

PRILOGA 1B

NASLOVNA STRAN NAČRTA

OSNOVNI PODATKI O GRADNJI

naziv gradnje	SANACIJA PLAZU NA LC 240061 ŽETALE - VABČA VAS OD km. 1.596 DO km 1.841 (PLAZ 4)
---------------	---

kratek opis gradnje	Sanacija plazu z 3 podpornimi AB pilotnimi stenami, rekonstrukcijo vozišča in ureditvijo odvodnjavanja
---------------------	--

Seznam objektov, ureditev površin in komunalnih naprav z navedbo vrste gradnje.

vrste gradnje	☐ novogradnja - novozgrajen objekt
Označiti vse ustrezne vrste gradnje	☐ novogradnja - prizidava
	☒ rekonstrukcija
	☐ sprememba namembnosti
	☐ odstranitev

DOKUMENTACIJA

vrsta dokumentacije (IZP, DGD, PZI, PID)	PZI (projektna dokumentacija za izvedbo gradnje)
številka projekta	1039
	☐ sprememba dokumentacije

PODATKI O NAČRTU

strokovno področje načrta	Elaborat vpliva podnebnih sprememb
številka načrta	1039 Evps
datum izdelave	avgust 2026

PODATKI O IZDELOVALCU NAČRTA

ime in priimek pooblaščenega arhitekta, pooblaščenega inženirja	Ivo FIRBAS, univ.dipl.inž.grad.
identifikacijska številka	G-4978
podpis pooblaščenega arhitekta, pooblaščenega inženirja	

PODATKI O PROJEKTANTU

projektant (naziv družbe)	GRADING podjetje za gradbeni inženiring d.o.o.
naslov	Obrežna ulica 1, 2000 Maribor
vodja projekta	Ivo FIRBAS, univ.dipl.inž.grad.
identifikacijska številka	G-4978
podpis vodje projektiranja	
odgovorna oseba projektanta	Sebastijan Škrabl
podpis odgovorne osebe projektanta	

po potrebi dodaj vrstice

po potrebi dodaj vrstice

po potrebi dodaj vrstice

KAZALO VSEBINE ELABORATA

KAZALO ELABORATA VPLIVA PODNEBNIH SPREMEMB

naziv elaborata		naziv načrta	oznaka
S	SPLOŠNI DEL		
	Naslovna stran elaborata		S.1
	Kazalo vsebine projekta		S.3.1
	Kazalo vsebine elaborata		S.3.2
T	TEHNIČNI DEL		
	Tehnično poročilo		T.1.1
P	PRILOGE		
	Situacija odvodnjavanja - prispevne površine		P.1
	Hidravlični izračun		P.2
	Ocena sprememb nalivov za občino Žetale		P.3

po potrebi dodaj vrstice

TEHNIČNO POROČILO

TEHNIČNO POROČILO IN HIDRAVLIČNI RAČUNI

T.1 SPLOŠNO

Po naročilu Občine Žetale smo izdelali projektno dokumentacijo za izvedbo sanacije plazov na lokalni cesti LC 240 061 Žetale – Vabča vas od km 1,596 do km 1,841 (plaz 4).

Območje plazov se nahaja na višinski koti približno 405m. Širina cestišča na LC 240 061 znaša približno 4-5m oz. 4,5 do 5,0m vključno z asfaltno muldo. Cesta poteka po gričevnatem do gorskem terenu z nagibom pobočja približno 25 do 35% ter tudi z nagibi nad 60% v prečni smeri nad cesto ter se višinsko prilagaja terenu. Vz dolžni nagib ceste na območju plazov je sorazmerno majhen ter znaša od 1 do 6%.

Na območju obravnavanega projekta lokalna cesta s cestnim nasipom višine do 6m ob prepustu prehaja območje naravne grape z neimenovanim vodotokom, ki meteorno vodo iz grape v zaledju odvaja po prepustu 2×BCφ80cm pod lokalno cesto v naravno manj izraženo depresijo pod cesto. Območje predvidene sanacije obsega območje poškodovanega vozišča in cestnega nasipa pred prepustom, območje plazov in porušenega cestnega nasipa za prepustom ter izvedbo sanacije vozišča in cestnega nasipa do odcepa javne poti, ki vodi k Rudijevemu domu pod Donačko goro v nadaljevanju trase. Na terenu je viden plaz in porušeni del cestnega nasipa ob prepustih ter številne poškodbe na vozišču lokalne ceste pred in za njimi, lokalna cesta je zaprta za ves promet. S PZI načrtom je predvidena sanacija plazov in ureditev vozišča lokalne ceste na skupni dolžini približno 240m.

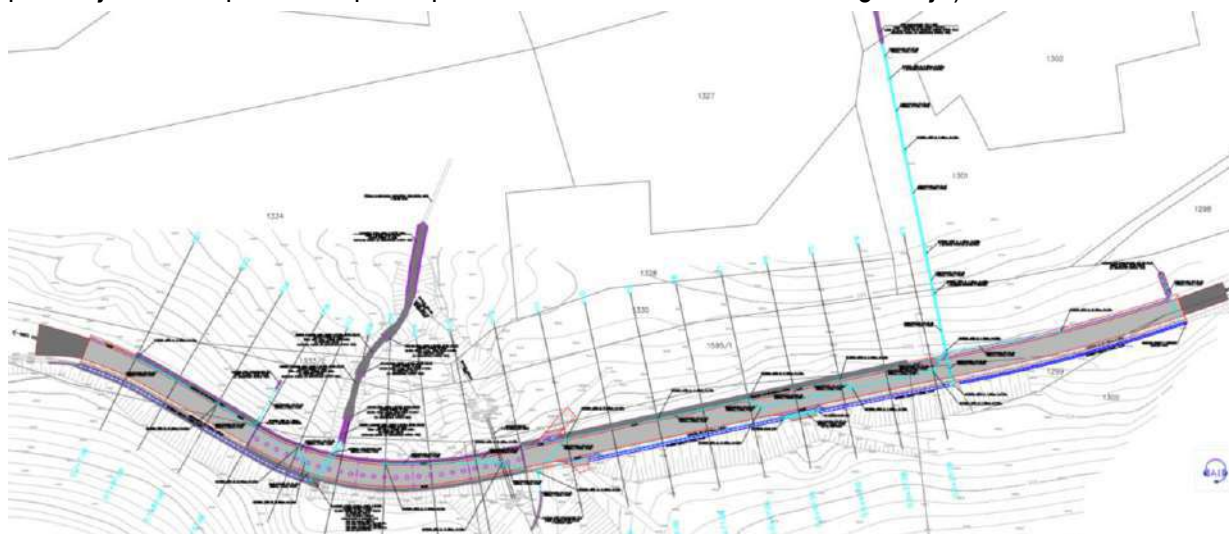
Temeljna tla na površju obravnavanega območja gradijo meljne gline odložene na plasti peščenega laporovca. Plast meljne gline globoko nad podlago je razmočena ter izkazuje zelo nizke vrednosti odpornosti pri izvedbi penetracijskih testov ter zato ocenjujemo, da je stabilnost cestnega nasipa zagotovo ogrožena. Vzroki poškodb na vozišču LC in plazenja cestnega nasipa in pobočja pod njim so skoraj zagotovo obilne dolgotrajne padavine ob ujmi v juniju 2026. Po razpoložljivih podatkih se je na obravnavanem območju v juniju 2026 razbesnelo neurje z vetrom in obilnimi nalivi intenzitete $P=122\text{mm}/2\text{h}$, ki za obravnavano območje pomeni naliv z vsaj 250 letno povratno dobo. Na osnovi rezultatov primerjalnih analiz ocenjujemo, da je intenziteta padavin junija 2026 primerljiva z intenziteto padavin, ki je za leto 2050 ocenjena kot največja pričakovana po scenariju RCP4.5 za projektne nalive s 100 letno povratno dobo.

Ob ujmi junija 2026 je meteorna voda v glavnem pritekala iz pobočja nad lokalno cesto ter po jarku ob javni poti, ki vodi k Rudijevemu domu in s pobočja pritekala v zaledni jarek in na vozišče lokalne ceste na območju od P10 do P21 (glej sliko 1). Količina meteorne vode je lahko bila najbrž še dodatno povečana zaradi zamašitve vtoka v prepust ob javni poti proti Rudijevemu domu v nadaljevanju trase.

Zaradi povečane hitrosti je meteorna voda erozijsko poškodovala plitev zaledni jarek do globine spodnjega ustroja voziščne konstrukcije ob lokalni cesti in javni poti ter z nanosom plavin v celoti zasula del zalednega jarka in vtok v prepust med P15 in P16 pod lokalno cesto. Zato je meteorna v ocenjeni količini približno 1.000l/s odtekala preko vozišča na strmo pobočje cestnega nasipa pod cesto. Zaradi razmočenosti in erozije tal pod nasipom je nastala splazitev cestnega nasipa pod cesto, ki z visokim zelo strmim odlomnim robom sega daleč v vozišče lokalne ceste, ki je zaradi nevarnosti ponovne porušitve visokega odlomnega roba zaprta za ves promet.

Sanacija prometnice oz. povečanje odpornosti lokalne ceste in pobočja v vplivnem območju pod njo na pričakovane povečane neugodne vremenske vplive bo doseženo z zgradnjo treh krajših

podpornih pilotnih sten, rekonstrukcijo vozišča in ureditvijo površinskega odvodnjavanja na celotnem območju predvidene sanacije prometnice (shemo predvidenih sanacijskih ukrepov prikazuje slika 1, podrobno pa so prikazani v PZI načrtu za izvedbo gradnje).



Slika 1: Shema podpornih ukrepov in meteornega odvodnjavanja na vplivnem območju plazu

S PZI načrtom sanacije je predvidena izvedba učinkovitejšega odvodnjavanja površinskih voda s kanaletnimi kanali ob notranjem robu lokalne ceste, izvedbo oz. zamenjavo obstoječega prepusta med P16 in P17 z večjim premera $\phi 80\text{cm}$ ter novih prepustov PEHD400 pod priključkom gozdne poti na LC v P6 ter novega prepusta PEHD400 v prečnem prerezu LC P3 in pobočne meteorne kanalizacije za odvajanje meteorne vode izven vplivnega območja ogrožene prometnice.

Z vidika preprečevanja ponovitve poškodb na LC zaradi enakih vzrokov kot so nastale ob ujmi junija 2026 je najpomembnejša izvedba sistema zanesljivega meteornega odvodnjavanja na območju med P16 lokalne ceste do odcepa za javno pot, ki vodi k Rudijevemu domu pod Donačko goro.

Za odvajanje meteorne vode iz zaledja je predvidena izvedba kanaletnega kanala dolžine 50m z nadvišanjem obloge iz kamna v betonu za 30cm, ki bo omogočal odvajanje predvidenih količin meteorne vode v zbirno kotanjo na vtoku v prepust BC $\phi 80\text{cm}$ med P16 in P17 pod lokalno cesto. Iz prepusta BC $\phi 80\text{cm}$ bo meteorna v predvideni količini $Q_{2050}=1,070\text{m}^3/\text{s}$ ob morebitni ponovitvi ujme iz junija 2026 odvedena po odvodnem jarku iz kamna B/H=0,8/0,6m približno 40m pod cesto, kjer pobočje oz. dno naravne globeli zaradi zmanjšanega nagiba ni več pretirano erozijsko ogroženo. Pod iztokom iz jarka iz kamna v betonu je predvidena izvedba kamnite drče za zmanjševanje hitrosti odtekanja vode po površju naravne kotanje pod cesto.

Odvodnjavanje meteorne vode iz vozišča LC je predvideno z asfaltnimi muldami vzdolž prometnice in za podpornimi konstrukcijami, številnimi LTŽ požiralniki in cestno kanalizacijo z izpusti vode v prepuste pod cesto. Projekt obravnava tudi izvedbo obnove vozišča z vzdolžnimi drenažami na celotnem območju predvidene sanacije.

Na pobočju pod cesto se nahajajo v glavnem gozdne površine. Zemljišče nad cesto je prav tako obraslo z gozdom ter v strmem in zelo strmem nagibu na zgornjem delu pod slemenom nad lokalno cesto (vplivni oz. prispevni območji meteorne vode sta prikazani na prilogi P.1 pričujočega poročila).

Obstoječi prepust med P12 in P13 je ob ujmi junija 2026 po naši oceni dobro opravljal svojo funkcijo ter bo zato ohranjen v sedanjí obliki tudi po izvedbi projekta. Potrebna prevodnost prepusta 2 $\times$ BC $\phi 50\text{cm}$ je po naši oceni zagotovljena, ker je na vtoku kotanja globine približno 6m, ki zagotavlja potrebni hidravlični potencial za pretok večje količine meteorne vode skozi obe cevi

prepusta v grapo pod lokalno cesto. Kotanja je zapolnjena s plavljem in gruščem, kar kaže na visoki nivo vode v kotanji ob ujmi, površje pod iztokom v jarek pod cesto pa ob ujmi ni bilo izrazito erozijsko ogroženo oz. poškodovano. S pričujočim PZI načrtom je predviden pregled stanja obeh cevi prepusta na vodotoku ter čiščenje kotanje in pobočnega jarka oz. struge vodotoka nad lokalno cesto.

T.2 IZVEDBA DOKAZOV ZADOSTNE PREVODNOSTI OBCESTNIH JARKOV, ODVODNE IN CESTNE KANALIZACIJE TER ASFALTNIH MULD

T.2.1 VHODNI PODATKI

T.2.1.1 Izbira obdobja izračuna

Pri izračunu meteornega odvodnjavanja smo na podlagi priporočil in dosedanjih izkušenj upoštevali pričakovane oz. ocenjene ekstremne padavine ob ujmi junija 2026 in pričakovane intenzivnosti padavinskih dogodkov zaradi vplivov klimatskih sprememb v letih 2025 in 2050. Po podatkih ARRSO (glej prilogo P.3) je ocenjeno pričakovano povečanje intenzivnosti padavinskih dogodkov v naslednji 50letih za območje Žetal za 4,55 do 22,40% z ozirom na sedanje stanje. Na osnovi dodatnih hidravličnih izračunov pričakovanih dotokov meteorne vode po Kresnikovi in vršnega dotoka v povišani kanaletni kanal vzdolž prometnice po SCS metodi je ocenjeno, da količina meteorne vode ob ujmi 2026 približno ustreza pričakovanim dotokom določenih na osnovi povečane intenzivnosti padavin za 22,4% glede na izhodišče v letu 2025.

V hidravličnem izračunu prevodnosti meteorne kanalizacije s prepusti in jarkov iz kamna v betonu so upoštewane količine površinske vode v vplivnem območju ceste, ki gravitira na območje predvidene sanacije lokalne ceste. Prevodnost zalednih jarkov, prepustov, asfaltne mulde, meteorne kanalizacije in odvodnega jarka ter pobočne kanalizacije je preverjena za 15 minutni naliv s 100 letno povratno dobo ob upoštevanju pričakovanih klimatskih sprememb po scenariju RCP4.5 v letu 2050 z največjim predloženim povečanjem intenzivnosti padavinskega dogodka iz leta 2025 za 22,4%.

T.2.1.2 Ocena sprememb kratkotrajnih nalivov za obravnavano območje

Oceno sprememb nalivov na območju naselja Žetale je v januarju 2024 pripravil Urad za meteorologijo, hidrografijo in oceanografijo, Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) in je priloga pričujočega poročila.

Podatki so pripravljeni za zmerno optimističen scenarij RCP4.5, ki predpostavlja znatne blažilne ukrepe glede izpustov toplogrednih plinov. Ocena trenutnega stanja povratnih nivojev je posodobljena, obstaja večji nabor meteoroloških postaj in daljši nizi meritev. Uporabljena je najnovejša metoda za izračun povratnih nivojev, vrednosti so interpolirane v pravilni mreži, tako da se lahko oceni pričakovano vrednost na izbrani mikrolokaciji.

Iz literature in podatkov merilnih postaj je pričakovana 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 na območju plazu v občini Žetale za scenarij RCP4,5 znaša okrog 0,20°C/desetletje, s 95 odstotnim intervalom zaupanja med 0,14 in 0,33°C/desetletje. Pričakovano naraščanje ekstremnih padavin je od 0,98%/desetletje (po stopnji 7%/°C), oziroma 4,62%/desetletje (po stopnji 14%/°C), oziroma za 4,50% in 22,40% v prihodnjih 50 letih.

Ocene sedanjih in prihodnjih vrednosti največje intenzitete 5, 10 in 15 minutnih nalivov s povratno dobo 100 let so prikazane v preglednici 2 (ARSO Ocena sprememb nalivov na območju naselja

Žetale). Vrednost s povratno dobo 100 let označuje tisto intenziteto padavin, ki bo lahko v povprečju dosežena ali presežena enkrat na 100 let.

Za ujmo v juniju 2026 na območju Žetal je značilen naliv $P=122\text{m}/2\text{h}$, rezultati hidravličnih računov kažejo na veliko verjetnost povečanja pričakovanih nalirov glede na oceno sedanjega stanja oz. v letu 2024 za 22,40%. Zato je pri izračunih dotokov meteorne vode upoštevan količnik $\gamma_{2050}=1,224$ z ozirom na pričakovano intenzivnost padavinskih dogodkov v letu 2024.

2 PRISPEVNA POVRŠINA

Pri hidravličnem izračunu (racionalna metoda) je upoštevana površinska meteorna voda, ki ob projektnem kratkotrajnem nalivu priteče v odvodno kanalizacijo iz zaledja lokalne ceste in bistveno manjša količina iz cestišča javne ceste in dela javne poti do prvega prepusta nad cesto.

$$Q = q_{\text{rač}} \times \Sigma(\phi_i \times A_i \times \Psi_i)$$

Q = pretok oz. velikost odtoka (l/s)

$q_{\text{rač}}$ = jakost računskega naliva (l/s/ha)

ϕ_i = odtočni koeficient

A_i = prispevna površina (ha)

Ψ_i = koeficient zakasnitve

V tabelah spodaj so navedeni pričakovani odtočni koeficienti in hitrosti odtekanja vode glede na nagib pobočja in vrsto zemljišča. V izračunu velikosti odtoka so upoštevani odtočni koeficienti iz spodnje tabele, na osnovi hitrosti odtoka vode po pobočju so za kritično stanje privzeti koeficienti zakasnitve $\Psi_i=1$.

Odtočni koeficienti ϕ_i :

TEREN	Nagib terena (%)				
	1-5%	5-10%	10-30%	30-40%	40-50%
Travnik-pašnik	0,3	0,35	0,4	0,4-0,6	0,6-0,8
Vozišče, asfalt	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Dvorišče	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7
Njiva, vrt	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Gozd	0-0,2	0-0,2	0,1-0,3	0,2-0,4	0,3-0,6
Strehe objektov	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

Hitrost odtoka vode na terenu (v, m/s):

TEREN	Nagib terena (%)						
	0-4%	4-8%	8-12%	12-15%	15-20%	20-25%	25-30%
Naselje	0,3	0,6	0,9	1,05	1,2	1,35	1,5
Travnik	0,45	0,9	1,2	1,35	1,5	1,65	1,8
Njiva	0,6	1,2	1,3	1,5	1,65	1,8	1,95
Jarek	0,3	0,9	1,5	2,4			
Tlak. jarek	1,5	3,6	4,65	5,4			

V obravnavanem primeru na območje sanacije plaz, usadov in posedenega cestnega nasipa ob kritičnem nalivu doteka meteorna voda iz širšega z gozdom obraslega pobočja nad območjem sanacije in dela javne poti za odcepom k Rudijevemu domu in asfaltne vozišča lokalne ceste (Shema prispevnih površin je prikazana na prilogi P.1, shemo meteorne odvodnjavanja prikazuje tudi slika 1 pričujočega poročila, podrobni prikaz posameznih elementov odvodnjavanja pa je prikazan v PZI načrtu za izvedbo gradnje).

T.2.3 HIDRAVLIČNI RAČUNI IN DOKAZI PREVODNOSTI

Pri hidravličnih izračunih z izvedbo dokazov zadostne prevodnosti posameznih elementov odvodnjavanja je upoštevan projektni 15 minutni kratkotrajni naliv s 100 letno povratno dobo. Projektni izračuni so izvedeni za leto 2026 ter za leto 2050 z upoštevanjem vplivov pričakovanih

klimatskih razmer. V obravnavanem primeru pomenijo približno za faktor $\gamma_{2050}=1,224$ povečanje količin oz. intenzitete padavin v primerjavi s pričakovanji za leto 2026. V izračunih je upoštevana dodatna zahteva, da ob kritičnem projektnem naliivu polnitev sistema ne presega 85% mejne vrednosti.

Na celotnem območju sanacije je predvidena izvedba dveh ločenih vej zaledne in cestne kanalizacije z ločenima izpustoma do nekoliko izravnane in manj erozijsko ogroženega površja v grapah oz. v gozdu pod lokalno cesto.

T.2.3.1 Območje zaledne in cestne kanalizacije od P16 do odcepa v P21+20m

Lokacija izpusta meteorne vode, odvodnega jarka, prepusta P1 in zalednega jarka je prikazana na sliki 1 in v PZI načrtu za izvedbo gradnje. Območje obsega približno 75m lokalne ceste na zaključnem delu projekta, prispevne površine so prikazane na sliki P.1.1.1. Količine meteorne vode in dokazi zadostne prevodnosti ob predpostavki hidravlično dolgih kanalizacijskih cevi in jarkov ter dodatni hidravlični računi prevodnosti dejanskih elementov odvodnjavanja so prikazani na prilogi P.2.

Pobočni jarek s kaskadami iz kamna v betonu, izpust iz jarka v depresij s kamnito drčo v gozdu

Pri hidravličnem računu je upoštevano zelo grobo obdelano dno in stene jarka $n=0,035$. Pričakovani dotoki $Q_{100,2025}=0,875\text{m}^3/\text{s}$, $Q_{100,2050}=1,070\text{m}^3/\text{s}$. Za jarek iz kamna v betonu $b_0/B/H=0,60/0,80/0,60\text{m}$, $i=33\%$ je ob predpostavki hidravlično dolgega jarka prevodnost v letu 2050 izkoriščena 40,9% ter hitrost toka vode v jarku $v=5,04\text{m/s}$. Na kritičnem območju ob vtoku v jarek je največja prevodnost jarka izkoriščena 74% pri hitrosti toka vode $v=3,45\text{m/s}$. Vzdlž jarka hitrost toka vode narašča, izkoriščenost prevodnosti jarka pa se zmanjšuje, največja hitrost ne presega vrednosti $v=4,67\text{m/s}$.

Voda iz jarka odteka na območje zmanjšane nagiba, ki ne presega 15%, predvideno je proti erozijsko zavarovanje s kamnito oblogo oz. kamnito drčo. Rezultati hidravličnih izračunov so v prilogi P.1.2.3.

Prepust P1 med profili P16 in P17 LC: BC ϕ 80cm, L=10m, i=5%

Meteorina voda bo iz zalednega jarka v nadaljevanju trase odvedena v iztočno kotanjo ter po prepustu BC ϕ 80cm, L=10m, i=5% v odvodni jarek pod LC. Prepust je preverjen za pretok $Q_{2050}=1,070\text{m}^3/\text{s}$.

Za prepust BC ϕ 80cm, L=10m, i=5% je ob predpostavki hidravlično dolge cevi prevodnost v letu 2050 izkoriščena 37,9% ter hitrost toka vode v cevi $v=5,22\text{m/s}$, ki dejansko ni realna, ker je cev z vidika hidravličnih značilnosti kratka.

Prevodnost hidravlično kratke cevi ob upoštevanju neurejenega vtoka v cev in toka vode s prosto gladino znaša $Q=1,52 \times D^{5/2}=0,870\text{m}^3/\text{s}$. V prepustu BC ϕ 80cm bo pri pretoku $Q_{2050}=1,070\text{m}^3/\text{s}$ nastal tok vode s prosto gladino in potopljenim vtokom. Največja hitrost toka vode na iztoku v jarek obložen s kamnom v betonu znaša $v=3,55\text{m/s}$ ter dvig nivoja vode v iztočni kotanji $\Delta H_0=1,12\text{m}$.

Ustreznost projektne rešitve povečanega prepusta P1 je dokazana s hidravličnimi računi: $v_{\max}=3,55\text{m/s} < v_{\text{dop}}=3,0 \times 1,2=3,6\text{m/s}$, $\Delta H_0=1,12\text{m} < \Delta H_{\text{dop}}=3,0\text{m}$ (višinska razlika med koto vtoka in iztoka v zbirni kotanji nad cesto). Rezultati hidravličnih izračunov so v prilogi P.1.2.2.

Zaledni jarek z betonsko kanaletjo in oblogo iz kamna v betonu od prečnega prereza P16 do odcepa za Rudijev dom v P21+10m

Zadostna prevodnost in izboljšanje erozijske odpornosti zalednega obcestnega jarka sta najpomembnejša za preprečevanje ponovnega pojava erozijskih poškodb in plazenja cestnega nasipa v osrednjem delu obravnavanega projekta. Na območju od prepusta P1 in odcepa javne

poti, ki vodi k Rudijevemu domu pod Donačko goro, so ob ujmi junija 2026 nastale izrazite globoke erozijske poškodbe zaradi katerih so plavine gramoza in grušča povsem zapolnile obcestni jarek na osrednjem delu projekta. Prejšnji prepust na lokaciji prepusta P1 je povsem zapolnjen, kar je povzročilo odtekanje meteorne vode preko vozišča ter erozijske poškodbe in plazenje cestnega nasipa ter popolno neprevoznost lokalne ceste na obravnavani lokaciji.

Na obravnavano območje ob intenzivnih padavinskih dogodkih doteka meteorna voda iz pobočja na dolžini približno 350 do slemena nad lokalno cesto ter v vzdolžni smeri od prepusta P1 do prvega prepusta v manj izraziti depresiji na LP k Rudijevemu domu. Ob ujmi 2026 je bil tudi vtok v prvi prepust na LP zasut z gruščnatim materialom ter zagotovo ni odvajal celotne količine meteorne vode iz jarka in javne poti v zaledju. Ureditev javne poti in prepusta na njej je predvidena v okviru izvedbe večjih vzdrževalnih del ter bo predvidoma izvedena pred projektom sanacije lokalne ceste pod njo.

Vplivno območje dotoka meteorne vode v zaledni jarek obsega približno 3,6ha gozdnih površin v nagibu 40 do 60% ter obsega območje do slemena nad lokalno cesto ter v vzdolžni smeri od prepusta P1 do prvega prepusta na javni poti k Rudijevemu domu.

V zalednem jarku bo vgrajena betonska kanaleta $b_0/B/H=0,3/0,48/0,25m$ z nad višanjem obloge iz kamna v betonu za $\Delta H=0,3m$ v obojestranskem nagibu 3:4.

Pri hidravličnem računu je upoštevan pri dnu in stenah kanelete Manning-ov koeficient $n=0,014$ ter za oblogo iz kamna v betonu $n=0,025$. Pričakovani dotoki meteorne vode ob iztoku v prepust dosegajo vrednosti $Q_{100,2025}=0,875m^3/s$ oz. $Q_{100,2050}=1,070m^3/s$. Za jarek iz betonske kanalete z nad višanjem z oblogo iz kamna v betonu ter hidravličnega padca $i=6\%$ je ob predpostavki hidravlično dolgega jarka prevodnost v letu 2050 izkoriščena 68,9% ter hitrost toka vode v jarku $v=5,04m/s$. Na kritičnem območju ob vtoku v jarek je največja prevodnost jarka izkoriščena 74% pri hitrosti toka vode v jarku $v=3,93m/s$. Zaradi znatne dolžine jarka $L=56m$ dodatna analiza prevodnosti ni potrebna, ker znatni del meteorne vode v jarek priteka po jarku ob javni poti, ki bo v dnu prav tako zavarovan s kamnito oblogo. Rezultati hidravličnih izračunov so v prilogi P.1.2.1.

T.2.3.2 Območje zaledne in cestne kanalizacije od P3-3m do P10+5m

Lokacija izpusta meteorne vode, betonskih kanalet, prepustov ter cestne kanalizacije je prikazana na sliki 1 ter v PZI načrtih za izvedbo gradnje. Območje obsega približno 100m lokalne ceste, prispevne površine so prikazane na sliki P.1.1.1.

Pobočna odvodna kanalizacija z izpustom v kamnito drčo, PEHD400, L=8 do 23m, $i=10\%$

Posamezne cevi med kaskadnimi jaški so s hidravličnega vidika kratke, kjer ima dolžina cevi lahko pomemben vpliv na režim toka vode v ceveh, dolžina najdaljše cevi znaša $L=23m$.

Meteorna voda bo iz jaška J6 odvedena v kamnito drčo za zmanjšanje erozijske ogroženosti ob iztoku po iztočni cevi PEHD400, $L=8m$, $i=5\%$. Voda bo odtekala iz spodnjega jaška J6 po iztočni cevi v režimu toka s prosto gladino, potopljenim vtokom in nepotopljenim iztokom. V kolikor upoštevamo pretok $Q_{2050}=0,191m^3/s$ ter neurejeni iztok se bo nivo vode v jašku J6 nahajal za $\Delta h=0,78m$ nad koto iztoka cevi iz jaška J11 ter hitrost vode na iztoku $v=3,08m/s$. Največja dopustna višina dviga vode v jašku J6 znaša $\Delta h_{max}=1,61m$ ter zato prevodnost cevi na izpustu zagotovo ni ogrožena.

Z vidika sprejemljive hitrosti toka vode je hidravlično preverjena še najdaljša cev med kaskadnima jaškom J4 in J5 PEHD400, $L=23m$, $i=10\%$. Voda bo odtekala iz jaška J4 po iztočni cevi v režimu toka s prosto gladino in potopljenim vtokom ter nepotopljenim iztokom. V kolikor upoštevamo pretok $Q_{2050}=0,191m^3/s$ ter neurejeni iztok se bo nivo vode v jašku J5 nahajal za $\Delta h=0,75m$ nad koto iztoka cevi iz jaška J4 ter hitrost vode na vtoku v jašek J5 $v=4,56m/s$. Največja dopustna

višina dviga vode v jašku J4 zanaša $\Delta h_{\max.}=2,70\text{m}$ ter zato prevodnost cevi med jaškoma J4 in J5 zagotovo ni ogrožena. Rezultati hidravličnih izračunov so v prilogi P.1.2.7.

Prepust P3 v prečnem prerezu P3-3m: PEHD400, L=8m, i=10%

Meteorna voda bo iz jaška J1 odvedena v jašek J2 po iztočni cevi PEHD400, L=8m, i=10%. Voda bo odtekala iz jaška J1 po iztočni cevi v režimu toka s prosto gladino, potopljenim vtokom in nepotopljenim iztokom. V kolikor upoštevamo pretok $Q_{2050}=0,191\text{m}^3/\text{s}$ ter neurejeni iztok se bo nivo vode v jašku J6 nahajal za $\Delta h=0,68\text{m}$ nad koto iztoka cevi iz jaška J1 ter hitrost toka vode na iztoku v jašek J2 $v=3,71\text{m/s}$. Največja dopustna višina dviga vode v jašku J1 zanaša $\Delta h_{\max.}=1,71\text{m}$ ter zato prevodnost cevi zagotovo ni ogrožena. Pri hidravlični presoji prevodnosti prepusta z modelom cevi neskončne dolžine je največja prevodnost cevi izkoriščena 42,2% ter hitrost vode $v=4,66\text{m/s}$, vendar ti rezultati, ki se v praksi običajno uporabljajo pri kratkih ceveh niso zanesljivi in merodajni. Rezultati hidravličnih izračunov so v prilogi P.1.2.6.

Zaledni jarek z betonsko kanaletjo P3-3m do P5+6m

Vplivno območje dotoka meteorne vode v zaledni jarek obsega približno 0,7ha gozdnih površin v nagibu 30 do 60% ter obsega območje do slemena nad lokalno cesto.

V zalednem jarku bo vgrajena standardna betonska kanaleta $b_0/B/H=0,3/0,48/0,25\text{m}$. Pri hidravličnih izračunih je upoštevan Manning-ov koeficient trenja $n=0,014$. Pričakovani dotoki meteorne vode ob iztoku v kanaletni kanal dosegajo vrednosti $Q_{100,2025}=0,149\text{m}^3/\text{s}$, $Q_{100,2050}=0,183\text{m}^3/\text{s}$. Za kanaletni jarek ter hidravlični padec $i=2\%$ je največja prevodnost v letu 2050 ob iztoku v jašek J1 izkoriščena 78,5% ter hitrost vtoka vode v jašek $v=2,40\text{m/s}$. Rezultati hidravličnih izračunov so v prilogi P.1.2.5.

Prepust P2 pod priključkom gozdne ceste: PEHD400, L=8m, i=2%

Meteorna voda bo iz kanaletnega kanala med P6+2m in P10+6m odvedena v kanaletni kanal med P3+2m in P5+4m pod priključkom gozdne poti po iztočni cevi PEHD400, L=8m, i=2%. Voda bo iz zgornje kanalete odtekala po iztočni cevi v režimu toka s prosto gladino, nepotopljenim vtokom in nepotopljenim iztokom. V kolikor upoštevamo pretok $Q_{2050}=0,060\text{m}^3/\text{s}$ ter neurejeni iztok se bo nivo vode v kanaleti ob vtoku nahajal za $\Delta h=0,29\text{m}$ nad koto dna kanala. Največja dopustna višina dviga vode v kanaleti ob vtoku znaša $\Delta h_{\max.}=0,45\text{m}$ ter zato prevodnost cevi zagotovo ni ogrožena. Pri hidravlični presoji prevodnosti prepusta z modelom cevi neskončne dolžine je največja prevodnost cevi izkoriščena le 28% ter hitrost vode $v=1,96\text{m/s}$, vendar ti rezultati, ki se v praksi običajno uporabljajo pri kratkih ceveh, najbrž niso zanesljivi in merodajni. Rezultati hidravličnih izračunov so v prilogi P.1.2.4.

T.2.3.3 Prevodnost asfaltnih muld

Preverjena je tudi prevodnost asfaltnih muld na projektu s katerimi se kontrolirano odvaja meteorno vodo iz vozišča preko LTŽ požiralnikov in direktnimi vtoki v cestno kanalizacijo.

Prevodnost asfaltnih muld na krajnem delu projekta med P16 in P21+10m je izkoriščena 53% ter na preostalem delu projekta do 44% z ozirom na izračunane vrednosti povsem zapolnjenih asfaltnih muld. Rezultati hidravličnih izračunov so v prilogi P.1.2.8.

T.2.3.4 Prevodnost zbirne cestne kanalizacije

Pri zbirni cestni kanalizaciji je preverjena le kanalizacijska cev PEHD200, L=4,0m, i=6,0%, ki odvaja meteorno vodo iz vozišča na zgornjem delu projekta iz zbirnega jaška J18 v vtočno kotanjo na zaledni strani ceste ter predstavlja najbolj obremenjeni element cestne kanalizacije.

Ob projektnem naliivu bo meteorna voda v količini $Q_{2050}=0,036\text{m}^3/\text{s}$ iz vozišča pritekala v zbirni jašek J18 ter bo po cevi PEHD200 odvedena v zbirno kotanjo ob vtoku v prepust P1. V cevi PEHD200 med jaškoma J18 in vtočno kotanjo bo nastal tok meteorne vode s prosto površino in

potopljenim vtokom. Pri največjem pričakovanem pretoku z upoštevanjem vpliva klimatskih sprememb bo v jaški J18 nastal dvig nivoja vode za višino $\Delta H_0=0,53\text{m}$. Prevodnost najbolj obremenjene zbirne cestne kanalizacijske cevi je zagotovljena saj dopustni dvig nivoja vode v jaški J11 znaša $\Delta H_0=1,10\text{m}$. Rezultati hidravličnih izračunov so v prilogi P.1.2.9.

T.2.3.5 Odvodnjavanje začetnega dela lokalne ceste

Elementi odvodnjavanja na začetnem delu projekta na dolžini približno 50m do prečnega prereza P3-3m ni ločeno obravnavano, ker je odvodnjavanje vozišča zagotovljeno z vzdolžno muldo z LTŽ požiralnikom ter iztokom v gozd pod cesto na začetnem delu projekta, ki je pri pričakovani količine meteorne vode z vozišča $Q_{2050}=0,012\text{m}^3/\text{s}$ zagotovo zadostna.

Zaledna voda pa bo ob zbrana v zalednem kanaletnem kanalu s hidravličnim padcem $i=2.5\%$ ter bo odvedena v obstoječi zemeljski jarek, ki bo projektno obdelan in urejen v naslednjem projektu sanacij plazov po ujmi v Občini Žetale, ki je še v fazi projektiranja ter se neposredno navezuje na obravnavani projekt, ki je zaradi popolne zapore ceste obravnavan prednostno.

3 ZAKLJUČEK

Za povečanje odpornosti prometne infrastrukture na neugodne vplive klimatskih sprememb je na plazovitem in erozijsko ogroženem območju LC 240 061, Žetale – Vabča vas od km 1,596 do km 1,841 s projektom sanacije predvidena izvedba sanacije splazitve cestnega nasipa, sanacije posedenih območij vozišča in usadov ter erozijskih poškodb s tremi pilotnimi stenami, zagotovitev globinskega odvodnjavanja z zalednimi drenažami in z ureditvijo sistema meteornega odvodnjavanja z dvema kanalizacijskima sistemoma za odvajanje pričakovanih količin meteorne vode v grapi oz. depresiji v gozdu pod LC. Ob obilnejših padavinskih dogodkih na obravnavano območje priteka največji del meteorne vode iz z gozdom obraslega pobočja, vplivno območje sega približno 350m nad lokalno cesto. Meteorna vodo iz zaledja bo zbrana v zalednih jarkih z betonskimi kanaletami ter odvedena s cestnimi prepusti v strugo neimenovanega potoka in manjšo depresijo v gozdu pod lokalno cesto. Za kontrolirano zbiranje meteorne vode z vozišča je predvidena izvedba asfaltnih muld z LTŽ požiralniki, zbirno cestno kanalizacijo in odvodnim pobočnim jarkom in kaskadno pobočno kanalizacijo pod LC.

Preverjena je prevodnost meteorne kanalizacije za odvajanje meteorne vode izven območja plazenja, posameznih usadov na cestnem nasipu ter erozijskih poškodb na območju projekta. Pri hidravlični presoji prevodnosti kanalizacijskih cevi in muld so prispevne površine korigirane z upoštevanjem povprečnih odtočnih koeficientov in z upoštevanjem hitrosti odtekanja vode po terenu. Zaradi majhnega vplivnega območja so upoštevani vsi koeficienti zakasnitve $\Psi_i=1,0$.

Za določitev trenda naraščanja ekstremnih kratkoročnih padavin je bila pri ARSO izdelana »Ocena sprememb kratkotrajnih nalivov za naselje Žetale«, rezultati so upoštevani pri hidravličnem dimenzioniranju elementov meteorne kanalizacije, prepustov in betonskih kanalet ter odvodnega jarka pod cesto. Izračun prevodnosti je preverjen za leti 2025 in 2050 za 15 minutni naliv ob $T=100$ letni povratni dobi, delež računsko izkoriščene prevodnosti ne presega 85% prevodnosti, ki so značilne za povsem zapolnjene kanalizacijske cevi, kanaletne kanale, odvodne jarke in asfaltna mulde ter LTŽ požiralnike. Hitrosti vodnega toka so v pričakovanih mejah tako, da cevi in jaški v projektni življenjski dobi projekta sanacije zaradi toka vode ne bodo utrpeli večjih poškodb.

Razporeditev in izračuni količin meteorne vode, ki pritekajo v posamezne jaške so ocenjene in so na varni strani, zato ima predloženi sistem odvodnjavanja najbrž še nekaj dodatnih rezerv. V izračunu pričakovanih odtokov so upoštevani pričakovani odtočni koeficienti za posamezne vrste tal in pobočja. Tudi zato ocenjujemo, da se v bodoče meteorna voda zagotovo ne bo več prelivala po vozišču LC, povzročala erozijske poškodbe ter zatekala v plazovito pobočje pod nasipom

lokalne ceste. Z analizo razmer in izračuni pričakovanih vršnih dotokov meteorne vode ob ujmi v juniju 2026 je dokazano, da je bila intenziteta padavin ob ujmi junija 2026 primerljiva intenziteti padavin ob upoštevanju največjega pričakovanega povečanja padavin iz leta 2025 po scenariju RCP4.5 oz. za 22,40%.

Prevodnost meteorne kanalizacije je z upoštevanjem 15 minutnega naliva s $T=100$ letno povratno dobo računsko dokazana za največje pričakovane intenzitete kratkotrajnih nališov v letu 2050 z upoštevanjem pričakovanih klimatskih sprememb po scenariju RCP4.5, ki kaže na možno oz. pričakovano povečanja intenzitete padavin od $q_{\text{rač.}}=433\text{l/sha}$ v letu 2025 na $q_{\text{rač.}}=530\text{l/sha}$ v letu 2050.

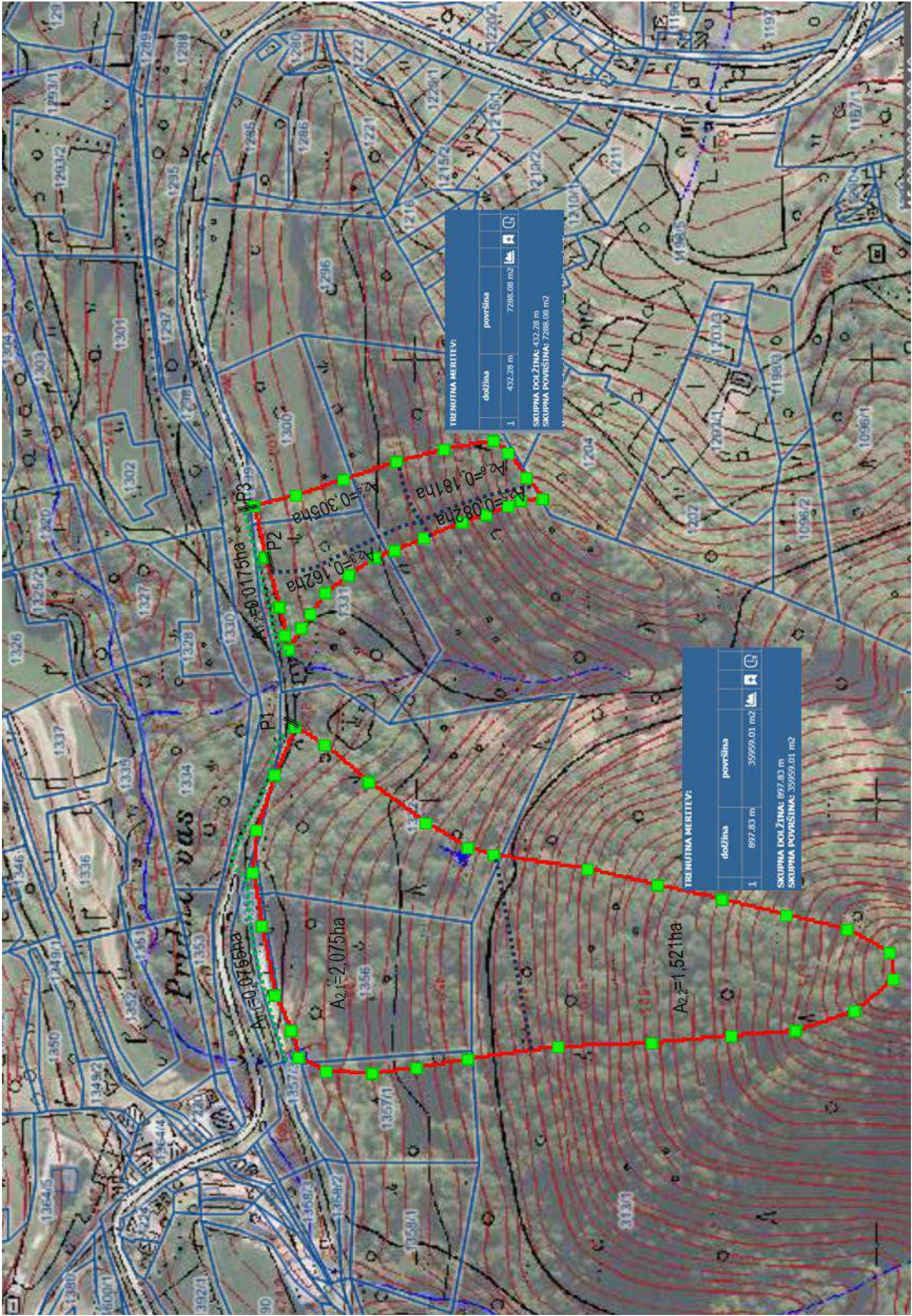
Predvideni sistem meteorne kanalizacije bo lahko služil svojemu namenu le v kolikor bo zagotovljeno ustrezno redno vzdrževanje vseh elementov odvodnjavanja. Po naši oceni je nujno potrebno v jesenskem obdobju po odpadanju listja, pred spomladanskim neurji in po vsakem izrednem dogodku izvesti preglede vseh elementov odvodnjavanja, čiščenje vtokov v jaške, odstranjevanje listja ter čiščenje peskolovov na projektu. Program izvedbe nujnih vsakoletnih aktivnosti oz. rednega vzdrževanja sistema meteorne odvodnjavanja mora biti sestavnih del PID projektne dokumentacije, ki jo bo pripravil projektant po izvedeni gradnji.

Maribor, Avgust 2026

Pooblaščen inženir:
Ivo Firbas, univ.dipl.inž.gr.

SITUACIJA ODVODNJAVANJA - PRISPEVNE PORŠINE

SANACIJA PLAZU na LC 240061 ŽETALE - VRABČA VAS od km 1,598 do km 1,841
P.1.1 VPLIVNO OBMOČJE METEORNE VODE - PRISPEVNE POVRŠINE IN OZNAKE PREPUSTOV



Slika P.1.1.1: Shema prispevnih površin in prepustov na LC 240061

HIDRAVLICNI IZRAČUN

P.1.2 PREVODNOST METEORNE KANALIZACIJE

Na lokalni cesti LC 240061 je ob ujmi v juniju 2026 nastala obsežna porušitev cestnega nasipa v depresiji ob vodotoku, ki poteka prečno na os LC. Po razpoložljivih podatkih se je na območju Žetal ob ujmi razbesnelo neurje z vetrom in padavinami intenzitete P=122mm/2h, ki bistveno presega pričakovani dve urni naliv s 100letno povratno dobo. Pričakovani naliv s 100 letno povratno dobo znaša približno P=70mm/2h ter zato ocenjujemo, da je naliv ob ujmi v juniju 2026 lahko dosegal pričakovane nalive z 250 do 500letno povratno dobo.

Ob ujmi je nastala porušitev pobočnega dela cestnega nasipa na območju od vodotoka v smeri prepusta P1 in odcepa za Rudijev dom pod Donačko goro. Glavni vzrok porušitve cestnega nasipa je zagotovo meteorna voda, ki je ob ujmi odtekala preko vozišča lokalne ceste v grapo pod njo v katero s spodnje strani doteka še voda iz neimenovanega vodotoka po dveh betonskih ceveh ϕ 50cm, ki sta se tudi ob ujmi izkazali za ustrezni, ker voda na območju vodotoka ob ujmi v juniju 2026 ni odtekala preko vozišča lokalne ceste.

Meteorna voda je ob ujmi v juniju 2026 na območje depresije LC dotekala iz pobočja nad LC ter nad dostopno cesto k Rudijevem domu do prepusta kot je prikazano na sliki P.1.1.1 pričujočega poročila. Vplivno območja sega do prepusta na dostopni cesti, ki bo očiščen in urejen v okviru izvajanja investicijskega vzdrževanja pred ozvedbo pričujočega projekta. Vplivno območje sega približno 350m nad lokalno cesto ter obsega prilžno 3,6ha gozdnih površin v nagibu 40 do 60%. Na območje jarka v zaledju lokalne ceste doteka še meteorna voda iz vozišča lokalne ceste in dostopne ceste k Rudijevem domu do prvega prepusta nad odcepom.

Meteorna voda iz osrednjega dela depresije ob neimenovanem vodotoku nad cesto bo tudi po izvedbi sanacije odtekala po obstoječih betonskih ceveh 2x ϕ 50cm pod lokalno cesto. Iz dela vplivnega območja ($A_{1,1}$, $A_{2,1}$ in $A_{2,2}$, glej sliko P.1.1.1) se bo meteorna voda zbirala v zalednem jarku ter bo po novem betonskem prepustu ϕ 80cm odtekala v jarek iz kamna v betonu s kaskadami v grapo pod cesto. S PZI načrtom je predvidena izvedba globokega zalednega jarka z betonsko kanaletto in obojestranskim zavarovanjem brežin nad kanaletnim kanalom iz kamna v betonu za preprečevanje erozije bočnih površin jarka, katere ostanki so povzročili zasutje zemeljskega jarka in iztoka v prepust s plavinami, ki so onemogočale odvajanje meteorne vode skozi obstoječi prepust v jarek oz. v strugo neimenovanega vodotoka pod cesto.

Tudi meteorna voda na začetnem delu predvidene sanacije bo zbrana v zalednem jarku z betonsko kanaletto. Iz dela prispevnih površin ($A_{2,3}$, $A_{2,4}$, $A_{2,5}$ in $A_{2,6}$, glej sliko P.1.1.1) bo s prepustom P3 (PEHD 400) in pobočno meteorno kanalizacijo odvedena izven vplivnega območja sanacije lokalne ceste.

METEORNA KANALIZACIJA: zaledni jarek z betonsko kanaletto, prepusti BC ϕ 80cm in PEHD400, cestna kanalizacija PEHD200, pobočna kanalizacija PEHD400 in odvodni kaskadni jarek iz kamna v betonu B/H=60/60cm

Hidravlični izračun kritičnih elementov odvodnjavanja je izveden po racionalni metodi z upoštevanjem 15 minutnega projektnega naliva s 100 letno povratno dobo ter vpliva pričakovanih klimatskih sprememb v projektni življenjski dobi lokalne ceste oz. v letu 2050.

Pri presoji ustrezne prevodnosti zalednega jarka in prepusta P1, ki sta glavna vzroka poškodb nasipa lokalne ceste je izvedena primerjalna analiza dotokov talne po Kresnikovi in SCS metodi s katero je potrjeno, da ocenjene količine meteorne vode ustrezajo tudi razmeram ob ujmi v juniju 2026, ki je povzročila poškodbe nasipa lokalne ceste, katere sanacija je predmet obravnave pričujočega projekta. Pri hidravličnih izračunih so za posamezne prispevne površine upoštevane pričakovane vrednosti odtočnih koeficientov ϕ_i iz spodnje preglednice.

Prispevne površine:	Količniki odtokov (ϕ_i):				
Vrste zemljišč:	Nagib terena (%)				
Zemljišče	1-5%	5-10%	10-30%	30-40%	40-50%
Gozd	0-0,2	0-0,2	0,1-0,3	0,2-0,4	0,3-0,6
Tavnik-pašnik	0,3	0,35	0,4	0,4-0,6	0,6-0,8
Njiva-vrt	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Cesta s prodno utrditvijo					
Cesta z asfaltno utrditvijo	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Dvorišča ob kmetijah	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7
Objekti - strehe	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

Pri ARSO je bila izdelana študija "Ocena sprememb nalivov na območju naselja Žetale", kjer so za zmerno optimistični scenarij RCP4.5 ocenjena pričakovana povečanja ekstremnih padavin v prihodnjih 50 letih za 4,55 do 22,4%.

Pri izračunih pričakovanih dotokov ob projektnih padavinskih dogodkih je upoštevano največje pričakovano povečanje količine efektivnih padavin za 22,4% v letu 2050, glede na ekstremne padavinske dogodke v sedanjih razmerah oz. v letu 2023.

Exstremni padavinskih dogodek s povratno dobo 100 let

T	P _{dan}		P ₂₀₅₀ (RCP4.5)		Povečanje od leta 2023 do leta 2050: Y ₂₀₅₀ =
minuta	mm	l/(s/ha)	mm	l/(s/ha)	
5	19	633	23,3	775,2	1,224
10	32	533	39,2	652,8	
15	39	433	47,7	530,4	
20	44	367	53,9	448,8	
30	51	283	62,4	346,8	
45	57	211	69,8	258,4	
60	61	169	74,7	207,4	
90	66	122	80,8	149,6	
120	70	97	85,7	119,0	
180	76	70	93,0	86,1	
240	82	57	100,4	69,7	
300	87	48	106,5	59,2	
360	92	43	112,6	52,1	
560	104	31	127,3	37,9	
720	113	26	138,3	32,0	

Za meteorno vodo, ki bo iz vplivnega območje dotekala na območje projekta ter bo ob morebitni ponovitvi ujme potencialno ogrožala lokalno cesto bomo zanesljivost meteorne kanalizacije dokazali po Racionalni Metodi. **Zadostno prevodnost dokažemo za 15 minutni projektni naliv s 100 letno povratno dobo brez in z upoštevanjem vplivov klimatskih sprememb oz. za leti 2025 in 2050.** Pričakovane dotoke meteorne vode izvrednotimo:

$$Q=q_{ra\check{c}}\times \sum (A_i\times \phi_i\times \psi_i)$$

Pri nalivu s trajanjem t=15minut se lahko vzpostavi stacionarno stanje.
Koeficient zakasnitve pri majhnih povodjih: $\Psi_i=1,0$

Kjer Q pomeni jakost skupnega odtoka (l/s), $q_{ra\check{c}}$ jakost računskega naliva (l/s/ha), ϕ_i = odtočni koeficient z vsemi značilnostmi tal oz. povodja in A_i prispevno površino (ha) ter Ψ_i koeficient zakasnitve.

P.1.2.1: ZALEDNI JAREK: betonska kanaleta B/H=30/25cm z nadvišanjem B/H=48/30cm, P1-odcep Rudijev dom

Jarek B/H=30/55, n=0,014(beton), n=0,025(kamen v betonu)					PREVODNOST HIDRAVLIČNO DOLGEGA JARKA, L=∞						
OBCESTNI JAREK	Površina	A	ϕ_i	Q_{100}	D_i	i	R	Q_p	Q/Q _p	h _w /H	Ocena
		ha		l/s	m		m	(l/s)			
P1-odcep (2025)	Gozd: A _{2,1} (nagib 40-50%)	2,075	0,50	845,0	0,433	0,06	0,197	1.501	0,563	0,767	Prevodnost ustreza, hitrost na iztoku v=3,84m/s < v _{dop.} =4,0m/s.
	Gozd: A _{2,2} (nagib > 50%)	1,521	0,60								
P1-odcep (2050)	Gozd: A _{2,1} (nagib 40-50%)	2,075	0,50	1034,3	0,433	0,06	0,197	1.501	0,689	0,847	Prevodnost ustreza, hitrost na iztoku v=3,93m/s < v _{dop.} =4,0m/s.
	Gozd: A _{2,2} (nagib > 50%)	1,521	0,60								

Dolžina urejenega jarka znaša L=56m ter ga z vidika hidravličnih značilnosti lahko prištevamo med hidravlično dolge elemente odvodnjavanja.

Vplivno območje manjšega vodotoka pod cesto znaša približno A=3,6ha. Največji pričakovani dotok vode v strugi najprej ocenimo po Kresnikovi metodi: $Q_{max.}=\phi\times A\times 32/(0,5+A^{1/2})=0,6\times 0,036\times 32/(0,5+0,036^{1/2})=1,002m^3/s$

kjer $\phi=0,6$ označuje povprečni količnik odtoka meteorne vode na površju ter A=0,036km² površino z gozdom obraslega strmega pobočja nad zalednim obcestnim jarom.

Za primerjavo določimo še dotok meteorne vode v strugo pod cesto za projektni naliv, ki je v juniju 2026 prizadel občino Žetale. Na opazovalni postaji v Žetalah je bila izmerjena intenzivnost dejanskega naliva P=122mm/2h=4,803"/2h, ki bistveno presega naliv s 100 letno povratno dobo P=70mm/2h, ki je značilen za območje občine Žetale. Za celotno vplivno območje struge upoštevamo zmerno neugodne hidravlične pogoje in zemljišče uvrstimo v hidrološko skupino C, ki je značilna za zemljišča, ki jih gradijo pretežno drobnozrnate in slabše prepustne zemljine. Skladno z določili in predlogi Soil Conservation Service (SCS - metoda) upoštevamo povprečni količnik odtoka CN=71.

Zadrževalno sposobnost povodja ocenimo: $S=(25400-254\times CN)/CN=(25400-254\times 71)/71=103,77mm=4,085"$

Površinski odtok za primer ekstremnega naliva (Žetale 2026) bi znašal:

$$P_e=(P-0,2\times S)^2/(P+0,8\times S)=(4,803-0,2\times 4,085)^2/(4,803+0,8\times 4,085)=1,969''=50,001mm$$

Za manjša povodja vršni dotok v strugo na obravnavanem območju določimo: $Q_{max.}=P_e\times \alpha_A\times \beta_A=50,001\times 0,015\times 1,17=0,878m^3/s$

kjer $\alpha_A=0,015$ pomeni količnik površine pobočja in $\beta_A=1,17$ količnik nagiba površine pobočja, kjer je upoštevana konzervativna povprečna vrednost nagiba povodja $\beta=50\%$.

Ocenimo lahko, projektni izračuni največjih dotokov meteorne vode v urejeni zaledni jarek na območju poškodovanega cestnega nasipa, izvedeni po različnih računskih metodah kažejo na primerljive vrednosti. Izvrednotene količine pretokov Q₂₀₂₅ po racionalni metodi znašajo 845l/s, po Kresnikovi metodi 1.002 l/s ter po metodi SCS za naliv ob ujmi v letu 2026 pretok 878l/s. Zato bomo v projektnih izračunih upoštevali pričakovani največji pretok meteorne vode v projektni življenjski dobi lokalne ceste z upoštevanjem vplivov klimatskih sprememb Q₂₀₅₀=1.034l/s.

P.1.2.2: PREPUST POD LOKALNO CESTO P1, L=10m, i=5%

METEORNA KANALIZACIJA BCφ80cm					PREVODNOST HIDRAVLIČNO DOLGE CEVI, L=∞						
POBOČNA KANALIZACIJA	Površina	A	ϕ_i	Q_{100}	D_i	i	ε	Q_p	Q/Q _p	h _w /H	Ocena
		ha		l/s	m		mm	(l/s)			
P1 (2025)	Gozd: A _{2,1} (nagib 40-50%)	2,075	0,50	874,5	0,8	0,05	2,0	2.822	0,310	0,381	Hitrost na iztoku v=4,99m/s > v _{dop.} =3,0m/s (ni realno, kratka cev).
	Gozd: A _{2,2} (nagib > 50%)	1,521	0,60								
	Cesta: A _{1,1}	0,076	0,90								
P1 (2050)	Gozd: A _{2,1} (nagib 40-50%)	2,075	0,50	1.070,4	0,8	0,05	2,0	2.822	0,379	0,426	Hitrost na iztoku v=5,22m/s > v _{dop.} =3,0m/s (ni realno, kratka cev).
	Gozd: A _{2,2} (nagib > 50%)	1,521	0,60								
	Cesta: A _{1,1}	0,076	0,90								

Dolžina prepusta P1 pod lokalno cesto znaš L=10m, cev je z vidika hidravličnih značilnosti dejansko kratke. Prevodnost hidravlično kratke cevi ob upoštevanju neurejenega vtoka v cev in toka vode s prosto gladino znaša $Q=1,52\times D^{5/2}=0,870m^3/s$. V prepustu BCφ80cm bo pri pretoku Q₂₀₅₀=1,070m³/s nastal tok vode s prosto gladino in potopljenim vtokom. Največjo hitrost toka vode na iztoku v jarek obložen s kamnom v betonu določimo:

$v = \eta_p \times (v_0^2 + 2 \times g \times \Delta h)^{1/2} / (1 + \Sigma \xi_2)^{1/2} = 1,045 \times (2,13^2 + 2 \times 9,81 \times 0,5)^{1/2} / (1 + 0,242)^{1/2} = 3,55 \text{ m/s}$
Kjer η_p označuje količnik povečanja hitrosti toka vode v nezapolnjeni cevi, v_0 hitrost toka vode na vtoku v cev, g gravitacijsko konstanto in $\Sigma \xi_2$ vsoto količnikov lokalnih izgub zaradi trenja vzdolž PEHD cevi med vtokom in iztokom iz cevi.
V cevi BC80cm prepusta P1 bo nastal tok meteorne vode s prosto površino in potopljenim vtokom. Pri največjem pričakovanem pretoku z upoštevanjem vpliva klimatskih sprememb $Q_{2050} = 1.070 \text{ l/s}$ bo v kotanji iz kamna v betonu na vtoku v prepust ob upoštevanju prereza cevi $A_c = 0,503 \text{ m}^2$ in koeficienta kontrakcije $\mu_0 = 0,6$ za grobo urejeni vtok ter hidravličnega padca cevi $i = 5\%$, nastal dvig vode nad koto iztoka za višino:
 $\Delta H_0 = (Q / (A_c \times \mu_0))^2 / (2 \times g) + (0,701 - 2 \times i) \times D_i = (1,070 / (0,503 \times 0,6))^2 / (2 \times 9,81) + (0,701 - 2 \times 0,05) \times 0,8 = 1,12 \text{ m}$
Ustreznost projektne rešitve pobočne kanalizacije dokažemo:
 $v_{\text{max.}} = 3,55 \text{ m/s} < v_{\text{dop.}} = 3,0 \times 1,2 = 3,6 \text{ m/s}$, $\Delta H_0 = 1,12 \text{ m} < \Delta H_{\text{dop.}} = 3,0 \text{ m}$ (višinska razlika med koto vtoka in iztoka v zbirni kotanji nad cesto)

P.1.2.3: JAREK IZ KAMNA V BETONU POD CESTO: B₀/B/H=0,6/0,8/0,6m, L=6,0m, i=33%

ODVODNI JAREK b/H=0,6/0,6m					PREVODNOST HIDRAVLIČNO DOLGEGA JARKA, L=∞						
POBOČNI JAREK	Površina	A	ϕ _i	Q ₁₀₀	A	n	R	Q _p	Q/Q _p	h _w /H	Ocena
		ha		l/s	m ²		m	(l/s)			
Jarek (2025)	Gozd: A _{2,1} (nagib 40-50%)	2,075	0,50	874,5	0,42	0,035	0,231	2.615,00	0,334	0,472	Hitrost na iztoku v=4,78m/s < v _{dop.} =5,0m/s
	Gozd: A _{2,2} (nagib > 50%)	1,521	0,60								
	Cesta: A _{1,1}	0,076	0,90								
Jarek (2050)	Gozd: A _{2,1} (nagib 40-50%)	2,075	0,50	1070,4	0,42	0,035	0,231	2.615,00	0,409	0,542	Hitrost na iztoku v=5,04m/s ≈ v _{dop.} =5,0m/s
	Gozd: A _{2,2} (nagib > 50%)	1,521	0,60								
	Cesta: A _{1,1}	0,076	0,90								

Hitrost dotoka meteorne vode do prve kaskade višine $\Delta H = 1,0 \text{ m}$ določimo z upoštevanjem Maningovega koeficienta trenja za zelo grobo kamnito oblogo $n = 0,035$, začetne hitrosti na vtoku v jarek ter z upoštevanjem ohranitve mehanske energije vode pri toku vzdolž jarka do prve kaskade:
 $v = (v_0^2 + 2 \times g \times \Delta h)^{1/2} / (1 + \Sigma \xi_2)^{1/2} = (3,45^2 + 2 \times 9,81 \times 2,00)^{1/2} / (1 + 1,348)^{1/2} = 4,67 \text{ m/s}$, višina vode na iztoku znaša $\Delta H_0 = 0,345 \text{ m}$ ter največja širina prelivne sekcije $B_0 = 0,72 \text{ m}$.
Kjer v_0 označuje hitrost toka vode na vtoku v cev, g gravitacijsko konstanto in $\Sigma \xi_2$ vsoto količnikov lokalnih izgub zaradi trenja vzdolž PEHD cevi med iztokom iz prepusta P1 do prve kaskade pod cesto.
Ustreznost projektne rešitve cestne kanalizacije dokažemo:
Pri upoštevanju 85% polnitve sistema bi projektni pretok meteorne vode po jarku znašal $Q_d = Q_{2050} / 0,85 = 1,259 \text{ m}^3/\text{s}$, prevodnost jarka iz kamna v betonu zaradi naravnega nagiba vzdolž pobočja narašča, kritični prerez se pojavi ob iztoku iz prepusta v jarek. Maksimalno prevodnost polnega jarka zato določimo na vtoku iz prepusta J1 v jarek: $Q_p = A_j \times v_0 = 0,42 \times 3,45 = 1,449 \text{ m}^3/\text{s}$
Zadostno prevodnost jarka dokažemo z izrazom: $Q_p = Q_R = 1,449 \text{ m}^3/\text{s} > Q_d = Q_E = 1,259 \text{ m}^3/\text{s}$. Na podslapju pod prvo kaskado je potrebno izvesti protierozijsko zavarovanje v širini, ki presega 2 kratnik največje dolžine prelivne sekcije: $B \geq 2 \times B_0 = 1,44 \text{ m}$.

P.1.2.4: CESTNI PREPUST P2: PEHD400, i=2%, L=8m

PREPUST POD GOZDNIM PRIKLJUČKOM					PREVODNOST HIDRAVLIČNO DOLGE CEVI, L=∞						
POBOČNI JAREK	Površina	A	ϕ _i	Q ₁₀₀	D _i	i	ε	Q _p	Q/Q _p	h _w /H	Ocena
		ha		l/s	m		mm	(l/s)			
P2 (2025)	Gozd: A _{2,3} (nagib 30-40%)	0,162	0,40	49,4	0,347	0,02	1,0	216	0,229	0,326	Hitrost na iztoku v=1,87m/s < v _{dop.} =5,0m/s
	Gozd: A _{2,5} (nagib > 50%)	0,082	0,60								
P2 (2050)	Gozd: A _{2,3} (nagib 30-40%)	0,162	0,40	60,5	0,347	0,02	1,0	216	0,280	0,361	Hitrost na iztoku v=1,96m/s < v _{dop.} =5,0m/s
	Gozd: A _{2,5} (nagib > 50%)	0,082	0,60								

V cevi PEHD400 prepusta P2 bo ob pričakovanem naliwu $Q_{2050} = 0,0605 \text{ m}^3/\text{s}$ nastal tok vode s prosto površino ter nepotopljenim vtokom in iztokom. Največja prevodnost cevi pri nepotopljenem in neurejenem vtoku znaša $Q_p = 1,52 \times D^{5/2} = 1,52 \times 0,347^{5/2} = 0,108 \text{ m}^3/\text{s}$. Prevodnost je izkoriščena 56%, v kanaleti ob vtoku v cev bo nastal dvig vode $\Delta H_0 = 0,845 \times 0,347 = 0,29 \text{ m}$.

P.1.2.5: BETONSKA KANALETA B/H=0,3/0,25m, L=29,0m, i=2,0%

KANALETNI kanal					PREVODNOST HIDRAVLIČNO DOLGE KANALETE, L=∞						
CESTNA KANALIZACIJA	Površina	A	ϕ _i	Q ₁₀₀	b ₀ /H	i	n	Q _p	Q/Q _p	h _w /H	Ocena
		ha		l/s	m			(l/s)			
P3-J1 (2025)	Gozd: A _{2,3} (nagib 30-40%)	0,162	0,40	149,3	30/25	0,02	0,014	236	0,633	0,752	Hitrost na iztoku v=2,16m/s < v _{dop.} =4,0m/s
	Gozd: A _{2,5} (nagib > 50%)	0,082	0,60								
	Gozd: A _{2,4} (nagib 30-40%)	0,305	0,40								
	Gozd: A _{2,6} (nagib > 50%)	0,181	0,60								
P3-J1 (2050)	Gozd: A _{2,3} (nagib 30-40%)	0,162	0,40	182,8	30/25	0,02	0,014	236	0,774	0,852	Hitrost na iztoku v=2,27m/s < v _{dop.} =4,0m/s
	Gozd: A _{2,5} (nagib > 50%)	0,082	0,60								
	Gozd: A _{2,4} (nagib 30-40%)	0,305	0,40								
	Gozd: A _{2,6} (nagib > 50%)	0,181	0,60								

Kanaletni kanal L=29m z vtokom dela meteorne vode ob prepustu P2 s hidravličnega vidika prištevamo med hidravlično kratke odvodne elemente. Ob vtoku v jašek št. 1 je potrebna vstopna odprtina višine 25cm.

Prevodnost dejanske kanalete dolžine 29m je zagotovo manjša od prevodnosti kanalete neskončne dolžine. Ob iztoku iz prepusta P2 v kanaletu priteka le del meteorne vode ΔQ_{1,2050}=60,5l/s, preostali del ΔQ_{2,2050}=122,3l/s pa bo pritekal iz pobočja v kanaletni jarek ter bo pritok vzdolž jarka približno enakomerno razporejen.

Težišče pritokov meteorne vode od iztoka v jašek J1 v kanaletni kanal določimo: L_T=(60,5×29,0+122,3×29,0/2)/182,8=19,30m

Hitrost toka vode v kanaletnem kanalu pred iztokom v jašek J1 določimo:

začetna hitrost v₁=(v₀²+2×g×Δh)^{1/2}/(1+Σξ₂)^{1/2}=(0,65²+2×9,81×19,3×0,02)^{1/2}/(1+1,297)^{1/2}=1,87m/s

Vtočna hitrost v jašek J1 skozi vtočno odprtino enakega prereza kot je prerez kanaletnega kanala znaša:

v=(2×g×(h_T+(v₁)²/(2×g)))^{1/2}=(2×9,81×(0,115+(1,87)²/(2×9,81)))^{1/2}=2,398m/s

kjer h_T=0,115m označuje oddaljenost težišča toka vode od gladine vode na vrhu kanalete ob vtoku v jašek J1.

Prevodnost dejanske kanalete ob vtoku v jašek J1 pri gladini vode na vrhu kanalete znaša: Q_p=Q_R=0,25×0,39×2,389=0,2329m³/s=233l/s

Izkoriščenost največjega pretoka betonske kanalete ob vtoku v cev jaška J1 znaša η=Q₂₀₅₀/Q_R=182,8/233=78,5%.

P.1.2.6: CESTNI PREPUST P3: J1-J2, L=8,0m, i=10%

CESTNI PREPUST PEHD400					PREVODNOST HIDRAVLIČNO DOLGE CEVI, L=∞						
CESTNI PREPUST	Površina	A	ϕ _i	Q ₁₀₀	Di	i	ε	Q _p	Q/Q _p	h _w /H	Ocena
		ha		l/s	m		mm	(l/s)			
J1-J2 (2025)	Gozd: A _{2,3} (nagib 30-40%)	0,162	0,40	149,3	0,347	0,1	1,0	484	0,309	0,379	Hitrost na iztoku v=4,56m/s < v _{dop.} =5,0m/s
	Gozd: A _{2,5} (nagib > 50%)	0,082	0,60								
	Gozd: A _{2,4} (nagib 30-40%)	0,305	0,40								
	Gozd: A _{2,6} (nagib > 50%)	0,181	0,60								
J1-J2 (2050)	Gozd: A _{2,3} (nagib 30-40%)	0,162	0,40	182,8	0,347	0,1	1,0	484	0,378	0,424	Hitrost na iztoku v=4,66m/s < v _{dop.} =5,0m/s
	Gozd: A _{2,5} (nagib > 50%)	0,082	0,60								
	Gozd: A _{2,4} (nagib 30-40%)	0,305	0,40								
	Gozd: A _{2,6} (nagib > 50%)	0,181	0,60								

Dolžina prepusta P3 pod lokalno cesto znaš L=8m, cev je z vidika hidravličnih značilnosti dejansko kratka. Prevodnost hidravlično kratke cevi ob upoštevanju neurejenega vtoka v cev in toka vode s prosto gladino znaša Q=1,52×D^{5/2}=0,108m³/s. V prepustu PHDφ400mm bo pri pretoku Q₂₀₅₀=0,1828m³/s nastal tok vode s prosto gladino in potopljenim vtokom. Največjo hitrost toka vode na iztoku v jašek J2 določimo:

v=η_p×(v₀²+2×g×Δh)^{1/2}/(1+Σξ₂)^{1/2}=1,000×(1,925²+2×9,81×0,8)^{1/2}/(1+0,410)^{1/2}=3,71m/s

Kjer η_p označuje količnik povečanja hitrosti toka vode v nezapolnjeni cevi, v₀ hitrost toka vode na vtoku v cev, g gravitacijsko konstanto in Σξ₂ vsoto količnikov lokalnih izgub zaradi trenja vzdolž PEHD cevi med vtokom in iztokom iz cevi.

V cevi PEHD400 prepusta P3 bo nastal tok meteorne vode s prosto površino in potopljenim vtokom. Pri največjem pričakovanem pretoku z upoštevanjem vpliva klimatskih sprememb Q₂₀₅₀=0,1828m³/s bo v jašku J1 na vtoku v prepust ob upoštevanju prereza cevi A_c=0,096m² in koeficienta kontrakcije μ₀=0,6 za grobo urejeni vtok ter hidravličnega padca cevi i=10%, nastal dvig vode nad koto iztoka za višino:

ΔH₀=(Q/(A_c×μ₀))²/(2×g)+(0,701-2×i)×Di=(0,1828/(0,096×0,6))²/(2×9,81)+(0,701-2×0,1)×0,347=0,68m

Ustreznost projektne rešitve prepusta P3 dokažemo:

v_{max.}=3,93m/s < v_{dop.}=5,0×1,2=6,0m/s, ΔH₀=0,68m < ΔH_{dop.}=1,77m (višinska razlika med koto vtoka kanalete in iztoka v jašku J1 pred prepustom).

P.1.2.7: POBOČNA METEORNA KANALIZACIJA: J1-J2-J3-J4-J5-J6-iztok: L=13, 9, 23, 17 in 8m, i=10 in 5%

METEORNA KANALZACIJA PEHD400					PREVODNOST HIDRAVLIČNO DOLGE CEVI, L=∞						
POBOČNA KANALIZACIJA	Površina	A	ϕ _i	Q ₁₀₀	Di	i	ε	Q _p	Q/Q _p	h _w /H	Ocena
		ha		l/s	m		mm	(l/s)			
J20-J17 (2025)	Gozd: A _{2,3} (nagib 30-40%)	0,162	0,40	156,2	0,347	0,1	1,0	484	0,323	0,39	Hitrost na iztoku v=4,61m/s < v _{dop.} =5,0m/s
	Gozd: A _{2,5} (nagib > 50%)	0,082	0,60								
	Gozd: A _{2,4} (nagib 30-40%)	0,305	0,40								
	Gozd: A _{2,6} (nagib > 50%)	0,181	0,60								
	Cesta: A _{1,2}	0,018	0,90								
J20-J17 (2050)	Gozd: A _{2,3} (nagib 30-40%)	0,162	0,40	191,1	0,347	0,1	1,0	484	0,395	0,466	Hitrost na iztoku v=4,82m/s < v _{dop.} =5,0m/s
	Gozd: A _{2,5} (nagib > 50%)	0,082	0,60								
	Gozd: A _{2,4} (nagib 30-40%)	0,305	0,40								
	Gozd: A _{2,6} (nagib > 50%)	0,181	0,60								
	Cesta: A _{1,2}	0,018	0,90								

Dolžine posameznih cevi pobočne odvodne kanalizacije v naklonu i=10% pod cesto znašajo L=13 do 23m, cevi so z vidika hidravličnih značilnosti kratke. Prevodnost hidravlično kratke cevi PEHD400 ob upoštevanju neurejenega vtoka v cev in toka vode s prosto gladino znaša $Q=1,52 \times D^{5/2}=0,108\text{m}^3/\text{s}$. V ceveh PHD ϕ 400mm bo pri pretoku $Q_{2050}=0,191\text{m}^3/\text{s}$ nastal tok vode s prosto gladino in potopljenim vtokom. Največjo hitrost toka vode za najdaljšo cev med jaški J4 in J5 na iztoku v jašek J5 določimo:

$$v=\eta_p \times (v_0^2+2 \times g \times \Delta h)^{1/2} / (1+\sum \xi_2)^{1/2}=0,96 \times (2,02^2+2 \times 9,81 \times 2,3)^{1/2} / (1+1,179)^{1/2}=4,56\text{m/s}$$

V cevi PEHD400 med jaškoma J4 in J5 bo nastal tok meteorne vode s prosto površino in potopljenim vtokom. Pri največjem pričakovanem pretoku z upoštevanjem vpliva klimatskih sprememb $Q_{2050}=0,1911\text{m}^3/\text{s}$ bo v jašku J4 na vtoku v prepust ob upoštevanju prereza cevi $A_c=0,0946\text{m}^2$ in koeficienta kontrakcije $\mu_0=0,6$ za grobo urejeni vtok ter hidravličnega padca cevi i=10%, nastal dvig vode nad koto iztoka za višino:

$$\Delta H_0=(Q/(A_c \times \mu_0))^2/(2 \times g)+(0,701-2 \times i) \times Di=(0,1911/(0,0946 \times 0,6))^2/(2 \times 9,81)+(0,701-2 \times 0,1) \times 0,347=0,75\text{m}$$

Ustreznost projektne rešitve pobočne kanalizacije dokažemo:

$$v_{\text{max.}}=4,56\text{m/s} < v_{\text{dop.}}=5,0 \times 1,2=6,0\text{m/s}, \Delta H_0=0,75\text{m} < \Delta H_{\text{dop.}}=2,70\text{m}$$
 (višinska razlika med koto vtoka in iztoka v jašku J4 pobočne odvodne kanalizacije).

Najmanjša hitrost toka vode je značilna za cev PEHD400 med jaškom J6 in iztokom v drčo obloženo s kamnom v betonu pod njim. Dolžina cevi na iztoku znaša L=8m in nagib i=5%. Hitrost toka vode na iztoku določimo:

$$v=\eta_p \times (v_0^2+2 \times g \times \Delta h)^{1/2} / (1+\sum \xi_2)^{1/2}=1,06 \times (2,02^2+2 \times 9,81 \times 0,4)^{1/2} / (1+0,410)^{1/2}=3,08\text{m/s}$$

V cevi PEHD400 med jaškom J6 in iztokom v kamnito drčo bo nastal tok meteorne vode s prosto površino in potopljenim vtokom. Pri največjem pričakovanem pretoku z upoštevanjem vpliva klimatskih sprememb $Q_{2050}=0,1911\text{m}^3/\text{s}$ bo v jašku J6 na vtoku v prepust ob upoštevanju prereza cevi $A_c=0,0946\text{m}^2$ in koeficienta kontrakcije $\mu_0=0,6$ za grobo urejeni vtok ter hidravličnega padca cevi i=5%, nastal dvig vode nad koto iztoka za višino:

$$\Delta H_0=(Q/(A_c \times \mu_0))^2/(2 \times g)+(0,701-2 \times i) \times Di=(0,1911/(0,0946 \times 0,6))^2/(2 \times 9,81)+(0,701-2 \times 0,05) \times 0,347=0,79\text{m}$$

Ustreznost projektne rešitve pobočne kanalizacije pred izpustom v drčo obloženo s kamnom v betonu dokažemo:

$$v_{\text{max.}}=3,08\text{m/s} < v_{\text{dop.}}=5,0 \times 1,2=6,0\text{m/s}, \Delta H_0=0,79\text{m} < \Delta H_{\text{dop.}}=1,61\text{m}$$
 (višinska razlika med koto vtoka in iztoka v jašku J6 odvodne kanalizacije).

Prevodnost cevi na iztoku iz jaška J6 je izkoriščena 64%.

P.1.2.8: PREVODNOST ASFALTNIH MULD: prepust P1 - odcep za Rudijev dom, i=5% in območje P1-P3, i=2 do 5%

Asfaltna mulda na odseku med P1 in odcepa za Rudijev dom je standardna širine B=0,5 in višine H=0,05m. Izračun prevodnosti izvedemo na modelu mulde neskončne dolžine z upoštevanjem Maning-ovega koeficienta trenja n=0,017. Prevodnost povsem zapolnjene asfaltne mulde znaša $Q_p=22,6\text{l/s}$.

Z asfaltno muldo se udvaja meteorna vodo iz vozišča preko LTŽ požiralnikov v zbirno cestno kanalizacijo. Na območje vozišča lokalne ceste med prepustom P1 in odcepom za Rudijev dom površina vozišča znaša $A_{1,1}=755\text{m}^2$ ter pripadajoča količina meteorne vode $Q_{2050}=0,0755 \times 530,4 \times 0,9=36,04\text{l/s}$.

Na območju lokalne ceste med prepustom P1 in odcepom za Rudijev dom se površinsko vodo iz vozišča odvaja preko treh LTŽ požiralnikov oz. iztokov iz muld s s skupno karakteristično največjo sposobnostjo odvajanja meteorne vode $Q_R=3 \times 22,6=67,8\text{l/s}$. Stopnjo izkoriščenosti odvodne sposobnosti asfaltnih muld in LTŽ požiralnikov določimo: $\eta=Q_{2050}/Q_R=36,04/67,8=0,53$.

Na območje vozišča lokalne ceste med prepustoma P1 in P3 površina vozišča znaša $A=675\text{m}^2$ ter pripadajoča količina meteorne vode $Q_{2050}=0,0675 \times 530,4 \times 0,9=32,22\text{l/s}$.

Na območju lokalne ceste med prepustoma P1 in P3 se površinsko vodo iz vozišča odvaja preko šestih LTŽ požiralnikov in enega neposrednega vtoka asfaltne mulde v jašek J2. Pri povprečnem nagibu asfaltne mulde i=2%, karakteristična prevodnost mulde znaša $Q_p=14,30\text{l/s}$ ter skupna karakteristična največja sposobnostjo odvajanja meteorne vode $Q_R=7 \times 14,3=100,1\text{l/s}$. Stopnjo izkoriščenosti odvodne sposobnosti določimo: $\eta=Q_{2050}/Q_R=32,22/100,1=0,322$.

P.1.2.9: PREVODNOST ZBIRNE CESTNE KANALIZACIJE: J18-iztok v vtočno kotanjo, L=4,0m, i=6,0%

Ob projektnem nalivu bo meteorna voda v količini $Q_{2050}=0,036\text{m}^3/\text{s}$ pritekala v zbirni jašek J18 ter po cevi PEHD200 odvedena v zbirno kotanjo na vtoku v prepust P1.

V cevi PEHD200 med jaškoma J19 in vtočno kotanjo bo nastal tok meteorne vode s prosto površino in potopljenim vtokom. Pri največjem pričakovanem pretoku z upoštevanjem vpliva klimatskih sprememb $\Delta Q_d = 0,036/0,85 = 0,042 \text{ m}^3/\text{s}$ bo v jašku J18 ob upoštevanju prereza cevi $A_c = 0,0243 \text{ m}^2$ in koeficienta kontrakcije $\mu_0 = 0,6$ ter hidravličnega padca cevi $i = 6\%$ nastal dvig vode za višino:

$$\Delta H_0 = (\Delta Q / (A_c \times \mu_0))^2 / (2 \times g) + (0,701 - 2 \times i) \times D_i = (0,042 / (0,0243 \times 0,6))^2 / (2 \times 9,81) + (0,701 - 2 \times 0,06) \times 0,176 = 0,53 \text{ m}$$

Ustreznost projektne rešitve dokažemo: $\Delta H_d = \Delta H_0 = 0,53 \text{ m} < \Delta H_{dop.} = 1,00 \text{ m}$ (višinska razlika med kotama pokrova in iztoka v jašku J18 znaša 1,1 m).

Preostali iztoki cestne kanalizacije so manj obremenjeni z dotoki meteorne vode iz površine lokalne ceste.

OCENA SPREMEMB NALIVOV ZA OBČINO ŽETALE

Ocena sprememb nalivov na območju naselja Žetale



Vsebina

Uvod	3
Padavinske razmere	5
Ekstremne padavine	5
Nalivi na območju naselja Žetale	6
Viri.....	8

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) sevanje 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 prostorska 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). Regionalni modeli računajo na manjšem območju in kot vhodni robni podatek jemljejo podatke iz 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 prostorski 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 (Bertalanč, 2018) uporabljamo rezultate regionalnih podnebnih modelov projekta EURO-CORDEX (Jacob, 2014). Prostorska ločljivost regionalnih modelov, ki smo jih uporabili, je okrog 12 km, obdobje modeliranja je za vse modele 1961–2100, za nekatere pa 1971–2100. Uporabili smo modelske rezultate s časovni korak en dan. Od približno 15 kombinacij globalnih in regionalnih podnebnih modelov, ki so imeli na voljo vse želene spremenljivke, smo izbrali šest takih, ki so si med seboj čimbolj 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 mediano sprememb in razpon nedoločenosti.

Podnebni modeli vsebujejo sistematične napake. Te nastanejo med drugim zaradi omejene prostorske 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 (Bertalanč, 2018).

Seznam modelov prikazuje preglednica 1. Globalni podnebni model je dal robne pogoje (gcm), regionalni podnebni model (rcm) pa preračun na 12 km skalo.

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

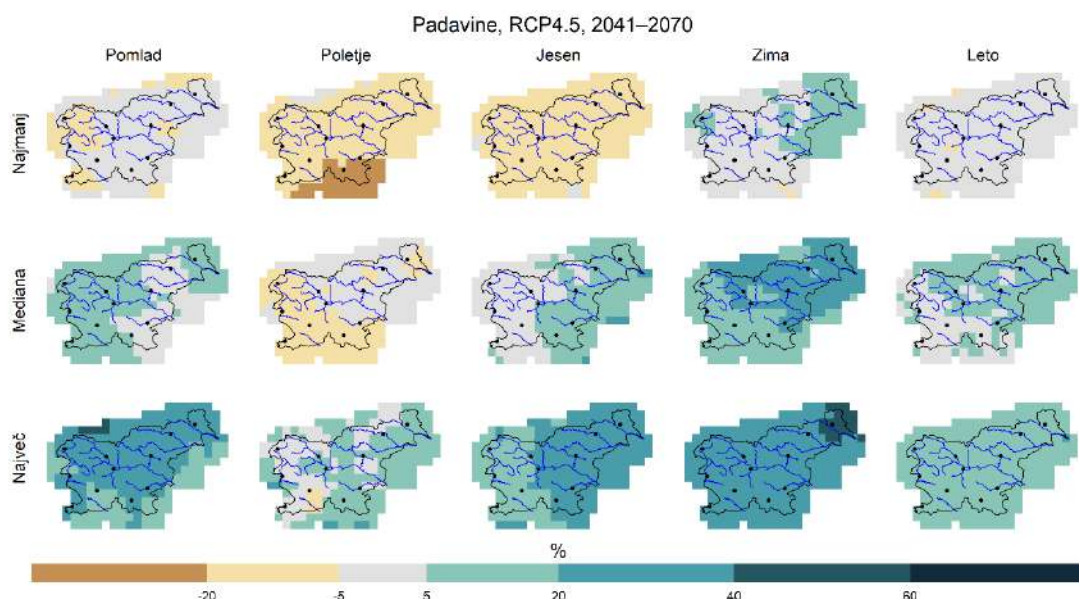
gcm	rcm
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	CLMcom-CCLM4
MPI-M-MPI-ESM-LR	CLMcom-CCLM4
ICHEC-EC-EARTH	DMI-HIRHAM5
IPSL-IPSL-CM5A-MR	IPSL-INERIS
MOHC-HadGEM2-ES	KNMI-RACMO22E
MPI-M-MPI-ESM-LR	SMHI-RCA4

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 (ang. *Fifth Assessment Report*, AR5) IPCC (Medvladni odbor za podnebne spremembe) (Kirtman, 2013) je znanstvena skupnost določila nabor štirih novih scenarijev, ki se imenujejo značilni poteki vsebnosti (ang. Representative Concentration Pathways – RCP) (van Vuuren, 2011). 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.

Vsi podatki so pripravljeni 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 s sredino obdobja okoli leta 2055. Ekstremne vrednosti pa so ocenjene za obdobje okrog leta 2050.

Padavinske razmere

Za padavine podnebni scenariji kažejo veliko negotovost, se pa signali z odmikom 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 1).



Slika 1. 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

Modelski rezultati regionalni podnebnih modelov projekta EURO–CORDEX, katere smo uporabili znotraj projekta OPS21, nam zaradi časovnega 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) (Wikipedija: 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).

Nalivi na območju naselja Žetale

Posledice ogrevanja ozračja na intenzivnost padavin z različno dolžino trajanja je tema, ki še vedno ni popolnoma rešena. Sprememba ekstremnih enodnevnih višin padavin in nalivev 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 nalivev. Analiza odvisnosti dnevnih in urnih ekstremnih padavin od dnevne povprečne temperature (kot posredne spremenljivke, ki označuje temperaturo zračne mase) na podlagi meritve 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 enournne ekstremne nalive, ko povprečna dnevna temperatura zraka preseže 12 °C. Na podlagi rezultatov regionalnega podnebnega modela velja to tudi za večji del Evrope. Za severni del Slovenije simulacije kažejo na 5–10 % povečanje nalivev pri temperaturnem dvigu za 1 °C (Lenderink in van Meijgaard, 2008).

Poznejše študije so pokazale 14-odstotno stopnjo naraščanja enournnih 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, 2011).

Analize odvisnosti 15-minutnih nalivev s povratno dobo 50 let od povprečne dnevne temperature zraka so za naše postaje z dolгими 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.

Stopnja naraščanja povprečne temperature zraka iz modelskih rezultatov izbranih regionalnih podnebnih modelov na območju naselja Žetale znaša okrog **0,20 °C/desetletje**, s 95-odstotnim intervalom zaupanja med 0,13 in 0,32 °C/desetletje. Od tod lahko pričakujemo naraščanje v ekstremnih padavinah od **0,91 %/desetletje** (po stopnji 7 %/°C) oz. **4,48 %/desetletje** (po stopnji 14 %/°C) oz. za **4,55 %** in **22,40 %** v prihodnjih 50 letih. Ocene



sedanjih in prihodnjih vrednosti največje višine 5, 10 in 15-minutnih nalivov s povratno dobo 100 let prikazuje preglednica 2. Vrednost s povratno dobo 100 let označuje tisto intenziteto padavin, ki je v povprečju dosežena ali presežena enkrat na 100 let.

Preglednica 2. Ocene za ekstremne 5-, 10- in 15-minutne nalive (v mm) s povratno dobo 100 let na območju naselja Žetale. 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.

Območje	Dolžina naliva (minute)	Obdobje	Povratni nivo (mm)
Žetale	5	danes	19
		2050	20–23
	10	danes	32
		2050	33–39
	15	danes	39
		2050	41–48

Viri

- Bertalaníč, R., et al, 2018, Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja, Sintezno poročilo – prvi del. ISBN 978-961-6024-80-8 (zv. 1).
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O., Bouwer, L., . . . Gobiet, A. (2014). EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Challenges*, 14 (2), 563-578.
- Kirtman, B., Power, S. B., Adedoyin, J. A., Boer, G. J., Bojariu, R., Camilloni, I., . . . Wang, H. J. (2013). Nearterm Climate Change: Projections and Predictability. V T. F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, . . . (ur.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge in New York: Cambridge University Press.
- van Vuuren, D., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., . . . Rose, S. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*, 109, 5-31
- Wikipedija: Clausius–Clapeyronova enačba. Pridobljeno 15. septembra 2023 s spletnne strani: https://sl.wikipedia.org/wiki/Clausius-Clapeyronova_ena%C4%8Db
- 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.
- 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.

Pripravljen: Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo

Datum: 30. januar 2024



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE, PODNEBJE IN ENERGIJO
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE