnost na širšem območju (t.j. gladino poplavne vode na obravnavanem območju in v okolici v primeru poplav), saj se poplavne vode, ki poplavijo območje, izlijejo iz osnovnih strug že na gorvodnih območjih. Zmanjšanje poplavne nevarnosti obravnavnega območja in širše je mogoče zagotoviti le z izvedbo celovitih ukrepov na porečju Malega grabna in Glinščice, ki so že bili načrtovani v preteklosti (in na porečju Glinščice že delno izvedeni).

Območja, kjer ureditve železnice lahko imajo vpliv na poplavno nevarnost, so križanja z vodotoki. V sklopu nadgradnje železnice se načrtujeta dve novi premostitvi: nov most čez Mali graben (A13) in nov prepust na Voslici (A15). Vse ostale premostitve ostanejo enake in se ne spreminjajo glede na obstoječe stanje.

Nasipa železnice na obravnavanem odseku poplave ne prelijejo tudi za računski primer Q_{500} , sami tiri železniške proge na območju nadgradnje proge tako niso poplavno ogroženi. Znotraj dosega poplavnih vod se nahajajo le posamezne spremljajoče ureditve (ureditev drenaže, površinska odvodnja z jarki, ureditve strug na križanjih z vodotoki...) /19/.

Drenaže

Izvedba drenažnih sistemov nima nobenega vpliva na režim odtoka poplavnih vod, ti sistemi tudi niso občutljivi na preplavitev. Gre namreč za ureditve, ki se v celoti nahajajo pod zemljo in v primeru poplav svoje funkcije ne morejo opravljati, saj je celotno območje poplavljenno, vendar pa preplavitev in zasičenost zemlje z vodo nima negativnih vplivov na drenažne sisteme /19/.

Jarki ob nasipu

Jarki ob vznožju nasipa služijo za odvajanje pogostih visokih vod in preprečujejo zastajanje vode ob nožici nasipa in zamočvirjenje terena. Predvideni so bodisi kot travnate mulde (nad trasami drenaž), bodisi je spodnji del izveden z betonskimi kanaletami. Jarki potekajo na pretežnem delu trase na obeh straneh nasipa in tako povezujejo posamezne prepuste pod nasipom med seboj. Na območju načrtovane nadgradnje proge odvodni jarki sledijo obstoječemu sistemu odvodnje in tako v ničemer ne spreminjajo režima dotoka vod.

Prepust A14 na območju Dolgega mostu je v obstoječem stanju popolnoma zasut, izgubil je tudi svojo osnovno funkcijo (odvod zalednih vod iz območja severno od nasipa proti jugu skozi nasip) ob izgradnji nadvoza Tržaške ceste, ki je v celoti prekinila dovod zalednih vod proti prepustu A14. Na dolvodni strani prepusta nima več struge, ki bi potekala naprej proti jugu. Ob nadgradnji proge je predvidena ukinitve tega prepusta. Odvodna jarka na obeh straneh nasipa (tudi ta dva sta v obstoječem stanju močno zasuta in potrebna temeljite rekonstrukcije) se tako po načrtu nadgradnje železnice na obeh straneh nasipa vodita do struge Malega grabna. Na desnem bregu Malega grabna se na gorvodni (severni) strani nasipa železnice

poplavne vode vračajo v strugo Malega grabna. Območje med železnico in nadvozom Tržaške ceste je v blagi depresiji. Ob rekonstrukciji jarka in njegovem podaljšanju do struge Malega grabna je treba preprečiti nevarnost zatekanja poplavnih vod iz območja Kosovega polja nazaj po jarku (v smeri proti zahodu oziroma proti Brezovici). V obstoječem stanju to zatekanje preprečuje dvignjen teren na območju pod nadvozom Tržaške ceste pri zahodnem krajnem oporniku nadvoza (med prerezoma železnice P_152a in P_VM154).

Predvideno je, da se severni jarek na obstoječem mestu nadvišanega terena ob nasipu vodi skozi cevni prepust, nadvišan teren pa ohrani oziroma vzpostavi nazaj po vgradnji prepusta. Nadvišan teren naj preprečuje površinsko odtekanje vode proti zahodu do kote 297.20 (Q100 + 50cm), cevni prepust naj se na iztoku opremi s protipovratno zaklopko.

Načrtovane ureditve nimajo vpliva na režim odtoka poplavnih vod oziroma je njihov vpliv mestoma celo pozitiven (nov most preko Malega grabna, nov prepust na Voslici). Nasip železnice je že v obstoječem stanju v prostoru in se z načrtovano nadgradnjo ne spreminja na način, ki bi vplival na režim odtoka poplavnih vod /19/.

Povzetek

Z upoštevanjem prilagoditvenega ukrepa, je ranljivost projekta poplave ocenjena kot srednja.

Ocenjujemo, da bo izpostavljenost projekta na poplave z upoštevanjem projektnih rešitev, majhna. Podatki o ponovljeni analizi ranljivosti posega na pričakovane podnebne dejavnike v prihodnjem obdobju z upoštevanjem projektnih rešitev so v tabeli 32.

Tabela 32: Matrike ponovljene ocene ranljivosti posega za prihodnje stanje z upoštevanjem projektnih rešitev

Ekstremne temperature	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Ekstremni sunki vetra	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Nevihite	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Poplave	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Erozija tal	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Nestabilnost tal	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Gordni požari	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Suša	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Zmrzovanje	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

Žed	IZPOSTAVLJENOST			
OBČUTLJIVOST		NI	Srednja	Velika
	NI			
	Srednja			
	Velika			

2.7 MODUL 4: OCENA TVEGANJA

2.7.1 UVOD

Ocena tveganja je izvedena preko ocenjevanja verjetnosti pojavov in ocenjenih posledic pojavov, povezanih z nevarnostmi, opredeljenimi v analizi izpostavljenosti (Modul 2) in analizi ranljivosti (Modul 3), s poudarkom na prepoznavanju tveganj, ki so povezana z ocenjeno pomembnejšo ranljivostjo posega v Modulu 3b.

Glede na rezultate analize ranljivosti projekta so obravnavani dejavniki, za katere se je izkazalo, da je ranljivost projekta ocenjena kot velika (poplave).

Metodologija ocene tveganja sledi smernicam in opredeljuje oceno posledic kot:

- 1- nepomembne (insignificant)
- 2- majhne (minor)
- 3- srednje (moderate)
- 4- velike (major)
- 5- uničujoče (catastrophic)

Tabela 33: Matrika ocene posledic pojava

	1	2	3	4	5
	nepomembne	majhne	srednje	velike	uničujoče
Opis	Minimalen vpliv, ki se izniči skozi normalno delovanje.	Dogodek, ki vpliva na projektno delovanje in ima lokalni vpliv z začasnim trajanjem.	Resen dogodek, ki zahteva dodatne ukrepe za uravnavanje delovanja in se kaže v zmernem vplivu.	Kritičen dogodek, ki zahteva izven-serijsko prilagoditev, ki se odraža v prostorsko večjem obsegu ali časovno daljšem vplivu.	Nesreča s potencialom, da se delovanje ustavi ali poškoduje infrastruktura in ustvari večjo in dolgotrajno škodo.

Verjetnost posameznega pojava je ocenjena po naslednji lestvici:

- 1- redko (rare)
- 2- malo verjetno (unlikely)
- 3- možno (possible)
- 4- verjetno (likely)
- 5- zagotovo (almost certain)

Tabela 34: Matrika ocene verjetnosti pojava

	1	2	3	4	5
	redko	malo verjetno	možno	verjetno	zagotovo
Opis	Velika verjetnost, da se dogodek ne zgodi.	V okviru sedanjih informacij in postopkov se pojav verjetno ne bo zgodil.	Dogodek se dogaja v podobnih okoljih in razmerah.	Dogodek se bo zgodil z večjo verjetnostjo kot neverjetnostjo.	Dogodek se bo skoraj zagotovo zgodil, možno tudi večkrat.

Podrobnejša metodologija določanja posledic in verjetnosti je navedena v nadaljevanju za vsako področje posebej. Tveganje je opredeljeno skladno z matriko, kot jo opredeljujejo Smernice v Annex VI: Example risk matrix.

Tabela 35: Matrika ocene tveganja

	Verjetnost	Redko	Malo verjetno	Možno	Verjetno	Zagotovo
Posledica		1	2	3	4	5
Neznatno	1	1	2	3	4	5
Majhno	2	2	4	6	8	10
Srednje	3	3	6	9	12	15
Veliko	4	4	8	12	16	20
Uničujoče	5	5	10	15	20	25

Legenda:

1-3	Zanemarljivo tveganje
4-6	Majhno tveganje
7-10	Zmerno tveganje
11-17	Veliko tveganje
18-25	Izjemno tveganje

2.7.2 OCENA TVEGANJA ZARADI POPLAV

Območje železniške proge Ljubljana-Brezovica leži na območju srednje in delno tudi velike (območje Glinščice in Malega grabna) poplavitne nevarnosti, pogostost poplav je večinoma *redka*. Ocena posledic na železniško infrastrukturo je *majhna*, upoštevajoč predvidene projektna rešitve, ukrepe proti poplavam/19/. Tveganje je ocenjeno kot *majhno*. Ocena tveganja za železniško progo Ljubljana-Brezovica zaradi poplav je v tabeli 36.

Tabela 36: Ocena tveganja za železniško progo Ljubljana-Brezovica na podnebne spremembe

	Verjetnost	Redko	Malo verjetno	Možno	Verjetno	Zagotovo
Posledica		1	2	3	4	5
Neznatno	1				Poplave	
Majhno	2					
Srednje	3					
Veliko	4					
Uničujoče	5					

2.8 MODUL 5: PRILAGODITVENI UKREPI

Načrtovane ureditve nimajo vpliva na režim odtoka poplavitnih vod oziroma je njihov vpliv mestoma celo pozitiven (nov most preko Malega grabna, nov prepust na Voslici). Nasip železnice je že v obstoječem stanju v prostoru in se z načrtovano nadgradnjo ne spreminja na način, ki bi vplival na režim odtoka poplavitnih vod /19/, dodatni prilagoditveni ukrepi niso potrebni, projekt je odporen tudi na prihodnje stanje.

3 SKLEPNA OCENA

V okviru izdelave projektne dokumentacije za rekonstrukcijo železniške proge Ljubljana-Brezovica je izdelana ocena tveganja z namenom priprave vseh potrebnih ukrepov za zagotovitev odpornosti posega na pričakovane podnebne spremembe. Ocena tveganja vključuje analizo občutljivosti, izpostavljenosti, ranljivosti in tveganja posega na podnebne spremembe upoštevajoč razpoložljive podatke glede na predstavljene in pričakovane scenarije podnebnih sprememb v Sloveniji in na območju posega.

Zmanjševanje emisij TGP iz prometa se uvršča med prednostne naloge Strategije razvoja prometa v Republiki Sloveniji. Dolgoročni cilj je zmanjšanje emisij TGP iz sektorja prometa do leta 2050 najmanj za polovico. Za to bodo aktivnosti usmerjene v uveljavljanje nizkoogljičnih tehnologij in trajnostnega prevoza.

Skladno s Strategijo razvoja prometa v Republiki Sloveniji je treba ukrepe prometne politike načrtovati na način, ki je gospodaren z viri, kar med drugim pomeni, da zagotavlja ustrezno obravnavo občutljivosti prometne infrastrukture na podnebne spremembe ter naravne nesreče in nesreče, ki jih povzroči človek. Novogradnje prometne infrastrukture morajo skladno s Strategijo vsebovati vse potrebne ukrepe za zmanjševanje ali preprečevanje posledic podnebnih sprememb, predvsem tistih, ki jih povzročajo ekstremni vremenski dogodki (poplave, izraziti nalivi, visoke temperature, orkanski veter, plazenje tal, ...).

Železniška infrastruktura je občutljiva predvsem na nevihte, ekstremne padavine ter posledično poplave, nestabilnosti tal in erozijo, v manjši meri tudi na močne sunke vetra, ekstremne temperature in zmrzovanje. Po oceni bodo vplivi zaradi ekstremnih padavin in vročine na območju Južne in Srednje Evrope srednje negativni do leta 2025 in visoko negativni do leta 2080. Železniška infrastruktura, ki je vključena v poseg, je občutljiva predvsem na naslednje podnebne dejavnike:

- velika občutljivost: poplave in nestabilnost tal/plazovi,
- srednja občutljivost: ekstremne temperature, ekstremni sunki vetra, nevihte, erozija tal, suša, gozdni požari, suša, zmrzovanje, žled.

Ocena izpostavljenosti posega temelji na podatkih o obstoječih razmerah na širšem obravnavanem območju, na podlagi opredeljene občutljivosti po posameznem dejavniku pa je bila ocenjena izpostavljenost posega glede na razmere v obstoječem stanju ter glede na pričakovane podnebne spremembe v prihodnosti. Podrobnejša analiza izpostavljenosti je izvedena za podnebne dejavnike, za katere je bil poseg ocenjen kot srednje in visoko občutljiv (poplave ter nestabilnost tal/plazovi, ekstremne temperature, ekstremni sunki vetra, nevihte, erozija tal, suša, gozdni požari, suša, zmrzovanje, žled).

Na podlagi analize izpostavljenosti posega je ocenjeno, da je poseg v obstoječem stanju:

- srednja za ekstremne temperature, nevihte, poplave, suša, zmrzovanje in žled
- majhna za ekstremne sunke vetra, erozijo tal, nestabilnost tal/plazove, gozdne požare.

Glede na to, da se v prihodnosti zaradi podnebnih sprememb pričakuje predvsem več ekstremnih vremenskih pojavov, na katere je območje izpostavljeno že sedaj, je ocenjeno, da bo poseg v prihodnosti izpostavljen podobnim podnebnim dejavnikom kot v obstoječem stanju.

Pri oceni ranljivosti posega za obstoječe stanje je upoštevano obstoječe stanje, obstoječe naravne danosti in obstoječe klimatske razmere, za prihodnje stanje pa je ranljivost posega ocenjena glede na oceno podnebnih sprememb do sredine 21. stoletja (ARSO /2/). Skladno z ugotovitvijo, da se izpostavljenost posega z upoštevanjem pričakovanih podnebnih sprememb ne bo bistveno povečala oziroma spremenila, je ocena ranljivosti za prihodnje večinoma identična oceni ranljivosti za obstoječe stanje.

V prihodnjem obdobju je kot v obstoječem stanju ocenjena velika ranljivost posega za poplave.

Nasipa železnice na obravnavanem odseku poplave ne prelijejo tudi za računski primer Q₅₀₀, sami tiri železniške proge na območju nadgradnje proge tako niso poplavno ogroženi, znotraj dosega poplavnih vod se nahajajo le posamezne spremljajoče ureditve (ureditev drenaže, površinska odvodnja z jarki, ureditve strug na križanjih z vodotoki...). Načrtovane ureditve nimajo vpliva na režim odtoka poplavnih vod oziroma je njihov vpliv mestoma celo pozitiven (nov most preko Malega grabna, nov prepust na Voslici). Nasip železnice je že v obstoječem stanju v prostoru in se z načrtovano nadgradnjo ne spreminja na način, ki bi vplival na režim odtoka poplavnih vod /19/.

Z upoštevanjem predvidenih projektnih rešitev predvidenih v Hidrološko – hidravličnem elaboratu /19/ je ocenjeno, da bo izpostavljenost projekta tudi za poplave majhna, zato je skupna ranljivost posega ocenjena kot srednja. Dodatni prilagoditveni ukrepi za omilitev vpliva podnebnih sprememb na železniško progo Ljubljana-Brezovica niso potrebni.

Glede na rezultate analize ranljivosti projekta so za oceno tveganja obravnavani dejavniki, za katere se je izkazalo, da je ranljivost projekta ocenjena kot velika (poplave). Skupna ocena tveganja za železniško progo na odseku Ljubljana-Brezovica na podnebne spremembe je z upoštevanjem projektnih rešitev ukrepov, ki so vključeni v projektno dokumentacijo, ocenjena z majhnim tveganjem.

Datum:

november 2019

Odgovorni izdelovalec:

Boštjan Peršak, univ. dipl. fiz.

Podpis:

**EPI SPEKTRUM** Varstvo okolja, informacijski sistemi
in storitve d.o.o.
Strossmayerjeva ulica 11, 2000 Maribor, Slovenija

4 VIRI

- /1/ Podnebne spremembe v Sloveniji-Podnebne podlage za pripravo ocene tveganj in priložnosti, ki jih podnebne spremembe prinašajo za Sloveniji-1. Poročilo (različica 2), ARSO, Ljubljana, december 2014
- /2/ Ocena podnebnih sprememb do sredine 21. stoletja za območje železniške proge Ljubljana-Brezovica-Borovnica, MOP-ARSO, avgust 2019
- /3/ Guidelines for Project Managers: Marking vulnerable investments climate resilient, European Commission, Directorate General, Climate action:
https://www.acclimatise.uk.com/login/uploaded/resources/non_paper_guidelines_project_managers_en.pdf
- /4/ Adaptation of transport to climate change in Europe, EEA Report No 8/2014:
<http://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>
- /5/ Climate change Adaption, Background report to IA Part I, februar 2013:
https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/adaptation/what/docs/background_report_part1_en.pdf
- /6/ Umwelt Bundes Amt. 2014, HBEFA, Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.2
- /7/ Zavod za gozdove Slovenije, Požarno ogroženi gozdovi:
http://www.zgs.si/slo/gozdovi_slovenije/o_gozdovih_slovenije/pozarno_ogrozeni_gozdovi/index.html
- /8/ Poročilo o stanja okolja v Sloveniji za leto 2002, MOP-ARSO:
<http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/nestrece.pdf>
- /9/ Klimatološki podatki RS, MOP-ARSO, Urad za meteorologijo
- /10/ Spremenljivost pogostosti neviht in toče v obdobju 1961–2004, Ujma, št. 19, 2005
- /11/ Vetrovnost v Sloveniji leta 2006, Ujma, št. 21, 2007
- /12/ Karte razredov poplavne nevarnosti-obstoječe stanje, vodovarstvena območja in zajetja pitne vode, erozijska območja. GIS portal ARSO, 2017
- /13/ Analiza pojavljanja plazov v Sloveniji in izdelava karte verjetnosti plazenj, Geološki zavod Slovenije, 2005
- /14/ Obravnava meteorološke suše z različnimi indikatorji, Andrej Ceglar, Lučka Kajfež-Bogataj, 2008
- /15/ Monitoring suše na Agenciji RS za okolje, Gregor Gregorič, Boštjan Muri, 2014
- /16/ IZN, Nadgradnja odseka železniške proge Ljubljana-Divača za medpostajni odsek Ljubljana-Brezovica, Elaborat vplivov na okolje, Projekt d.d. Nova Gorica, julija 2019
- /17/ IZN, Nadgradnja odseka železniške proge Ljubljana-Divača za medpostajni odsek Ljubljana-Brezovica, Elaborat-ureditev gradbišč zaradi nadgradnje proge, SŽ-projektivno podjetje Ljubljana d.d., Julij 2019
- /18/ IZN, Izdelava izvedbenih načrtov za nadgradnjo medpostajnega odseka Ljubljana - Brezovica, 9/2-Geološko-geomehansko poročilo, Geoekspert, Igor Resanović s.p., Junij 2019
- /19/ Hidrološko – hidravlični elaborat za območje železniške proge Ljubljana – Brezovica, št. L54/19, IZVO-R d.o.o., junij 2019

P. PRILOGE

P. VSEBINA

P.1 Ocena podnebnih sprememb do sredine 21. stoletja za območje železniške proge Ljubljana-Brezovica-Borovnica, MOP-ARSO, avgust 2019

P.1 OCENA PODNEBNIH SPREMEMB DO SREDINE 21. STOLETJA ZA OBMOČJE ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA-BREZOVICA-BOROVNICA, MOP-ARSO



**Ocena podnebnih sprememb
do sredine 21. stoletja
za območje železniške proge Ljubljana-
Brezovica-Borovnica**

Pripravil:
Anže Medved

Ljubljana, avgust 2019



Uvod

Podnebni modeli kvantitativno simulirajo interakcijo pomembnih dejavnikov podnebja, kot so ozračje, oceani, zemeljska površina in led. Upoštevajo prejeto energijo s sonca kot kratkovalovno (predvsem vidno in kratkovalovno infrardeče) sevanja in oddano dolgovalovno infrardeče sevanje. Vsako neravnovesje v prejeti in oddani energiji se pokaže kot sprememba v temperaturi. Upoštevati poskušajo čim več podatkov o podnebnem sistemu, kot so gibanje zračnih mas, nastajanje oblakov, tvorjenje padavin, večanje in manjšanje ledu na polih, spreminjanje vegetacije itn. Pogosto zato sklapljajo ozračje, oceane in led z reševanjem enačb za prenos energije, snovi in izmenjavo sevanja.

Ena od omejitev globalnih podnebnih modelov je sorazmerno groba vodoravna ločljivost. Za izračun lokalnih značilnosti podnebja potrebujemo podatke v večji ločljivosti, kot jo lahko ponudijo globalni modeli. Regionalni podnebni modeli so ena od treh možnosti, ki so na voljo za to (drugi dve sta zagon globalnih modelov v večji ločljivosti, kar je računalniško zelo zahtevno, ali uporaba statističnih tehnik za preračun v večjo ločljivost). Ti računajo na manjši površini in kot vhodni robni podatek jemljejo podatke kakega od globalnih modelov. Globalni modeli definirajo pojave na večji skali, kot so sprememba podnebja zaradi toplogrednih plinov ali izbruhov vulkanov ipd., regionalni modeli pa poskrbijo za vpliv lokalnih dejavnikov kot so relief, raba zemljišč ipd. na podnebje oz. vreme. Dajejo nam vremenske in podnebne informacije v ločljivosti od 50 km pa vse do 10 km. Regionalni modeli dajejo med seboj različne realizacije vremena, zanašamo pa se na to, da so osnovne značilnosti podnebja (npr. letni hodi in sezone, trendi itn.) pravilno realizirane.

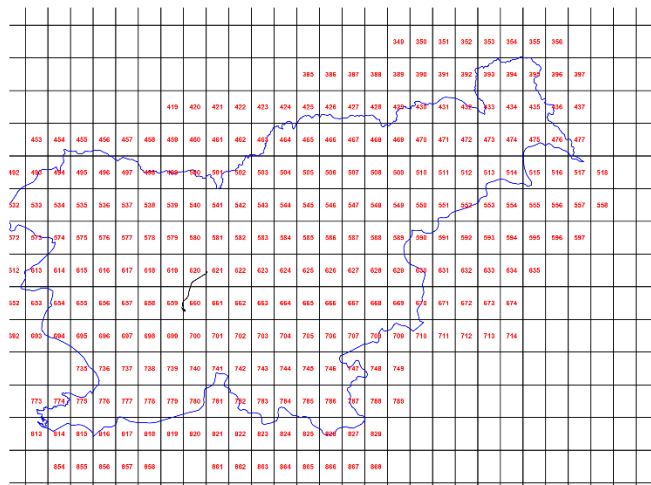
Za oceno podnebnih sprememb na ARSO uporabljamo rezultate regionalnih podnebnih modelov projekta EuroCORDEX. Vodoravna ločljivost regionalnih modelov, ki smo jih uporabili, je okrog 14 km, obdobje modeliranja je za vse modele 1961–2100, za nekatere pa 1971–2100. Časovni korak modelskih rezultatov je en dan. Od približno 15 kombinacij globalnih in regionalnih podnebnih modelov smo izbrali šest takih, ki so si med seboj čim bolj različni in se obenem čim bolje skladajo z izmerjenimi vrednostmi podnebnih spremenljivk v preteklosti. Te smo obravnavali kot ansambel in iz šestih rezultatov za vsako spremenljivko izračunali skupno vrednost in razpon nedoločenosti.

Podnebni modeli vsebujejo sistematične napake. Te nastanejo med drugim zaradi omejene vodoravne in navpične ločljivosti, poenostavljenih enačb za nekatere fizikalne procese, numeričnih shem, nepopolnega razumevanja vseh podnebnih procesov itn. V splošnem je potrebno sistematične napake modelov pred uporabo njihovih rezultatov popraviti. Rezultati modelov naj bi čim bolj predstavili preteklost. Za to primerjamo modelske rezultate z meritvami in jih ustrezno popravimo. To se da storiti na več



načinov, na ARSO smo uporabili metodo preslikav kvantilov. Popravke smo naredili za obdobje 1981–2100.

Ker je ločljivost modelov okrog 12 km, so modelski rezultati značilni za območja velikosti okrog 140 km². Za območje železniške proge Ljubljana–Brezovica–Borovnica smo izbrali dve modelski točki (slika 1), znotraj katerih poteka večji del odseka in imata tudi podobno nadmorsko višino. Seznam modelov (globalni podnebni model, ki je dal robne pogoje (gcm), regionalni podnebni model (rcm), prikazuje preglednica 1.



Slika 1. Izbrani modelski točki (620 in 660) za oceno podnebnih sprememb na trasi železniške proge Ljubljana–Brezovica–Borovnica.

Preglednica 1. Seznam modelov, katerih podatke smo uporabili v analizi. Podani so: globalni model (gcm) in regionalni model (rcm)

gcm	rcm
CNRM-CM5-LR	CCLM4-8-17
MPI-ESM-LR	CCLM4-8-17
EC-EARTH	HIRHAM5
IPSL-CM5A-MR	WRF331F
HadGEM2-ES	RACMO22E
MPI-ESM-LR	RCA4

Kaj se bo v prihodnosti dogajalo s podnebjem, je zelo odvisno od socialno-ekonomskega razvoja sveta. Od tega je namreč odvisen potek izpustov toplogrednih plinov v prihodnosti. Za Peto poročilo IPCC (Medvladni odbor za podnebne spremembe) je znanstvena skupnost določila nabor štirih novih scenarijev, ki se imenujejo značilni poteki vsebnosti (ang. Representative Concentration Pathways –



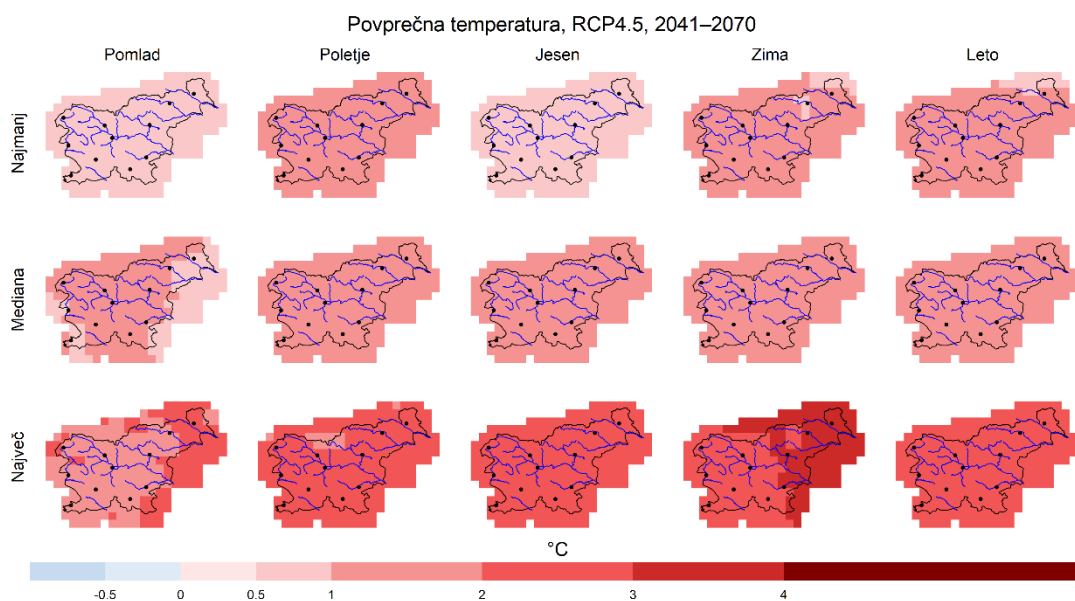
RCP). Razlikujejo se po skupnem sevalnem prispevku leta 2100 glede na leto 1750. Podatke smo pripravili **za zmerno optimističen scenarij RCP4.5**, ki predpostavlja znatne blažilne ukrepe glede izpustov toplogrednih plinov. Na ta način upoštevamo tudi riziko, da države sveta ne bodo zmogle v celoti izpolniti zavez, ki so jih dale glede izpustov toplogrednih plinov (Pariški dogovor). V primeru vseh izpolnjenih zavez bi namreč potek izpustov toplogrednih plinov sledil optimističnemu scenariju RCP2.6.

Na zahtevo naročnika so podatki pripravljene za sredino 21. stoletja. Povprečne vrednosti se v klimatologiji običajno podajajo za tridesetletno obdobje. Tako so za sredino stoletja povprečne vrednosti podane za obdobje 2041–2070. Ekstremne vrednosti pa so ocenjene za obdobje okrog leta 2050.



Temperaturne razmere

Podnebni scenariji kažejo, da se bo Slovenija v prihodnosti še naprej ogrevala. V prihodnjem tridesetletju (2011–2040) se bo letna povprečna temperatura v primerjavi z obdobjem 1981–2010 dvignila za 1 °C. Do sredine 21. stoletja (obdobje 2041–2070) se bo Slovenija na letni ravni ogrela za 2 °C, pri čemer je negotovost spremembe ocenjena na 0,5 °C. Podobno kot v predhodnem tridesetletju se tudi za to tridesetletno obdobje kaže dokaj enakomeren dvig temperature poleti, jeseni in pozimi ter nekoliko manj izražen dvig temperature pomladi (slika 2).



Slika 2. Ocenjene spremembe povprečne temperature (v °C) v obdobju 2041–2070 v primerjavi z obdobjem 1981–2010. Podane so mediana vseh modelskih ocen ter najnižja in najvišja modelska ocena.

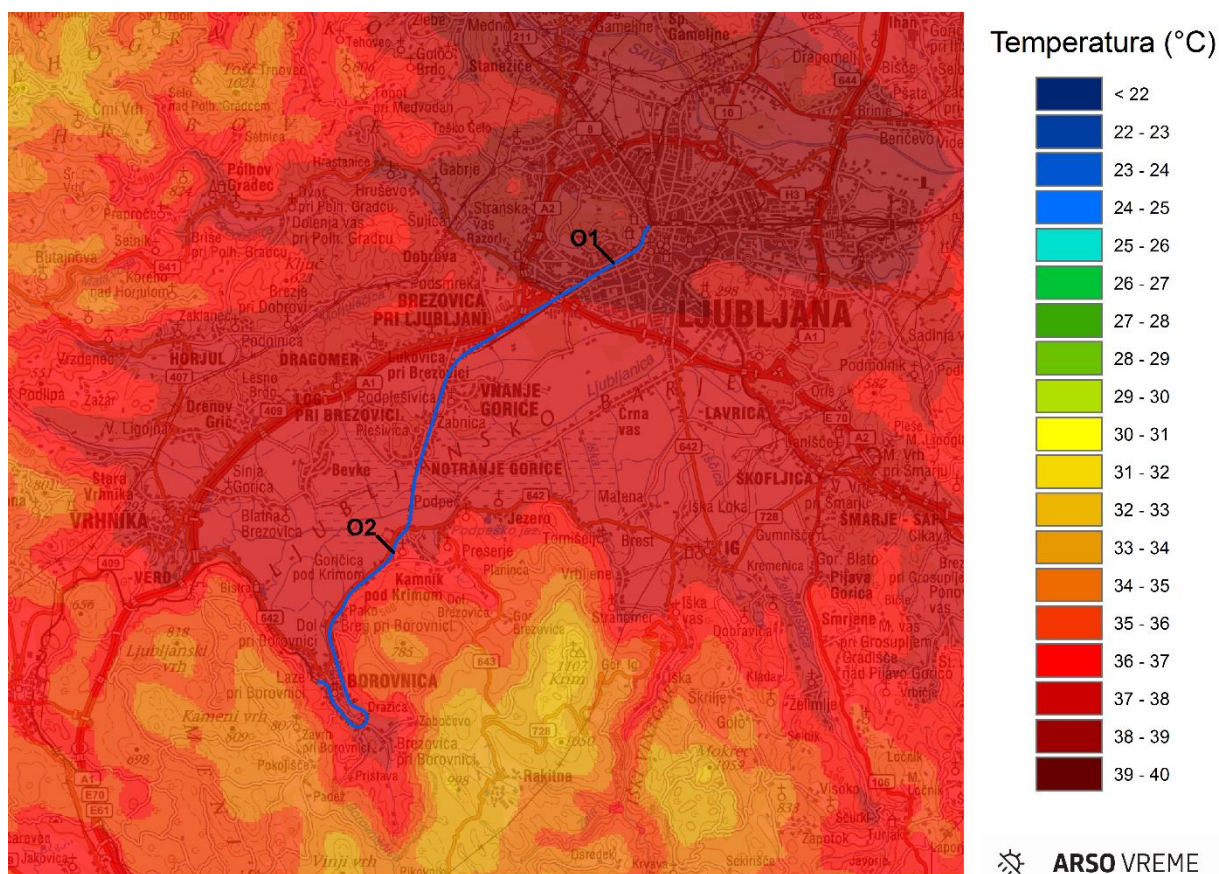
Ekstremne temperature

Najvišjo in najnižjo dnevno temperaturo smo analizirali z metodo GEV. To je klasična metoda pri analizi ekstremov, ki kot podatke uporablja ekstreme izbranega dovolj dolgega časovnega obdobja, bloka. Običajno za blok vzamemo eno leto. Ker nas zanimajo spremembe glede na sedanje stanje oz. trendi, smo naredili analizo GEV s časovno odvisnostjo. Izbrali smo linearno časovno odvisnost, ker je bila v okviru napak glede na podatke najbolj verjetna. Izkazalo se je, da so vsi modeli ekstremnih vrednosti z linearnim časovnim trendom statistično značilni za vseh šest izbranih regionalnih podnebnih modelov tako v najvišji kot tudi najnižji temperaturi zraka.



Najvišja temperatura zraka s povratno dobo 50 let za območje železniške proge Ljubljana–Brezovica–Borovnica

Najvišja temperatura zraka s povratno dobo 50 let na obravnavanem odseku v današnjem podnebnju (obdobje 1961–2005) znaša **38–39 °C** (slika 3). Iz slike 3 je razvidno, da odsek železniške proge poteka po dveh temperaturnih conah. Večina proge na odseku od Borovnice do Brezovice poteka po coni z najvišjo temperaturo zraka s povratno dobo 50 let v intervalu 37–38°C. Na severnem delu, znotraj obvoznice, pa je najvišja temperatura zraka s povratno dobo 50 let za eno stopinjo višja. Koordinate odsekov so podane v preglednici 2. V preglednici 3 so za ti temperaturni coni, v katerih leži območje železniške proge, podani trend najvišje temperature zraka, 95-odstotni interval zaupanja trenda, temperaturna cona, 95-odstotni interval zaupanja in srednja vrednost vseh modelskih ocen za **najvišjo temperaturo zraka s povratno dobo 50 let** v obdobju okrog leta **2050**. Vrednost s povratno dobo 50 let označuje tisto vrednost najvišje temperature, ki je v povprečju dosežena ali presežena enkrat na 50 let.



Slika 3. Najvišja temperatura zraka s povratno dobo 50 let (obdobje 1961–2005). Izsek pokriva območje železniške proge Ljubljana–Brezovica–Borovnica.



Preglednica 2. Gauss-Kruegerjeve koordinate odsekov za območje železniške proge Ljubljana–Brezovica–Borovnica, za katere so izračunane različne ocene najvišje temperature zraka s povratno dobo 50 let v preglednici 3. Odseki so označeni na sliki 3.

Odsek	Koordinata začetka (m)	Koordinata konca (m)
O1	X: 461775	X: 458948
	Y: 101672	Y: 99489
O2	X: 458948	X: 450642
	Y: 99489	Y: 86400

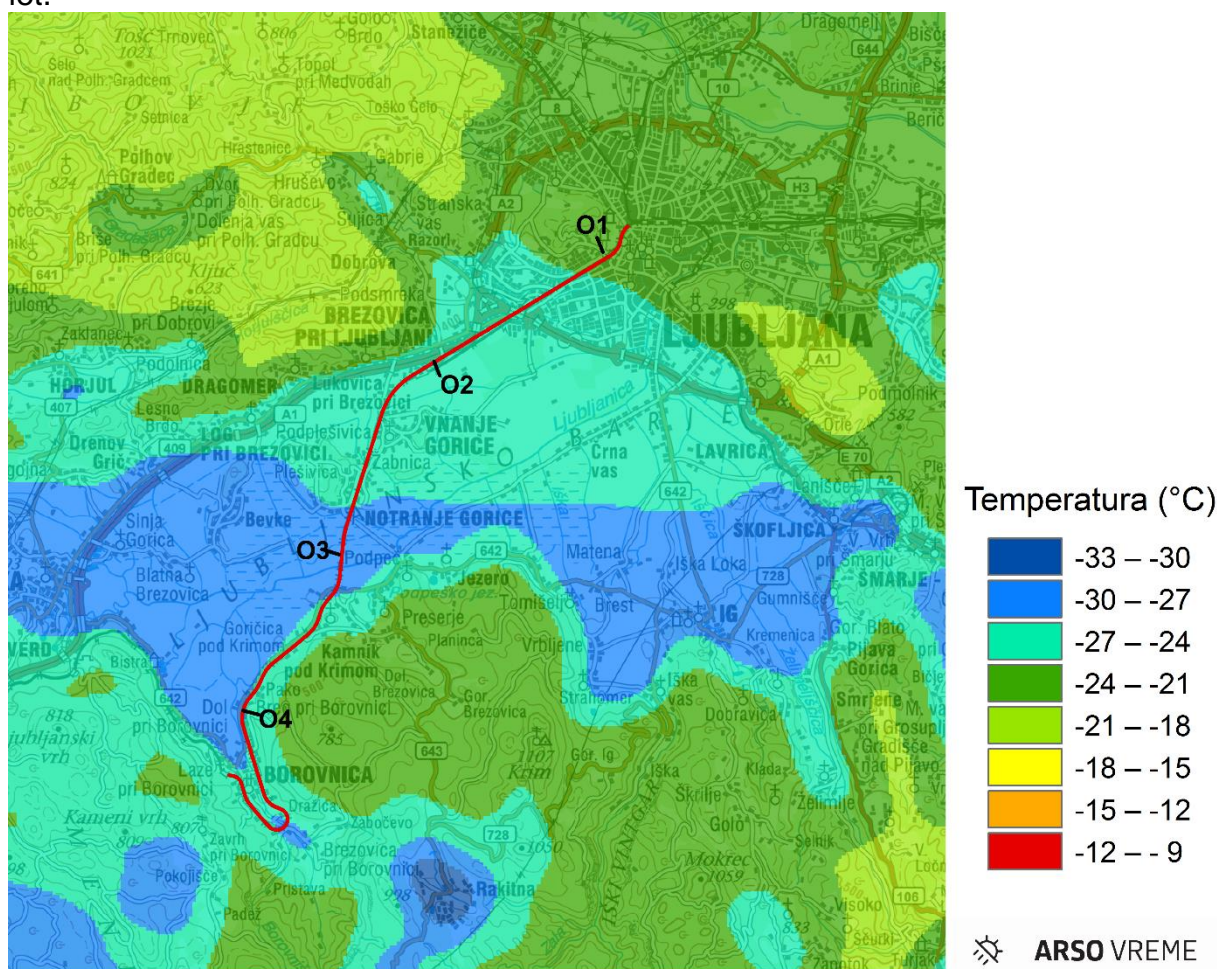
Preglednica 3. Ocene za najvišjo temperaturo zraka s povratno dobo 50 let po scenariju RCP4.5 leta 2050 glede na vrednosti najvišje temperature v današnjem podnebjju (T_{danes}). Poleg trenda in intervala zaupanja so podani še 95-odstotni interval zaupanja za oceno (ocena T_{2050}), ki temelji na izračunu šestih različnih podnebnih modelov (preglednica 1), ter srednja vrednost ocene vseh modelov (srednja vrednost ocene T_{2050}).

Odsek	Trend (°C/desetletje)	Interval zaupanja (°C/desetletje)	T_{danes} (°C)	Ocena T_{2050} (°C)	Srednja vrednost ocene T_{2050} (°C)
O1	0,30	0,16	38–39	38,8–41,3	39,5–40,5
		0,47			
O2	0,28	0,15	37–38	37,8–40,2	38,4–39,4
		0,45			



Najnižja temperatura zraka s povratno dobo 50 let za območje železniške proge Ljubljana–Brezovica–Borovnica

Najnižja temperatura zraka s povratno dobo 50 let je na obravnavanem odseku v današnjem podnebnju (obdobje 1961–2005) med **–30 in –27 °C** (slika 4). Najnižja temperatura je zelo odvisna od lokalnih značilnosti v zelo majhni skali (oblika in pokritost terena, poseljenost, prevetrenost, ...), zato je razpon najnižje temperature s povratno dobo 50 let na tako majhnem območju relativno velik. Glede na temperaturno območje v današnjem podnebnju, smo celotno traso železniške proge razdelili na štiri odseke. Odseki, označeni z O1..O4, so prikazani na sliki 4, Gauss-Kruegerjeve koordinate začetka in konca posameznega odseka so podane v preglednici 4. V preglednici 5 so za te temperaturne cone, v kateri leži območje železniške proge, podani trend najnižje temperature zraka, 95-odstotni interval zaupanja trenda, temperaturna cona, 95-odstotni interval zaupanja in srednja vrednost vseh modelskih ocen za **najnižjo temperaturo zraka s povratno dobo 50 let** v obdobju okrog leta **2050**. Vrednost s povratno dobo 50 let označuje tisto vrednost najnižje temperature, ki je v povprečju dosežena ali presežena enkrat na 50 let.



Slika 4. Najnižja temperatura zraka s povratno dobo 50 let (obdobje 1961–2005). Izsek pokriva območje železniške proge Ljubljana–Brezovica–Borovnica.



Preglednica 4. Gauss-Kruegerjeve koordinate odsekov za območje železniške proge Ljubljana–Brezovica–Borovnica, za katere so izračunane različne ocene najnižje temperature zraka s povratno dobo 50 let v preglednici 5. Odseki so označeni na sliki 4.

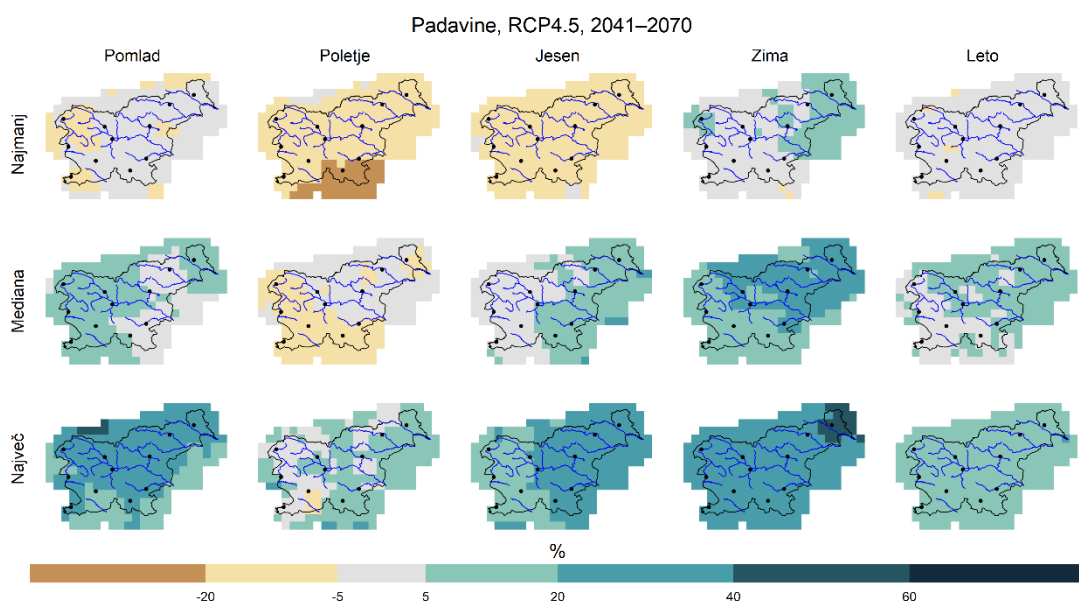
Odsek	Koordinata začetka (m)	Koordinata konca (m)
O1	X: 461775	X: 460238
	Y: 101672	Y: 100328
O2	X: 460238	X: 454058
	Y: 100328	Y: 93915
O3	X: 454058	X: 453656
	Y: 93915	Y: 91584
O4	X: 453656	X: 450642
	Y: 91584	Y: 86400

Preglednica 5. Ocene za najnižjo temperaturo zraka s povratno dobo 50 let po scenariju RCP4.5 leta 2050 glede na vrednosti najnižje temperature v današnjem podnebnju (T_{danes}). Poleg trenda in intervala zaupanja so podani še 95-odstotni interval zaupanja za oceno (ocena T_{2050}), ki temelji na izračunu šestih različnih podnebnih modelov (preglednica 1), ter srednja vrednost ocene vseh modelov (srednja vrednost ocene T_{2050}).

Odsek	Trend (°C/desetletje)	Interval zaupanja (°C/desetletje)	T_{danes} (°C)	Ocena T_{2050} (°C)	Srednja vrednost ocene T_{2050} (°C)
O1	0,37	0,11	-24 – -21	-23,4 – -17,8	-22,2 – -19,2
		0,64			
O2, O4	0,35	0,11	-27 – -24	-26,5 – -21,1	-25,3 – -22,3
		0,59			
O3	0,35	0,11	-30 – -27	-29,5 – -24,1	-28,3 – -25,3
		0,59			

Padavinske razmere

Za padavine podnebni scenariji kažejo veliko negotovost, se pa signali z odklikom v prihodnost stopnjujejo. Na letni ravni se spremembe kažejo šele v drugem tridesetletnem obdobju (2041–2070), ko se bo količina padavin povečala v vzhodni polovici Slovenije. Večje spremembe je zaznati na sezonski ravni. V zimskem času kaže, da se bo količina padavin povečala, poleti pa zmanjšala (slika 5).



Slika 5. Ocenjene spremembe povprečnih padavin (v %) v obdobju 2041–2070 v primerjavi z obdobjem 1981–2010. Podani so mediana vseh modelskih ocen ter najnižja in najvišja modelska ocena.

Ekstremne padavine

Modelske rezultate regionalnih podnebnih modelov projekta EuroCORDEX nam zaradi koraka, dolžine enega dneva, dajejo samo dnevne vrednosti vremenskih spremenljivk. Zato lahko analiziramo samo vrednosti za dnevno ali večdnevno višino padavin. Na nalive s krajšim trajanjem iz teh podatkov ne moremo neposredno sklepati. Spremembo kratkih (15-minutnih) nalivov ocenjujemo iz študij, ki jih najdemo v literaturi.

Iz fizikalnega zakona (Clausius-Clapeyronova enačba) sledi, da kapaciteta ozračja za zadrževanje vlage narašča približno s stopnjo 7 % za vsako stopinjo v temperaturi ozračja. Trendi opazovane relativne vlažnosti kažejo, da bo relativna vlažnost v prihodnje ostala približno enaka v celotni troposferi, zato bo ozračje ob povečani temperaturi vsebovalo več absolutne vlage. Za 20. stoletje je na osnovi spremenjene temperature zraka pri tleh ocenjeno, da se je absolutna vlažnost nad oceani povečala



za 5 %. Ker padavine prihajajo večinoma iz vremenskih sistemov, ki jih poganja vsebnost vlage v ozračju, je v splošnem intenzivnost padavin narasla. S tem se je povečala verjetnost močnejših padavinskih in snežnih dogodkov. Teorija, simulacije s podnebnimi modeli in empirični dokazi potrjujejo, da toplejše podnebje zaradi povečane vsebnosti vlage v ozračju vodi k intenzivnejšim padavinskim dogodkom, tudi če se letna količina padavin nekoliko zmanjša. Pri povečani letni količini padavin pa je verjetnost za močnejše padavinske dogodke še večja. Toplejše ozračje povečuje verjetnost za sušo, ko ne dežuje, in poplave, ko dežuje. Seveda ne ob istem času in kraju (Trenberth, 2007).

Največja dnevna količina padavin za območje železniške proge Ljubljana–Brezovica–Borovnica

Modelski rezultati izbranih šestih regionalnih podnebnih modelov nad Slovenijo kažejo, da imajo pri stopnji značilnosti 5 % in 10 % trije modeli statistično značilen trend pri **največjih dnevni višini padavin**. Ker se trenda in intervala zaupanja med modelskima celicama bistveno ne razlikujeta, smo jih združili. Povprečen trend šestih modelov znaša **0,62 mm/desetletje** (z 95-odstotnim intervalom zaupanja med –0,47 in 1,51 mm/desetletje). Za krajše, 12-urne padavine, predvidevamo podobno spremembo, kot za enodnevne. V preglednici 6 so podane ocene za ekstremne 24- in 12-urne padavine s 100-letno povratno dobo za območje obvoznice v današnjem in prihodnjem podnebjju. Vrednost s povratno dobo 100 let označuje tisto intenziteto padavin, ki je v povprečju dosežena ali presežena enkrat na 100 let.

Preglednica 6. Ocene za ekstremne 12- in 24-urne padavine s povratno dobo 100 let za območje železniške proge Ljubljana–Brezovica–Borovnica. Ocene so podane za današnje podnebje (P_{danes}) in za podnebje v sredini 21. stoletja (P_{2050}) po scenariju RCP4.5. Za prihodnje podnebje je podan 95-odstotni interval zaupanja za oceno, ki temelji na izračunu šestih različnih podnebnih modelov (preglednica 1) in srednja vrednost ocene. Ocene za sedanje obdobje se nanašajo na podatke meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad.

Območje	Trajanje padavin (ure)	P_{danes} (mm)	Ocena P_{2050} (mm)	Srednja vrednost ocene P_{2050} (mm)
meteorološka postaja Ljubljana Bežigrad	12	115	113–123	118
	24	149	147–157	152



Nalivi za območje železniške proge Ljubljana–Brezovica–Borovnica

Posledice ogrevanja ozračja na intenzivnost padavin z različno dolžino trajanja je tema, ki še vedno ni popolnoma rešena. Sprememba ekstremnih enodnevnih višin padavin in nalivov s krajšim trajanjem (ena ura ali manj) zaradi ogrevanja ozračja ni enaka. Torej na podlagi scenarijev za spremembe dnevnih ekstremnih padavin ne moremo sklepati na spremembe krajših nalivov. Analiza odvisnosti dnevnih in urnih ekstremnih padavin od dnevne povprečne temperature (kot posredne spremenljivke, ki označuje temperaturo zračne mase) za opazovanja na Nizozemskem in Švici kažejo, da so spremembe dnevnih padavinskih ekstremov konsistentne s 7-odstotnim naraščanjem na 1 °C spremembe v temperaturi ozračja, da pa so spremembe dvakrat večje (14 % na stopinjo spremembe temperature ozračja) za enourne ekstremne nalive, ko povprečna dnevna temperatura zraka preseže 12 °C. Po rezultatih regionalnega podnebnega modela velja to tudi za večji del Evrope. Za severni del Slovenije simulacije kažejo na 5–10 % povečanje nalivov pri temperaturnem dvigu za 1 °C (Lenderink in van Meijgaard, 2008).

Poznejše študije so pokazale 14-odstotno stopnjo naraščanja enournih ekstremnih padavin v odvisnosti od temperature rosišča za podatke nizozemskih meteoroloških postaj in tudi za podatke območja, ki ima vlažno subtropsko podnebje (Hongkong). Stopnja je bila enaka za obe vrsti podatkov in je veljala za temperaturo rosišča do 23 oz. 24 °C (Lenderink, 2008).

Analize odvisnosti 15-minutnih nalivov s povratno dobo 50 let od povprečne dnevne temperature zraka so za naše postaje z dolgimi nizi (Ljubljana, Maribor in Kočevje) konsistentne z Lenderink, 2008. Od 0 do 18 °C narašča višina ekstremnih padavin s stopnjo od 12 do 15 % za vsako stopinjo toplejšega ozračja.

Iz literature in podatkov naših merilnih postaj torej pričakujemo rast 15-minutnih do nekajurnih ekstremnih padavin s stopnjo **do 7 %**, obstaja pa **velika verjetnost**, da je ta stopnja dvakrat večja, torej **14 %** na vsako stopinjo ogrevanja ozračja.

Tudi tukaj se trenda povprečne temperature zraka med modelskima celicama bistveno ne razlikujeta, zato smo jih združili. Stopnja naraščanja povprečne temperature zraka iz modelskih rezultatov izbranih regionalnih podnebnih modelov za območje obvoznice Kidričevo znaša okrog **0,20 °C/desetletje**, s 95-odstotnim intervalom zaupanja med 0,14 in 0,32 °C/desetletje. Od tod lahko pričakujemo naraščanje v ekstremnih padavinah od **0,98 %/desetletje** (po stopnji 7 %/°C) oz. **4,48 %/desetletje** (po stopnji 14 %/°C) oz. za **4,9 %** in **22,4 %** v prihodnjih 50 letih. Trenda naraščanja ekstremnih padavin sta določena iz spodnjega in zgornjega intervala zaupanja trenda povprečne temperature. Ocene sedanjih in prihodnjih vrednosti največje višine 15, 20, 30 in 120-minutnih nalivov s povratno dobo 2, 5, 25 in 100 let prikazuje preglednica 7. Vrednost s povratno dobo 50 let označuje tisto intenziteto padavin, ki je v povprečju dosežena ali presežena enkrat na 50 let.



Preglednica 7. Ocene za ekstremne 15-, 20-, 30- in 120-minutne nalive (v mm) s povratno dobo 2, 5, 25 in 100 let za območje železniške proge Ljubljana–Brezovica–Borovnica. Ocene so podane za današnje podnebje (danes) in za podnebje v sredini 21. stoletja (2050) po scenariju RCP4.5. Za prihodnje podnebje je podan interval verjetnih vrednosti, dobljen iz teoretičnih ocen po stopnjah 7%/°C in 14 %/°C. Ocene za sedanje obdobje se nanašajo na podatke meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad.

Območje	Dolžina naliva (minute)	Obdobje	Povratna doba (leta)			
			2	5	25	100
meteorološka postaja Ljubljana Bežigrad	15	danes	16	22	32	39
		2050	17–20	23–27	34–39	41–48
	20	danes	19	25	36	44
		2050	20–23	26–30	38–44	46–54
	30	danes	22	30	43	53
		2050	23–27	31–37	45–52	56–65
	120	danes	34	47	65	81
		2050	36–41	49–57	68–79	85–99

Vetrne razmere

Zaradi hitrejšega ogrevanja polarnih od ekvatorialnih območij in posledično manjšega gradienta temperature in tlaka, je za svetovno raven ocenjeno, da se bo povprečna hitrost vetra v celotni troposferi do konca 21. stoletja znižala do 15 %. Na nivoju Evrope resnih študij o spremembi povprečne hitrosti vetra ni objavljenih, predvsem zato, ker večina podnebnih modelov ne daje jasnega signala za spremembe.

Nekoliko drugačna je situacija za ekstremne hitrosti vetra. Te so v realnosti večinoma povezane s procesi v lokalni skali, ki jih niti sodobni regionalni podnebni modeli ne morejo simulirati. Zato ostajajo študije sprememb ekstremne hitrosti vetra omejene na procese v sinoptični skali. Na območju Evrope so to viharji, povezani s cikloni zmernih geografskih širin, ki so močnejši v hladni polovici leta. Pri tem je potrebno ugotoviti premik trajektorij teh ciklonov in spremembo njihove jakosti. Takih študij je za območje Evrope veliko in so povzete v zadnjem poročilu Evropske agencije za okolje (EEA, 2017). Rezultati študij so precej enotni in kažejo na povečanje ekstremnih hitrosti vetra v severni Evropi in njihovo zmanjšanje v južnem Sredozemlju. Za območje Slovenije sprememb ni zaznati.

Ekstremni vetrovi v Sloveniji so vsi povezani s procesi v zelo majhni skali. Po večini Slovenije najmočnejši sunki vetra zapihajo med poletnimi neurji, ki so izrazito lokalne narave. Izjema je Primorska, kjer zelo visoke hitrosti sunkov vetra izmerimo med burjo



in pod Karavankami, kjer so najmočnejši sunki vetra zabeleženi, ko zapiha karavanški fen. Čeprav sta burja in karavanški fen povezana s procesi v sinoptični skali, jih s trenutno ločljivostjo regionalnih podnebnih modelov ne moremo dobro simulirati. Za procese, ki se dogajajo v manjši skali, kot je ločljivost regionalnih podnebnih modelov, prihodnjih sprememb ne moremo oceniti na podlagi modelskih simulacij. Na podlagi modelskih simulacij pa je bilo za celotno območje Evrope ocenjeno, da se bo pogostost takšnih razmer v ozračju, ki so primerne za razvoj močnih neurij, močno povečalo. Žal pa na podlagi teh simulacij ne moremo reči nič o spremembi jakosti neurij in posredno o jakosti vetra ob neurjih. Simulacije torej kažejo, da v s prihodnosti lahko tudi na območju Slovenije pričakujemo večjo pogostost neurij z močnim vetrom. Glede na veliko negotovost sprememb najmočnejših vetrov predlagamo, da pri oceni vpliva vetra na konstrukcije upoštevate aktualne podnebne podlage (SIST EN 1991-1-4:2005) in pri tem dodate ustrezne varnostne faktorje.

Viri

- Lenderink, G., van Meijgaard, E., 2008. Increase in hourly precipitation extremes beyond expectations from temperature changes, *Nat. Geosci* 1, 511-514, doi:10.1038/ngeo262.
- Lenderink, G. et al, 2011. Scaling and trends of hourly precipitation extremes in two different climate zones – Hong Kong and the Netherlands, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, doi:10.5194/hess-15-3033-2011.
- EEA Report No.1/2017: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016, An indicator-based report. European Environment Agency, 2017.
- Trenberth, K.E. et al, 2007: Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S. et al (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

DOPOLNITEV PO PREGLEDU PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

Investitor: Republika Slovenija
Ministrstvo za infrastrukturo
Direkcija RS za infrastrukturo
Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana

Projekt: Nadgradnja medpostajenga odseka
Ljubljana - Brezovica

Št. projekta 3685

Načrt: Ocena tveganja na podnebne spremembe

Projektant: Projekt d.d. Nova Gorica
Kidričeva 9a, 5000 Nova Gorica
EPI Spektrum d.o.o.,
Strossmayerjeva ulica 11, 2000 Maribor

Vrsta projektne dokumentacije: IZVEDBENI NAČRT

Št. načrta: 14027-1_9/13

Datum: november 2019

Datum recenzijskega pregleda: 4.11.2019

Recenzentke mag. Urša Papler
Vlasta Kastelic, mag.inž.kraj.arh.
Petra Grmek, mag.inž.kraj.arh.

V nadaljevanju podajamo odgovore in obrazložitve ter dopolnitev Elaborata Ocena tveganja na podnebne spremembe, izdelanega v okviru projekta »Nadgradnja medpostajnega odseka Ljubljana – Brezovica« po pregledu s strani mag. Urše Papler, Vlaste Kastelic in Petre Grmek.

V elaboratu se pojavljajo navedbe različnih potekov oz. obsegov projekta (Ljubljana-Brezovica; Preseje-Borovnica, ...) – elaborat pregledati in odpraviti neskladja.

Odgovor: Pripomba je upoštevana, iz elaborata so bile navedbe ostalih odsekov proge umaknjene.

V Modulu 2 (ocena izpostavljenosti) ponekod manjkajo merila – mejne vrednosti, na podlagi katerih so opredeljene ocene izpostavljenosti za posamezne podnebne dejavnike/sekundarne učinke.

Odgovor: Pripomba je upoštevana, za podnebne dejavnike nevihta, suša, gozdni požari in žled je bila dodana metodologija ocene izpostavljenosti projekta.

Izpostavljenost ekstremnim padavinam je obravnavana le v poglavju 2b (izpostavljenost za prihodnje stanje), pri čemer so v predhodnih in nadaljnjih poglavjih kot podnebni dejavnik/sekundarni učinek obravnavane le poplave – potrebna uskladitev.

Odgovor: Pripomba je upoštevana, izpostavljenost na ekstremne padavine in poplave je v poročilu usklajena.

V Modul 2b so vključeni vsi podatki razvidni iz Priloge 1 – poglavje prilagoditi projektu – povzeti le ključne podatke za projekt.

V Modulu 2b (oceni izpostavljenosti za prihodnje stanje) ima več podnebnih dejavnikov/sekundarnih učinkov le prepisane/pripisane ocene iz Modula 2b (izpostavljenost za obstoječe stanje), brez opredeljenih meril oz. strokovnih utemeljitev.

V Modulu 2b so podani ključni povzetki iz elaborata Ocena podnebnih sprememb do sredine 21. stoletja, ki je bil posredovan s strani ARSO. Izpostavljenost projekta se z upoštevanjem pričakovanih podnebnih sprememb glede na obstoječe stanje ne bo bistveno povečala oziroma spremenila. Da se vsebine ne bi po nepotrebnem podvajale, so v modulu 2b navedeni le bistveni poudarki.

Zakaj se podnebni dejavnik/sekundarni učinki s pripisano srednjo ranljivostjo ne obravnavajo v nadaljnjih poglavjih (od Modula 4 dalje) – obrazložitev.

Modul 4 ni skladen s predvideno metodologijo – za vsak posamezen podnebni dejavnik/sekundarni učinek, na katerega je projekt predhodno ocenjen kot srednje ali visoko ranljiv, je treba opredeliti verjetnost in posledice z ustreznimi utemeljitvami ocen.

Odgovor: V skladu z metodologijo so v modulu 4 obravnavani dejavniki, za katere se je izkazalo, da je ranljivost projekta ocenjena kot velika (poplave), dodatna obravnava srednje ranljivih podnebnih dejavnikov po našem mnenju ni potrebna in ni smiselna.

V Modulu 5 manjka izjava projektanta, da je projekt odporen tudi na prihodnje stanje (HHŠ s poplavnimi kartami).

Odgovor: Pripomba je upoštevana, v modul 5 je dodana izjava, da je projekt odporen tudi na prihodnje stanje.

Datum:
november 2019

Odgovorni izdelovalec:
Rado Marhold, dipl. inž. fiz.

Podpis:



EPI SPEKTRUM
Varstvo okolja, informacijski sistemi
in storitve d.o.o.
Strossmayerjeva ulica 11, 2000 Maribor, Slovenija