

GRADNJA DRUGEGA TIRA: GEOLOŠKI IZZIVI IN PRIPRAVE NA IZVEDBO LEVEGA VZPOREDNEGA TIRA

4. strokovna konferenca 2TDK

Gradnja drugega tira: geološki izzivi in priprave na izvedbo levega vzporednega tira

Zbornik strokovnih predavanj

Ankaran, 17. september 2025

Založnik: 2TDK, Družba za razvoj projekta, d.o.o., Železna cesta 18, 1000 Ljubljana

Urednica: mag. Mateja Erčulj

Recenzent: mag. Drago Dvanajščak

Lektoriranje: Nives Mahne Čehovin

Grafično oblikovanje in prelom: Modriš Anton Hozjan, s. p.

Spletna lokacija publikacije:

https://drugitir.si/files/strokovna_literatura/ezbornik_4konferenca-2tdk_koncno.pdf

Publikacija je brezplačna

Oktober 2025

Kazalo

GRADNJA DRUGEGA TIRA: GEOLOŠKI IZZIVI IN PRIPRAVE NA IZVEDBO LEVEGA VZPOREDNEGA TIRA

Mag. Alenka Bratušek, ministrica za infrastrukturo	4
Matej Oset, generalni direktor 2TDK	6
Marko Brezigar, direktor 2TDK	7

O strokovnem zborniku	8
------------------------------	---

PRISPEVKI S STROKOVNE KONFERENCE

Dr. Tilen Urbančič	
Geodetski monitoring v dolini Glinščice	11

Dr. Janko Logar, doc. dr. Jasna Smolar, dr. Vladimir Vukadin, dr. Vojskan Jovičič	
Rešitve na območju plazenja v dolini Glinščice	24

Laura Vovčko, dr. Borut Petkovšek, dr. Ana Mladenović, dr. Primož Oprčkal, dr. Aljoša Šajna, Smiljan Tomljanović, mag. Andrej Kranjc, Tom Kunaver, Cvetko Vangoš	
Zunanja kontrola kakovosti na projektu Drugi tir	40

Peter Jemec, dr. Tina Živec	
Premoščanje kraških pojavov v predorih	52

Alenka Dervarič	
Predstavitev projekta Vzoredni levi tir	61

Mag. Nina Kolenc	
Finančni vidiki projekta Vzoredni levi tir	83

FOTOUTRINKI IZ KONFERENCE	92
----------------------------------	----



Mag. Alenka Bratušek

ministrica za infrastrukturo

Spoštovani bralke in bralci,

vesela sem, da je pred vami že četrti strokovni zbornik družbe 2TDK, ki je nastal na podlagi prispevkov s 4. strokovne konference z naslovom »Geološki izzivi in priprave na izvedbo levega vzporednega tira«.

Z drugim tirom ne gradimo zgolj proge, temveč utrjujemo povezave, ki bodo Slovenijo še tesneje povezale z evropskimi gospodarskimi tokovi.

Veseli me, da je bila prav z našim prizadevanjem Slovenija tudi v okviru EU znova prepoznana kot zanesljiv partner. Evropska unija je namreč projektu Drugi tir dodatno namenila kar 156 milijonov evrov nepovratnih sredstev, to je preko slovenske ovojnice, kar pomeni, da je s tem Slovenija za toliko tudi preseгла kvoto nepovratnih EU sredstev iz kohezijskega sklada. Omenjeno pomeni tudi, da to, kar ni uspelo porabiti drugim, bo uspelo realizirati nam. To je tudi priznanje strokovnosti 2TDK in dokaz, da znamo tudi v Sloveniji projekte pripraviti pregledno, učinkovito in v skladu z evropskimi standardi. Še več, evropske institucije projekt drugi tir pogosto navajajo kot primer dobre prakse načrtovanja, upravljanja, izvajanja projekta. Doma mnogokrat slišimo o tem projektu drugačne izjave, a iz dneva v dan sliko tega projekta vsi skupaj izboljšujemo in le čas bo potrdil, da tudi velike infrastrukturne projekte znamo dobro načrtovati in nato tudi izpeljati. Predvsem pa smo ponosni na to, da je projekt finančno še vedno v okvirih investicijskega programa, ki je bil sprejet leta 2019.

Toda pri tem, da se projekt izvaja dobro, ne smemo obstati. Kot sem že večkrat poudarila, bi bilo v idealnih okoliščinah dvotirno progo najbolje graditi že od začetka. Ker pa so bile odločitve v preteklosti drugačne, zdaj s skupnimi močmi pripravljamo vse potrebno za levi vzporedni tir, ki je ključen za dolgoročno zmogljivost in zanesljivost povezave. Projekt je že umeščen v prostor, sledijo pa aktivnosti, o katerih boste lahko več prebrali tudi v tem zborniku.



A tudi sicer, naj poudarim, da je napredek gradnje na kraškem terenu, kjer poteka večji del proge in ki je prav zaradi svojih geoloških lastnosti specifičen, že sedaj impresiven. Na to vse prepogosto pozabljamo. Do danes je bilo izkopanih 37,4 kilometra predorskih cevi, kar je več, kot smo jih v Sloveniji izkopali v tridesetih letih avtocestnega programa. Najdaljši predor Lokev, dolg 6.714 metrov, je postal najdaljši železniški predor v državi. Ko bo projekt zaključen, se bo železniška razdalja med Divačo in Koprno skrajšala s sedanjih 44 kilometrov na približno 27 kilometrov, največji naklon proge pa bo zmanjšan na 17 ‰, kar pomeni večjo varnost, nižje stroške obratovanja in večjo učinkovitost.

Projekt Drugi tir pomeni izjemno pomemben korak v smeri razogljičenja prometa. V sklopu strategije »Razogljičimo Slovenijo« spodbujamo prehod tovora s cest na železnico, uvajamo evropski sistem upravljanja železniškega prometa (ERTMS) ter skrbimo, da tudi sama infrastruktura izpolnjuje najvišje okoljske standarde. Na ta način zmanjšujemo emisije, varujemo okolje in ustvarjamo pogoje za trajnostno mobilnost, ki bo služila prihodnjim generacijam.

Naj poudarim še nekaj, kar se mi zdi bistveno. Tega projekta ne bi bilo, če ne bi bilo najpomembnejšega: inženirk in inženirjev, delavcev, strokovnjakov ter vseh, ki s svojim znanjem in predanostjo gradijo prihodnost.

Drugi tir povezuje regije, krepi Primorsko in hkrati utrjuje strateško vlogo Luke Koper kot enega ključnih pristanišč v tem delu Evrope.

Uspešna izvedba izgradnje in dokončanja drugega tira od Divače do Kopra ni le tehnična naloga. Ekipa vseh, ki na projektu delajo, se sooča s številnimi izzivi, na katere nima vpliva. Eden teh je tudi plazenje v dolini Glinščice, o čemer boste lahko prebrali tudi v enem izmed prispevkov in, kjer so se poiskale inženirske rešitve, ki bodo omogočale varno, stabilno in zanesljivo delovanje proge.

Projekt Drugi tir presega eno generacijo in je projekt, ki pomeni odgovornost, ki jo nosimo skupaj. To je vizija železniške prihodnosti, ki bo krepila gospodarski razvoj, varovala okolje in povezovala ljudi ter regije.

Verjamem, da boste ob branju e-zbornika spoznali, da drugi tir ni le gradbeni projekt, temveč projekt, ki nas združuje v znanju, odgovornosti in viziji za povezovanje na evropski ravni.



Matej Oset

generalni direktor 2TDK

Spoštovani bralci in bralke,

Pred vami je četrti zbornik prispevkov, ki so bili predstavljeni na strokovni konferenci družbe 2TDK, ki je tudi letos združila strokovnjake, partnerje in vse, ki soustvarjamo enega najzahtevnejših infrastrukturnih projektov v Sloveniji – drugi tir železniške povezave med Divačo in Koprom.

Poslanstvo družbe 2TDK presega zgolj gradnjo nove železniške povezave. Gradimo temelj prihodnje mobilnosti, trajnostnega razvoja in povezovanja Slovenije z evropskim gospodarskim in prometnim prostorom. Vsak meter tega projekta je rezultat strokovnega znanja, sodelovanja in neomajne predanosti vseh vključenih.

V tokratnem zborniku boste našli nekatere izmed izjemno pomembnih tem, s katerimi se pri projektu dnevno soočamo na terenu. Geološki izzivi v dolini Glinščice nam dokazujejo, da imajo naravne sile svoje zakonitosti, ki zahtevajo poglobljeno razumevanje in spoštljiv pristop. Tudi zadnje vremenske ujme so nam pokazale, da je pri našem načrtovanju in delu še kako treba upoštevati okoljske omejitve. Kraški pojavi in njihovo premoščanje predstavljajo svojevrsten preplet naravne dediščine in inženirske domiselnosti, kjer vsak premik zahteva natančno načrtovanje. Prav tako ne gre spregledati pomena zunanje kontrole kakovosti, ki zagotavlja, da pri tako obsežnem in odgovornem projektu ne dopuščamo kompromisov. Kakovost ni cilj, ampak stalna zaveza.

V delu zbornika pa se boste lahko seznanili tudi s pripravami na dvotirnost, kjer bodo predstavljeni koraki družbe 2TDK na projekt levega vzporednega tira, predstavljeni pa bodo tudi finančni vidiki projekta levi vzporedni tir.

Vse teme v zborniku povezujejo vizija, strokovnost in odgovornost. Naj znanje, ki ga kopičimo na projektu, še dodatno podkrepi ta zgodovinski projekt.



Marko Brezigar
direktor 2TDK

Cenjeni bralci in bralke,

Tokratni, četrti strokovni zbornik družbe 2TDK po vrsti, osvetljuje nekatere ključne izzive, s katerimi se srečujemo pri projektu Drugi tir. Drugi tir ni le gradbeni, temveč je evropski projekt, strateško pomemben tako za Slovenijo kot za širšo regijo, saj predstavlja ključno prometno povezavo med pristaniščem Koper in zalednimi evropskimi trgi.

Prav zato ima projekt tudi močno podporo Evropske unije, ki v njem prepoznava izjemen pomen za razvoj evropskega prometnega omrežja (TEN-T). Evropska sredstva, ki jih pridobivamo, niso samoumevna. So rezultat natančnih priprav, utemeljenih analiz in odgovornega finančnega načrtovanja. Ponosni smo, da smo do danes za projekt uspešno pridobili 390 milijonov evrov nepovratnih evropskih sredstev oziroma kar 100 milijonov evrov več, kot smo pričakovali. To predstavlja izjemno priznanje naši strokovnosti in transparentnosti.

Toda evropska sredstva so le del finančne slike. Projekt sloni na kombinaciji različnih finančnih virov – poleg EU sredstev tudi na posojilih mednarodnih finančnih institucij ter na sredstvih državnega proračuna. Vse to zahteva natančno usklajevanje, finančno disciplino in dolgoročno vizijo.

Ključno pri projektu Drugi tir je, da razmišljamo dolgoročno – kako zagotoviti učinkovito, zmogljivo in trajnostno železniško povezavo, ki bo sposobna podpirati rast tovarnega prometa tudi v prihodnjih desetletjih.

Projekt Drugi tir je investicija v prihodnost. Vendar ne le v promet – tudi v znanje, povezovanje in razvoj regije. Le s sodelovanjem, strokovnostjo in jasnim finančnim načrtovanjem bomo lahko izkoristili vse priložnosti, ki nam jih ponuja evropski okvir.

Naj strokovni zbornik, v katerem so zbrani referati predavateljev s 4. strokovne konference družbe 2TDK, prinese veliko strokovnih uvidov, bogatega znanja in naj bo navdih za nadaljnje delo.

O strokovnem zborniku

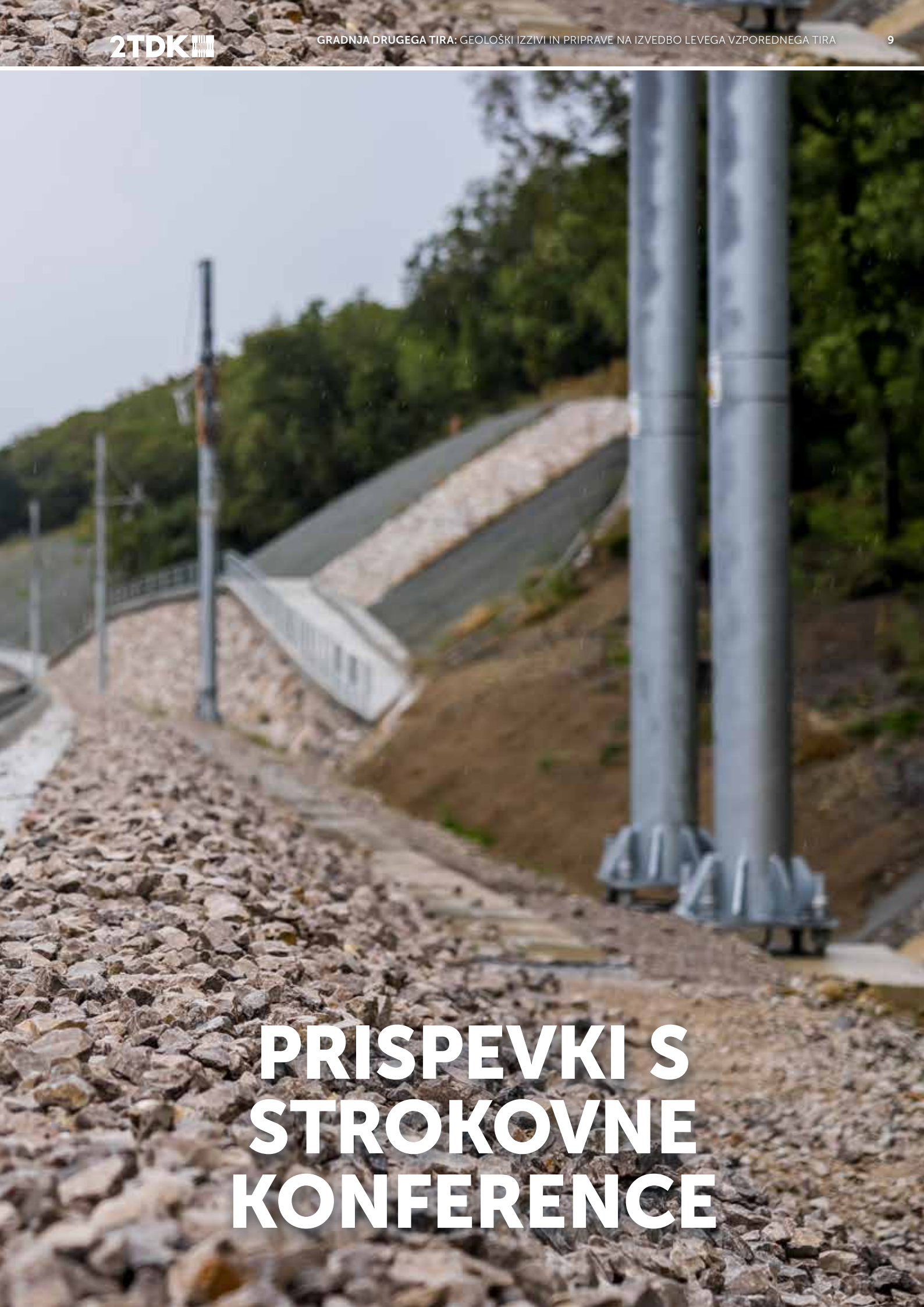
Pred vami je zbornik prispevkov s 4. strokovne konference družbe 2TDK, ki je 17. septembra 2025 potekala v Kongresnem centru Adria v Ankaranu. Na konferenci smo se posvetili nekaterim ključnim in aktualnim temam gradnje drugega tira – posebej smo izpostavili geološke izzive v dolini Glinščice, premoščanje kraških pojavov, zunanjo kontrolo kakovosti ter pripravo izvedbe levega vzporednega tira.

V tem zborniku so zbrani strokovni prispevki, ki ne le osvetljujejo napredek in izkušnje pri izvajanju projekta, ampak tudi usmerjajo pogled proti prihodnjim fazam, izzivom in priložnostim.

Naj branje tega zbornika obogati vaše strokovno razumevanje ter spodbudi nadaljnje sodelovanje in raziskovanje omenjenih tem.

Zahvaljujemo se vsem avtorjem, predavateljem, sodelavcem in partnerjem, ki so prispevali k tej publikaciji, prav tako pa vsem udeležencem konference za konstruktivne prispevke in razpravo.

Uredništvo zbornika 4. strokovne konference



PRISPEVKI S STROKOVNE KONFERENCE



Dr. Tilen Urbančič

Dr. Tilen Urbančič je univerzitetni diplomirani inženir geodezije, ki je študij na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo zaključil leta 2010. Po diplomi se je zaposlil na omenjeni fakulteti in dobro desetletje delal na Katedri za inženirsko geodezijo. Leta 2017 je ob delu doktoriral s področja ocenjevanja kakovosti oblakov točk aerolaserskega skeniranja. Od leta 2021 je zaposlen v podjetju Geotočka, d. o. o., kjer opravlja delo tehničnega direktorja in je vodja projektov. Na fakulteti pedagoško sodeluje pri predmetih s področja inženirske geodezije. Sodeloval je pri številnih strokovnih in raziskovalnih nalogah s področja precizne geodetske izmere in najrazličnejših primerih uporabe podatkov zajemov z metodo daljinskega zaznavanja. Njegovo delo v podjetju Geotočka je predvsem strokovno vodenje izvajanja del in vodenje projektov geodetske spremljave na najrazličnejših infrastrukturnih ter geotehničnih objektih.

Na projektu Drugi tir Divača–Koper je v različnih vlogah vključen vse od začetka del v okviru Sklopov 1 in 2. V času izvedbe izkopnih del v predorih je v okviru geološko-geotehnične in hidrogeološke spremljave (GGHG) sodeloval kot namestnik vodje geodetske spremljave. Pri izvedbi del Sklopa 3 vodi izvedbo geodetskih del pri postavljanju tira na togi podlagi.

Geodetski monitoring v dolini Glinščice

dr. Tilen Urbančič, univ. dipl. inž. geod.
Geotočka, d. o. o.

Povzetek

Odsek trase drugega tira prečka dolino Glinščice z več gradbeno-inženirskimi objekti. Za stalno zagotavljanje rezultatov stanja morebitnih pomikov izkopnih površin ter odziva hribine v času izkopnih del v predorih in na začasnih portalih se izvaja geološko-geotehnična in hidrogeološka spremljava. Del spremljave je bil tudi geodetski monitoring. Le-ta je v času izkopnih del kot glavni nalogi vključeval izmero pomikov površinskih merskih točk na portalu in v njegovem zaledju ter izmero pomikov merskih točk v primarni oblogi. Z napredovanjem gradbenih del in ugotovljeno potencialno plazovitostjo širšega območja portala T1 Koper se je geodetski monitoring dopolnil s spremljavo merskih točk v notranji oblogi predorskih cevi ter dodatno vgrajenimi merskimi točkami na širšem območju portala, vključno z območjem na in pod platojem pri viadukta Glinščica. Za potrebe ugotovitve morebitnih pomikov površja na širšem območju portala in spremljanje stanja pomikov v prihodnje je bil sistem monitoringa dopolnjen z izvedbo analize posnetkov radarske interferometrije ter namestitvijo InSAR umetnih sipalcev. Rezultati številnih geodetskih izmer so pomemben vir informacij strokovnjakom s področja geotehnike in projektantom, ki so se odločali o pristopih pri umiritvi oz. preprečitvi nadaljnjih pomikov portalnega območja T1 Koper.

1 Uvod

Trasa drugega tira Divača–Koper poteka po geološko in geotehnično različnih pogojih. Zaradi poznanih pogojev iz časa preiskav za potrebe projektiranja, zaradi izbrane metode gradnje predorov (Nova avstrijska metoda – NATM) in splošne prakse v predorogradnji so bile že v fazi izdelave PZI ustrezno pripravljene projektne rešitve ter predvidena geološko-geotehnična in hidrogeološka (v nadaljevanju GGHG) spremljava. GGHG spremljavo izvajamo strokovnjaki različnih področij, kjer geodeti med drugim zagotavljamo rezultate o pomikih vgrajenih merskih točk, kontroliramo geometrije izvedenih del v predorih in kontroliramo koordinatno osnovo za usmerjanje izkopnih del.

Spremljanje pomikov geodetskih merskih točk preko analiz numeričnih rezultatov omogoča ugotavljanje velikosti in dinamike pomikov skozi čas, v primeru kompleksnejše razporeditve merskih točk na objektu ali površini pa deformacije oz. spremembe celotne geometrije. V primeru izvajanja klasičnega geodetskega monitoringa s tahimetrom običajno izvajamo 3D monitoring, kjer 2D in 1D pomike zaradi fizikalnih in geometrijskih vplivov v izravnavi določamo ločeno.

V dolini Glinščice obstajajo trije merski sistemi v okviru geodetskega monitoringa, in sicer klasični terestrični monitoring, nivelmanska mreža ter mreža InSAR umetnih

sipalcev. Vsakega od sistemov tvorijo referenčne točke, ki se uporabljajo kot koordinatno izhodišče in definirajo geodetski datum, ter merske točke, katerim določamo pomike. V tem prispevku se osredotočamo na predstavitev klasičnega geodetskega monitoringa, ostale aktivnosti geodetske spremljave pa predstavljamo le z bistvenimi informacijami.

Kljub naslovu članka, ki govori o izvedbi monitoringa v dolini Glinščice, se vsebinsko osredotočamo le na geodetski monitoring na širšem območju portala T1 Koper. Rezultati meritev v času izkopnih del pri gradnji predora T2 Divača so namreč izkazali pričakovano velikost in hitrost umirjanja pomikov.

V članku predstavljamo pregled vzpostavljenе geodetske infrastrukture za izvajanje monitoringa, potek dopolnitve in vzpostavitve dodatnih merskih točk v okviru celovitega monitoringa portalnega območja T1 Koper ter glavne ugotovitve in rezultate iz številnih geodetskih izmer.

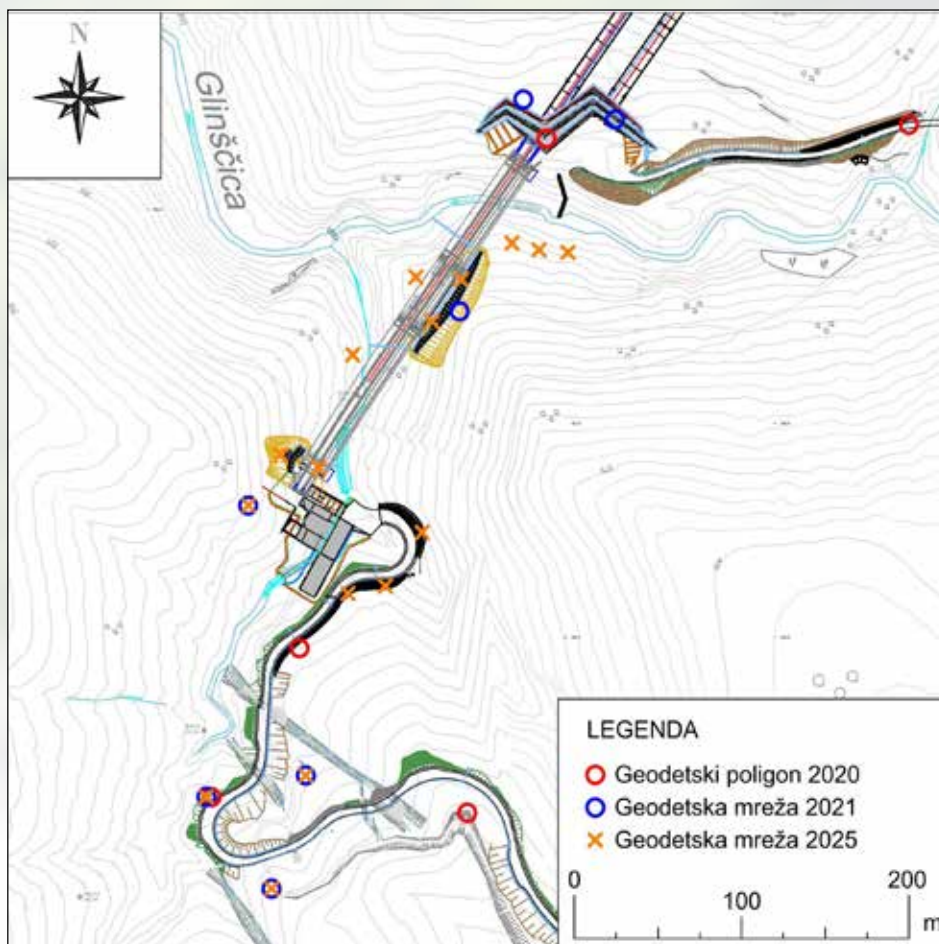
2 Geodetski monitoring

Geodetski monitoring in predstavljeni rezultati so bili izvedeni v okviru GGHG spremljave. V projektni dokumentaciji je bil z načrtom spremljave v času izkopnih del začasnega portala in predora T1 Koper geodetski monitoring podrobno definiran in predviden le na ožjem območju na zunanjem robu končne ureditve portalnega območja. Ugotovljeni pomiki v času izkopnih del so narekovali razširitev geodetskega monitoringa z vgradnjo dodatnih merskih točk. Dodatne točke so bile najprej vgrajene na bermah končnega portala ter kasneje v zaledju portala, na opornih in podpornih konstrukcijah ob dostopni cesti, v notranji oblogi obeh predorskih cevi, na brežini pod platojem in na krajnem oporniku viadukta Gabrovica ter pod njim.

Večino vgrajene merske opreme za geodetski monitoring merimo s klasično terestrično metodo izmere. Dodatno smo izvajali tudi nivelmanske izmere, izvedli terestrično lasersko skeniranje in ugotavljali morebitne pomike pred začetkom gradbenih del v dolini Glinščice s satelitskih radarskih posnetkov. V nadaljevanju podrobneje navedemo, kako so bile posamezne metode izmere oz. podatki uporabljeni za ugotavljanje pomikov.

2.1 Koordinatno izhodišče

Pred izvedbo GGHG spremljave je bil kot koordinatno izhodišče vzpostavljen t. i. operativni poligon, ki je bil v večini stabiliziran na območjih dostopnih in drugih cest ter predhodno zgrajenih objektih (Blejec, 2020). Lokacije in število vzpostavljenih točk niso omogočale izvajanja neposrednih geodetskih del za potrebe gradnje predorov, zato je izvajalec vzpostavil celovito geodetsko mrežo na vseh portalnih območjih predorov vzdolž trase kot enotno koordinatno osnovo (Sterle in dr., 2021) (slika 1).



Slika 1: Oblika geodetskih mrež v dolini Glinščice od leta 2020

Dane točke so bile v tej realizaciji stabilizirane s stebri in so omogočale precizne geodetske izmere. Obliko začetka geodetske mreže, ki je bila vzpostavljena v dolini Glinščice, vidimo na sliki 1, kjer je prikazana tudi trenutna geodetska mreža. Na izrisanem načrtu geodetske mreže ni izrisanih točk, ki so kot zavarovanje in dodatna kontrola vgrajene v notranji oblogi predorov servisnih cevi T1 Koper in T2 Divača. Oblika geodetske mreže se je večkrat spreminjala, posodobitve koordinat točk so bile opravljene več kot desetkrat. Posamezni geodetski stebri so bili namreč med gradbenimi deli nadomeščeni, stebri na območju portala T1 Koper pa so bili ves čas nestabilni. Vse to je narekovalo, da je bilo treba za izvajanje preciznih izmer vgraditi dodatne referenčne točke. Poleg uporabe geodetskih stebrov smo uporabili tudi trajno podometno stabilizacijo točk v (s strani geologov ocenjenih) stabilnih skalah in zgrajenih konstrukcijah. Stabilnost posameznih točk je bila s statistično analizo preverjena po vsaki ponovni izmeri.

2.2 Uporabljene metode izmer

Podobno kot v primeru večine geodetskih monitoringov je bila tudi v dolini Glinščici za določevanje morebitnih pomikov merskih točk uporabljena klasična terestrična metoda izmere. Gre za metodo izmere, kjer s hkratnim merjenjem horizontalnih in vertikalnih kotov ter poševnih dolžin izmerimo 3D položaj merjene točke. Boljšo natančnost koordinat točk smo zagotovili, da smo merske točke merili z vsaj dveh različnih stojišč in koordinate določili z izravnavo. Vse obdelave meritev so izvedene v skladu z dobro

geodetsko prakso za izvajanje monitoringov, torej izmera v več ponovitvah ter izračun ustreznih popravkov in redukcij (Kogoj, 2002).

Željeno kakovost izravnanih koordinat milimetrskega velikostnega razreda smo poleg nadštevilnih meritev zagotavljali z izbranim preciznim instrumentarijem. V skladu s tehničnimi specifikacijami je bil (v prvih dveh letih) pri vseh izmerah uporabljen certificiran tahimeter z deklarirano t. i. sekundno natančnostjo merjenja kotov. Po ugotovljenih večjih pomikih in trendu, ki ni kazal umirjenja, smo zaradi večjega števila dodatnih merskih točk in z namenom povečanja zanesljivosti rezultatov začeli uporabljati precizne tahimetre z deklarirano natančnostjo merjenja kotov 0,5'' (slika 2 a). Za signalizacijo točk so bile z načrtom predvidene odsevne tarče. Ker le-te ne omogočajo uporabe samodejne prepoznave in merjenja, smo glede na izkušnje iz preciznih geodetskih izmer že v začetku vse merske točke opremili z mini prizmami Goecke 46-MP. Z vzpostavitvijo celovitega razširjenega monitoringa v oktobru 2024 so bile vse prizme zaradi obrabljenosti in zmanjšanja zanesljivosti meritev zamenjane s prizmami Goecke 46-MP38 (slika 2 b).



Slika 2: Oprema in izvedba monitoringa v Glinščici: a) tahimeter v času izmere površinskih točk pod viaduktom Glinščica; b) signalizacija površinskih merskih točk; c) umetni sipalec InSAR.

Občasno je bil geodetski monitoring vgrajenih merskih točk dopolnjen z drugimi merskimi metodami. Pri izvajanju spremljave površinskih merskih točk in kontrolah podzemne geodetske mreže v predorskih cevih predora T1 smo že v oktobru 2022 ugotovili, da je stabilnost danih točk vprašljiva. Za dodatno kontrolo je bila vzpostavljena nivelmanska zanka s skupaj 21 reperji. Vgrajeni so bili v oporne zidove, v betonske konstrukcije začasnega portala, na viaduktu Glinščica in v potencialno stabilne skale. Preko nivelmanskih izmer vgrajenih reperjev smo dodatno sledili pomikom na portalnem območju T1 Koper in bolj točno identificirali stabilne točke.

Po vzpostavitvi skupine za reševanje problematike pomikov zaledja portala T1 Koper so bile izvedene dodatne analize in načrt dopolnitve obstoječega monitoringa. Poleg razširitve klasičnega monitoringa z vzpostavitvijo dodatnih merskih točk na površini in v

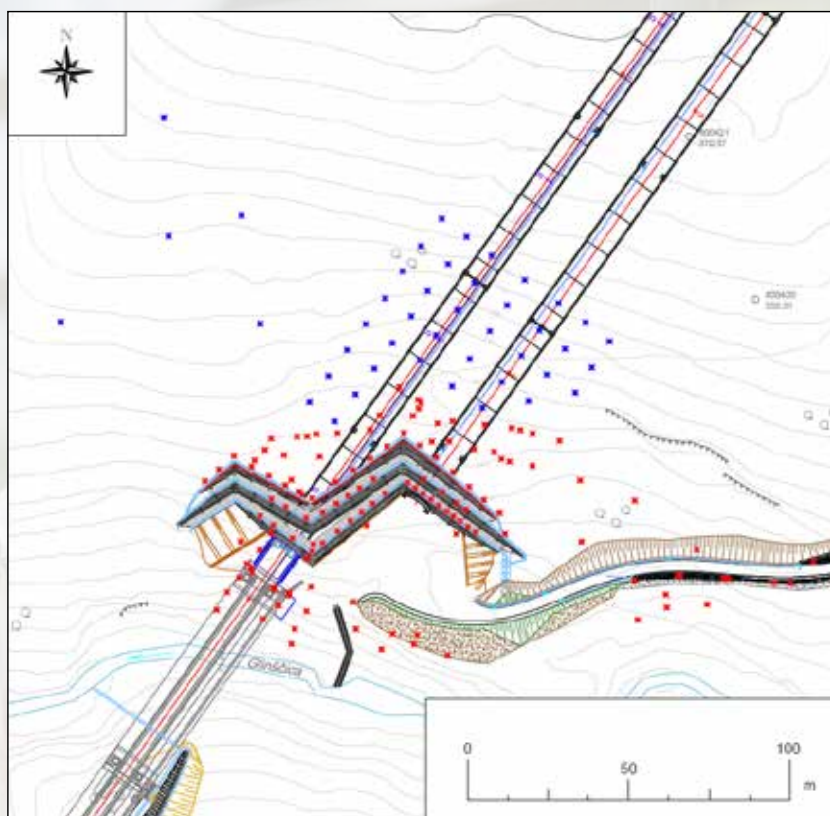
notranji oblogi obeh predorskih cevi predora T1 so bile opravljene PS InSAR (radarska interferometrija sipalcev) obdelave serije radarskih satelitskih posnetkov in geometrijska analiza deformacij iz oblakov točk terestričnega laserskega skeniranja.

Določitev pomikov iz časovne vrste radarskih satelitskih posnetkov omogoča določitev absolutnih pomikov in je izhajala iz podatkov satelitov Sentinel-1 ter ALOS-1 in ALOS-2 za obdobje skoraj 20 let. Ker je analiza na naravnih sipalcih težja in manj zanesljiva in ker je bila dinamika spreminjanja stanja na gradbišču zelo velika, je bil za dolgoročno spremljanje stabilnosti vzpostavljen sistem šestih umetnih sipalcev InSAR (slika 2 c).

Za potrditev vseh do tedaj znanih pomikov in za ugotovitev morebitnih dodatnih informacij o geometrijskih spremembah na območju portala in v okolici krajnega opornika viadukta Glinščica smo izvedli podrobno geometrijsko analizo iz oblakov točk terestričnega laserskega skeniranja. Analiza je bila izvedena za obdobje cca 2,5 leta, saj smo imeli na razpolago podatke iz junija 2022 in nov oblak točk iz januarja 2025.

Geodetska merska oprema v dolini Glinščice

Osnovni merski sistem poleg danih točk (slika 1) predstavljajo merske točke na površini, tj. točke, vgrajene v tla v zaledju portala, v portalni konstrukciji, na začasnem portalu, na območju pod platojem, na krajnem oporniku viadukta Glinščica in v opornih zidovih ter merske točke v notranji oblogi v obeh predorskih ceveh predora T1 (slika 3). V glavni cevi predora T1 Koper je vgrajenih osem tritočkovnih merskih profilov, v servisni cevi pa sedem. Z merskimi točkami so opremljeni tudi oporni in podporni zidovi ob dostopni cesti.



Slika 3: Lokacije vgrajenih merskih točk na površini – rdeče točke že vgrajene, modre v fazi vgradnje.

V monitoring je vključenih 210 merskih točk, ki jim določamo pomike, za izhodišče oz. referenčne točke je bilo (nekatero od točk so bile uničene) vzpostavljenih skupaj 50 točk, za izboljšanje geometrije izmer in kakovosti rezultatov pa še dodatnih 67 točk. Vseh merskih točk za izvedbo klasičnega geodetskega monitoringa je torej kar 329. Lokacije vgrajenih merskih točk na površini, torej brez točk v notranji oblogi in referenčnih točk, vidimo na sliki 3.

Točke so bile vgrajene v različnih časovnih obdobjih, zato je pri interpretaciji (skupnih) pomikov posameznih točk treba upoštevati tudi te informacije. Pregled poteka vgradnje merskih točk skozi čas je zbran v preglednici 1, kjer skupno število merskih točk vključuje tudi točke pri inklinometrih. Po vseh opravljenih geoloških, hidrogeoloških in geodetskih analizah ter analizah zunanjih strokovnjakov je bilo sklenjeno, da se geodetski monitoring razširi z dodatnimi 48 točkami na širšem zaledju portala. Celoten merski sistem bo torej po vzpostavitvi teh dodatnih točk, ki so ravno v fazi vgradnje, obsegal skoraj 400 geodetskih točk.

Preglednica 1: Potek vgradnje merskih točk na širšem območju portala T1 Koper

Čas vgradnje točk	Št. merskih točk	Območje vgradnje merskih točk in faza del
Januar in februar 2022	23	Vzpostavitev prvotnega monitoringa površinskih točk
Junij in julij 2022	32	Vgradnja dodatnih merskih točk na bermah končnega portala
Oktober 2022	10	Vgradnja dodatnih merskih točk na brizgan beton začasnega portala
Marec–maj 2023	31	Vgradnja dodatnih merskih točk na terenu v zaledju portala
Marec 2023 in februar 2025	38	Vgradnja merskih točk na opornih in podpornih zidovih
Marec 2023	8	Vgradnja kontrolnih točk med portaloma T1 Koper in T2 Divača za preverjanje stabilnosti danih točk na portalu T1 Koper
April in maj 2023	20	Referenčne točke za spremljanje pomikov opornih in podpornih zidov
November 2024 – avgust 2025	31	Vgradnja dodatnih točk na krajnem oporniku viadukta Gabrovica in pod platojem portala T1 Koper
November 2024	6	Zavarovanje geodetske mreže v notranji oblogi T2 Divača servisna cev
April 2024, marec 2025 in julij 2025	45	Merske točke v notranji betonski oblogi T1 Koper (24 glavna cev in 21 servisna)
April 2024 – julij 2025	24	Referenčne točke za izvajanje spremljave merskih točk v notranji oblogi (14 glavna cev in 10 servisna cev)
Celotno obdobje projekta	61	Točke, vgrajene v različne objekte na portalu in viaduktu za izboljšanje geometrije geodetske mreže in natančnosti koordinat

Za izvajanje kontrolnih nivelmanskih izmer so vgrajeni reperji običajne sodčkaste oblike iz nerjavečega jekla. Za kombinirano uporabo s tahimetrično izmero, torej možnost izmere vgrajenega reperja tudi ob signalizaciji s prizmo, je 8 reperjev vgrajenih z bočnim notranjim M8 navojem, ki omogoča namestitev standardnega adapterja za prizme. Celotno nivelmansko mrežo tvori 13 reperjev, od katerih sta dva izhodiščna, ostali pa kontrolni.

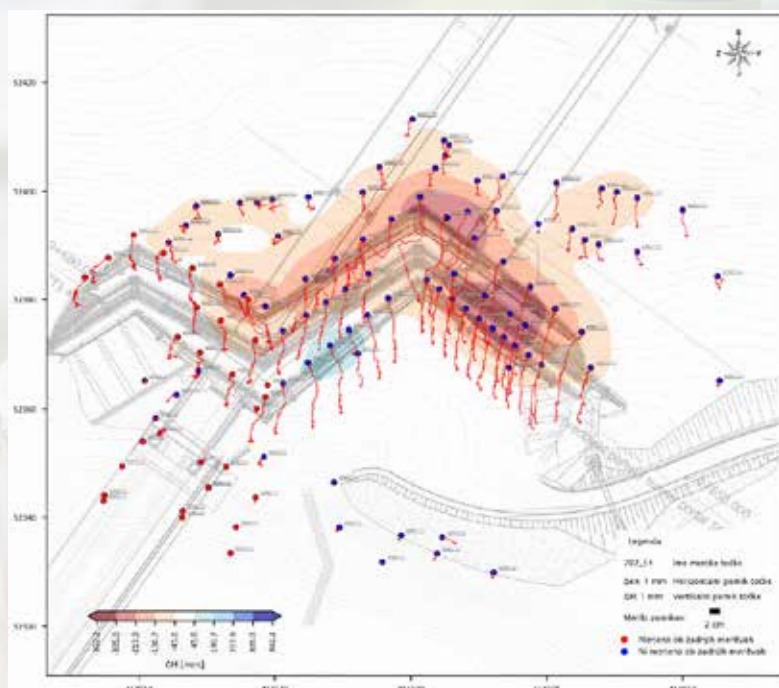
Povsem na novo in za potrebe dolgoročnega stalnega spremljanja pomikov v dolini Glinščice so poleg našteje merske opreme geodetskega monitoringa nameščeni tudi umetni sipalci. Glede na geometrijo portala in znanih informacij o plazanju na portalnem območju so bili štirje sipalci nameščeni na bermah portala T1 Koper, eden na konzolo krajnega opornika viadukta Glinščica in eden kot referenčna točka ob dostopni cesti pri vasi Beka.

3 Rezultati in ugotovitve geodetskega monitoringa

Baza rezultatov izmer geodetskega monitoringa je v vseh letih spremljave postala zelo velika in z ustrezno interpretacijo omogoča pridobitev številnih informacij. Večino glavnih rezultatov za razumevanje dogajanja glede pomikov točk in nadaljnje sprejemanje odločitev omogočajo najrazličnejši grafični prikazi. V nadaljevanju je izbranih nekaj primerov prikazov rezultatov geodetskega monitoringa.

3.1 Klasični geodetski monitoring

Izračunane pomike klasičnega geodetskega monitoringa obravnavamo enako kot izvajamo izravnave, torej ločeno za 2D in 1D. Najbolj splošen in informativen prikaz pomikov je izris 2D vektorjev pomikov v ravnini in izris izolinij za vertikalne oz. 1D pomike. Prikaz končnih kumulativnih pomikov merskih točk na portalu T1 Koper, v zaledju

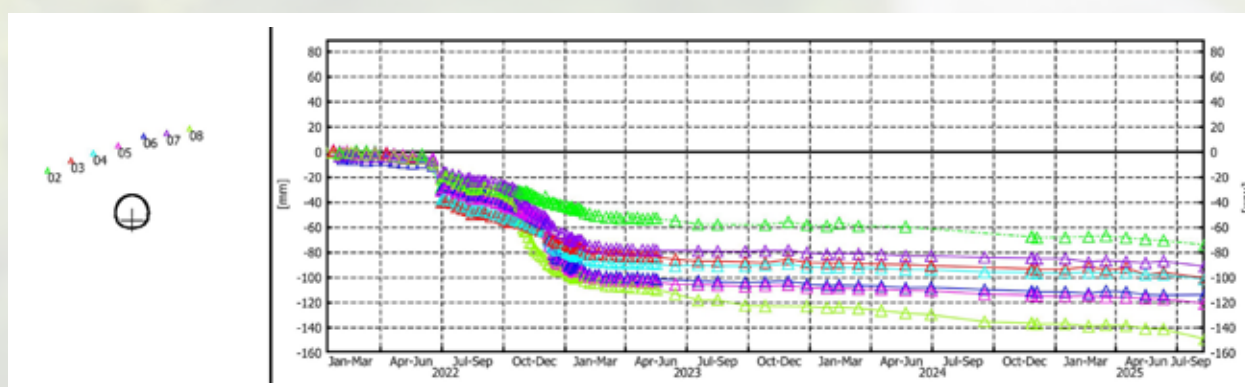


in pod platojem je na sliki 4. Prvi in zelo opazen rezultat je, da so 2D vektorji pomikov orientirani proti dolini reke Glinščice. Kot smo že omenili, je velikosti pomikov točk treba interpretirati skupaj z informacijo o času vgradnje posamezne točke.

Slika 4: Kumulativni pomiki merskih točk na površini portala T1 Koper

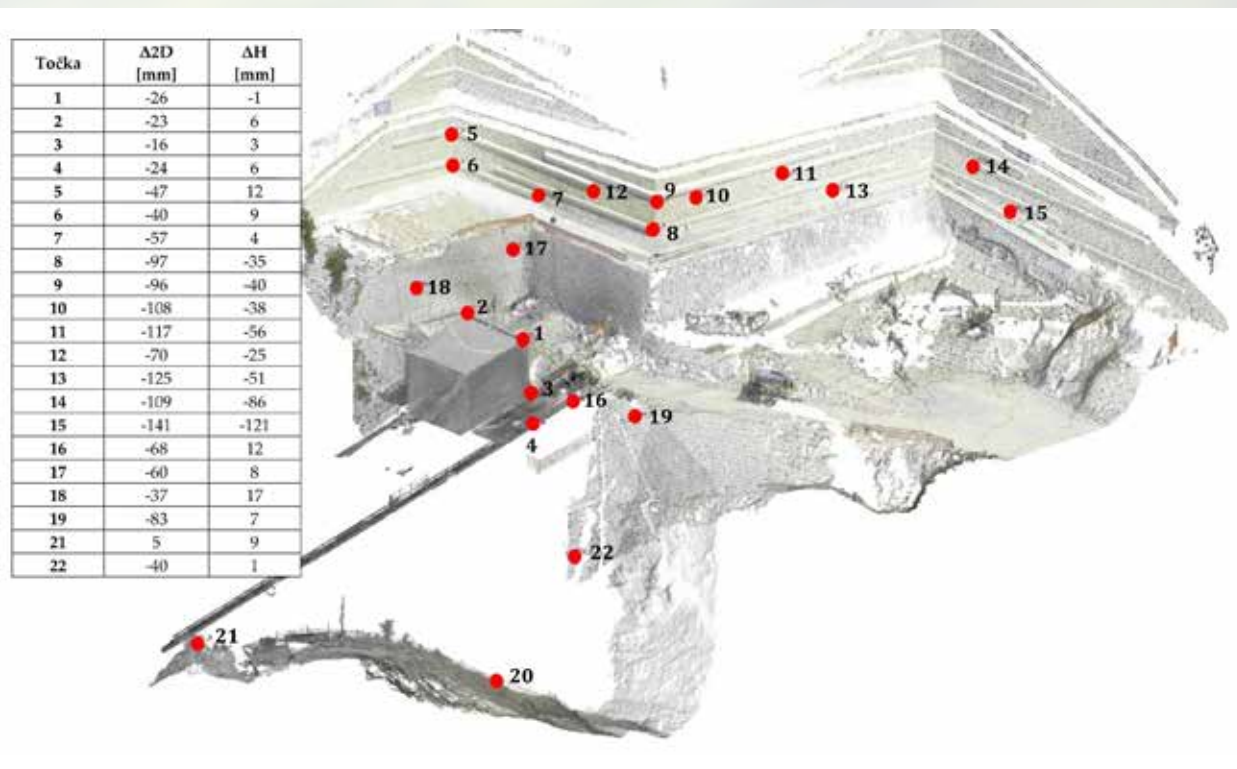
Točke, ki so bile vgrajene kot prve, so bile vgrajene v teren, tik za robom začasnega portala, in sicer v januarju oz. februarju 2022. Te točke dosegajo največje pomike – nad glavno cevjo do okoli 100 mm v 2D in 125 mm po višini, nad servisno cevjo pa do 220 mm v 2D in 150 mm po višini. Večji pomiki v 2D so v splošnem nad servisno cevjo (glede na glavno cev večji za več kot faktor 2) ter na veznem delu med glavno in servisno cevjo. Tudi v višinskem smislu so največji posedki na območju servisne cevi. Na območju spodnje berme veznega dela med obema predorskima cevema na spodnji bemi ugotavljamo celo rahlo dviganje območja (modri odtenki izolinij na sliki 4).

Trend pomikov skozi čas ni bil linearen. Razvoj vertikalnih pomikov na merskem profilu z največjimi vertikalnimi pomiki skozi čas prikazujemo na sliki 5. Največja skoka oz. spremembi v prirastih sta v obdobju približno junija 2022, ko so se izvajala najboljše izkopna dela na portalu, ter med oktobrom in decembrom 2022, ko so se začela izkopna dela v servisni cevi T1 Koper. Nujnost izvedbe ukrepov za zaustavitev plazenja jasno izkazujejo in potrjujejo poteki posedanja, saj popolnega trenda umirjanja še ni mogoče zaznati, kajti prirast je prisoten ves čas izvajanja geodetskega monitoringa. Podobno obliko grafov dobimo tudi pri interpretaciji numeričnih rezultatov 2D položajev prikazanih točk.



Slika 5: Vertikalni pomiki merskih točk nad servisno cevjo na KM 9+631.

Zelo reprezentativne rezultate, ki potrjujejo ugotovitve klasičnega geodetskega monitoringa, smo dobili tudi z analizo oblakov točk terestričnega laserskega skeniranja (slika 6). Absolutna primerjava med oblakoma točk ni bila mogoča, ker sta bila oblaka točk georeferencirana na različni koordinatni osnovi, zato so bile določene le relativne spremembe položajev izbranih detajlov na območju portala T1 Koper in v njegovi okolici. Na izseku oblaka točk v času izvajanja izkopnih del začasnega portala pri servisni predorski cevi vidimo izbrane detajlne točke na portalu, ki v večini predstavljajo vogale betonskih objektov. Razlike 2D in višin med relativnimi položaji so določeni glede na točko 20, ki jo v tem primeru obravnavamo kot stabilno. Vidimo, da so se tako 2D položaji kot višine relativno spremenile za do dobrih 120 mm.



Slika 6: Karakteristične točke za analizo spremembe geometrije iz oblakov točk terestričnega laserskega skeniranja na portalu T1 Koper

Ugotovljeni pomiki in njihova analiza so eden glavnih in osnovnih virov pri sprejemanju ukrepov pri gradbenih delih. Velike količine neomenjenih rezultatov, ki to potrjujejo, žal ni možno zbrati na teh nekaj straneh. Obdelave in izdelani prikazi meritev ostalih merskih točk izkazujejo podobne trende in se odlično dopolnjujejo z rezultati geotehničnega monitoringa, predvsem meritve inklinometrov.

4 Zaključek

Vsi gradbeni projekti, še zlasti večji infrastrukturni projekti, se izvedejo z namenom večdesetletne uporabe zgrajenih objektov. Zagotoviti je torej treba kakovostno izvedbo, da je ta cilj dosežen. Gradnja predorov je v tem pogledu lahko še bolj specifična, če poteka v geološko in geotehnično zahtevnih pogojih. Za kakovostno izvedena gradbena dela je ključnega pomena kakovosten nadzor nad izvajanjem po projektni dokumentaciji, ki vključuje tudi različne monitoringe. V primeru portala T1 Koper se je jasno pokazalo, da je vloga GGHG spremljave nepogrešljiva. Le sistematičen, metodološko pravilno zastavljen in stalen geotehnični nadzor, ki temelji na terenskih ogledih ter rezultatih geodetske, geološke in hidrogeološke spremljave, omogoča podrobno poznavanje odziva okolice in objekta pri gradnji.

Z geodetsko spremljavo smo v obdobju od februarja 2022 izvedli številne izmere. Merski profil na KM 9+631, katerega pomike merskih točk prikazujemo na sliki 5, je bil npr. izmerjen 112-krat. Ugotovljeni pomiki, njihov trend, velikost in orientacija v prostoru so pri sprejemanju ukrepov za umiritev plazenja pomemben vir informacij za iskanje končne rešitve. Predstavljeni in drugi rezultati geodetskega monitoringa v navedenem

obdobju podajajo temeljit vpogled v dogajanje pomikov na površju in v predoru. Skupni pomiki najaktivnejših merskih točk znašajo tudi več kot 200 mm v 2D in do 150 mm po višini. Trendi pomikov žal še ne kažejo popolnega umirjanja, saj še vedno zasledujemo priraste reda velikosti okoli 1 mm/mesec.

Razširitev monitoringa v novembru 2024 in vse dodatne aktivnosti, ki so bile izvedene v zadnjem letu, so zelo kakovostna osnova za geodetski monitoring v času obratovanja nove železniške proge. Poznavanje dogajanja na obravnavanem območju ne bo takrat nič manj pomembno. S tem namenom je bilo na portalu T1 Koper – kot prvem območju v Sloveniji – nameščenih tudi šest umetnih sipalcev InSAR, za katere načrtujemo, da bodo v prihodnje predstavljali pomemben vir informacij o stabilnosti območja. Metoda InSAR namreč ob uporabi umetnih sipalcev omogoča določitev milimetrskih pomikov s satelitskih posnetkov s frekvenco 1-krat tedensko.

5 Viri in literatura

Blejec, J. 2020. Zagotovitev koordinatnega sistema in operativnega poligona pred gradnjo drugega tira železniške proge Divača–Koper. Ljubljana, Geoline.

Kogoj, D. 2002. Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljmeri. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana.

Sterle, O., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Ritklop, K., Marjetič, A., Kregar, K., Štebe, G., Ambrožič, T., Savšek, S., Kogoj, D. 2021. Tehnično poročilo izvedbe geodetske izmere portalnih mrež in izračun koordinat točk v izbranem koordinatnem sistemu 2TDK. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.





Dr. Janko Logar

Dr. Janko Logar je profesor za področje geotehnike na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Z leti pridobljena znanja in izkušnje deli ne le s študenti, ampak tudi s kolegi iz stroke v okviru gradenj večjih infrastrukturnih objektov nacionalnega pomena, kakor tudi pri zahtevnih individualnih gradnjah.

V okviru projekta 2TDK je član delovne skupine za načrtovanje ukrepov za izboljšanje varnosti območja južnega portala predora T1.





Doc. dr. Jasna Smolar

Doc. dr. Jasna Smolar je univerzitetna diplomirana inženirka gradbeništva, ki je dodiplomski in doktorski študij opravila na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Na isti fakulteti je od leta 2010 zaposlena na Katedri za geotehniko. Poleg pedagoškega dela se aktivno vključuje v raziskovalno in strokovno dejavnost. Na fakulteti vodi in koordinira izvedbo evropskih in nacionalnih projektov, sodeluje pri pripravi tehničnih specifikacij za prometno infrastrukturo ter deluje v tehničnem odboru SIST.

V okviru projekta 2TDK je članica delovne skupine za načrtovanje ukrepov za izboljšanje varnosti območja južnega portala predora T1.



Dr. Vladimir Vukadin

Dr. Vladimir Vukadin je univerzitetni diplomirani inženir geologije, ki je študij geologije zaključil leta 1997 na Naravoslovnotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani, kjer je leta 2001 magistriral in leta 2004 doktoriral. Od leta 1997 je zaposlen pri podjetju IRGO Consulting, na oddelku Inženirska geologija in geomehanika, ki ga je med leti 2012 in 2023 tudi vodil. Med leti 2012 in 2020 je bil direktor Inštituta za rudarstvo, geotehnologijo in okolje, od leta 2020 do danes pa direktor podjetja IRGO Consulting. Poleg tega je med leti 2019 in 2025 kot docent predaval inženirsko geologijo na FGG. V svoji profesionalni karieri je sodeloval oz. vodil geološko-geomehanske preiskave na številnih infrastrukturnih in drugih projektih, kot so

avtoceste, železnice, hidroelektrarne, črpalne elektrarne, deponije, odlagališča, zadrževalniki, predori itd., tako v Sloveniji kot v tujini.

Že od leta 2009 je sodeloval pri različnih fazah raziskav na projektu 2TDK, trenutno pa je vodja Geološko geotehnične in hidrogeološke (GGHG) spremljave del na projektu ter član delovne skupine za reševanje problematike pomikov na portalu predora T1.



Dr. Vojkan Jovičić

Dr. Vojkan Jovičić je univerzitetni diplomirani inženir gradbeništva, ki je diplomiral na Univerzi v Beogradu, doktoriral pa leta 1997 na City University v Londonu. Še štiri leta po doktoratu je delal kot projektant pri podjetju Ove Arup and Partners v Londonu, od leta 2001 pa je vodja projektov in kasneje tudi direktor inštituta IRGO. Težišče njegovega dela je projektiranje predorov v zahtevnih geotehničnih pogojih, za kar je leta 2023 prejel tudi prestižno nagrado IZS za inženirsko odličnost. Od leta 2005 je tudi profesor na Univerzi v Ljubljani, kjer študentom geologije, geotehnologije in gradbeništva predava vsebine iz mehanike tal, mehanike kamnin in podzemnih gradenj.

Na projektu 2TDK je projektant predorov T1 in T8 ter član delovne skupine za reševanje problematike pomikov na portalu predora T1.

Rešitve na območju plazenja v dolini Glinščice

prof. dr. Janko Logar, univ. dipl. inž. grad.

doc. dr. Jasna Smolar, univ. dipl. inž. grad.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

dr. Vladimir Vukadin, univ. dipl. inž. geol.

izr. prof. dr. Vojskan Jovičić, univ. dipl. inž. grad.

IRGO Consulting, Ljubljana

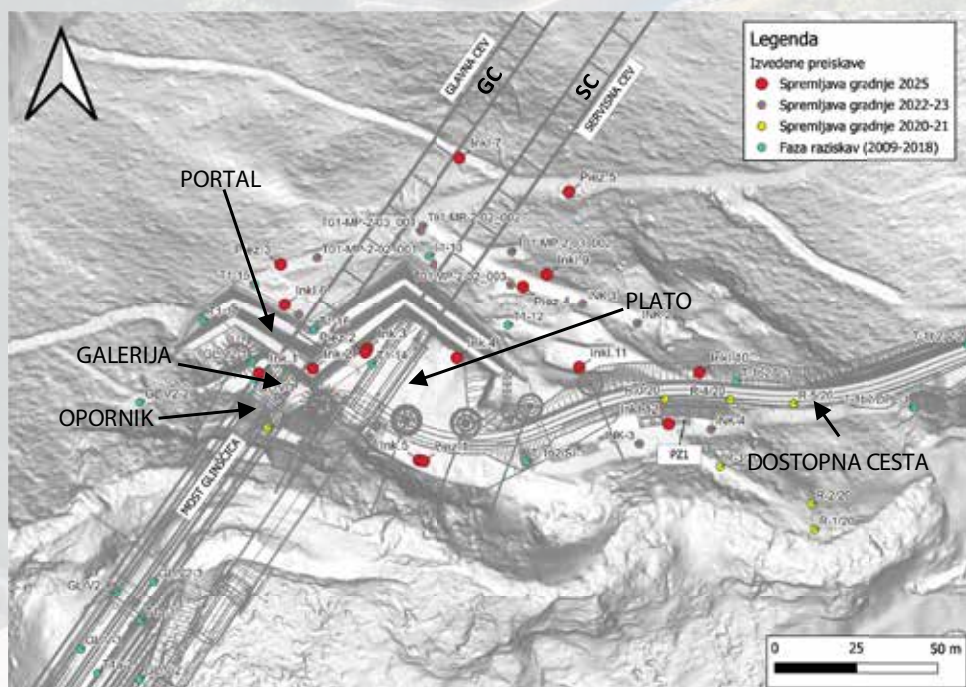
Povzetek

Jeseni leta 2024 so na krajnem oporniku viadukta Glinščica na platoju južnega portala predora T1 opazili, da je dilatacija zaprta. Premik na mestu krajnega opornika viadukta je bil ocenjen na cca 6 cm, opažanje pa je sprožilo vrsto aktivnosti za razjasnitev dogajanja na tem območju. Zahvaljujoč dovolj dobremu monitoringu, preiskavam tal, izvedenim v fazi projektiranja, javno dostopnim prostorskim podatkom in hitremu odzivu vseh sodelujočih, je bilo mogoče kmalu ugotoviti, da južni portal predora T1 leži v labilni flišni kamninski masi, ki je posledica večjega plazu v geološki preteklosti. Obsežne aktivnosti za gradnjo dostopne poti, predvokop za dostop do predora in izkop za podpore viadukta Glinščica so povzročile dodatne premike in ponovno aktivirale prej predvidoma mirujoč plaz. Investitor je za potrebe načrtovanja ukrepov imenoval delovno skupino, ki je z analizo vseh razpoložljivih podatkov in numeričnimi simulacijami prišla do sklepa, da je glede na obseg zelo počasi premikajoče se flišne mase (cca 1 mm/mesec), strm teren in omejen delovni prostor za zagotovitev trajne varnosti segmenta nove železniške proge med predorom T1 in viaduktom Glinščica treba kot poglobitveni ukrep izvesti 6 globokih vodnjakov premera cca 7 m, ki bodo vpeti v tla pod dno struge Glinščice.

1 Uvod

Gradnja drugega tira od Divače do Kopra je z geotehničnega vidika kompleksen in zahteven projekt. Trasa z dvema dolgima predoroma prečka kraško območje, kjer so bili napovedani številni kraški pojavi, vključno z možnostjo večjih kraških jam. V nadaljevanju proga poteka po flišnem območju Slovenskega primorja, kjer so pobočja pogosto problematična z vidika stabilnosti. Zadnji del trase pa je zgrajen na mehkih tleh, ki jih tvorijo rečni in morski sedimenti. Ko se gradnja približuje zaključku, lahko ugotovimo, da ni bilo večjih presenečenj ali odstopanj geotehničnih pogojev od prognoze, izdelane na podlagi predhodnega poznavanja pogojev tal in izvedenih namenskih preiskav tal za gradnjo drugega tira Divača–Koper. Izjema je le območje južnega portala predora T1.

Ta portal je v dolini, bolje rečeno soteski reke Glinščice, na strmem pobočju in preide skorajda neposredno na viadukt Glinščica. Med njima bo kot povezovalni element izdelana 10,8 m dolga »galerija«. Gradbiščni plato je zaradi razmer na terenu in vseh načrtovanih gradbenih posegov izjemno omejen. Zato je bil po izgradnji dostopne ceste najprej zgrajen viadukt Glinščica, ki je v nadaljnjih fazah omogočal dodatno transportno povezavo pri gradnji predorov T1 in T2. Situacijo obravnavanega območja s ključnimi konstrukcijami prikazuje slika 1. Za razumevanje sprejetih in načrtovanih rešitev pa je treba upoštevati tudi enega ključnih robnih pogojev – dolino Glinščice, ki je zavaro- vana kot naravni rezervat. Ta status je bistveno vplival na zasnovo gradbenih posegov, saj je bilo treba poiskati tehnične rešitve, ki so hkrati varne in učinkovite ter minimalno vplivajo na varovano naravno okolje.



Slika 1: Situacija objektov v območju južnega portala predora T1 z lokacijami raziskovalnih vrtin (vir: IRGO)

Med gradnjo objektov, prikazanih na sliki 1, se je pokazala potreba po prilagajanju projekta sprotnim spoznanjem o geotehničnih pogojih. Pri gradnji dostopne ceste je bilo ugotovljeno območje kaotično postavljenih blokov peščenjaka v matrici glinastega grušča (slika 2 levo). Zaradi bojazni glede stabilnosti in prevoznosti edine dostopne poti do gradbišča je bila na tem mestu namesto prvotno predvidene kamnite zložbe izvedena podporna konstrukcija PZ-1 z dvema različnima zasnovama: na vzhodnem delu, kjer je debelina do podlage znašala le cca 2 m, je izvedena sidrana greda na »kozah« iz mikropilotov, na zahodnem delu, kjer se debelina potencialno nestabilnega sloja poveča na cca 8 m, pa je PZ-1 izdelana kot sidrana branasta konstrukcija.

Izkopi na portalu predora so potekali brez težav, vpadi flišnih plasti so bili pretežno ugodni (v brežino), čeprav mestoma z izrazitimi gubami (slika 2 desno).

Pri izkopu za krajni opornik viadukta, ki je bil v osnovnem načrtu predviden kot plitvo temeljen v kompaktni flišni kamnini, se je v temeljni ploskvi pojavila odprtina – razpoka oziroma manjša kaverna. Zato je bil tloris krajnega opornika dodatno preiskan z

vrtnami, temelj pa podprt s piloti dolžine 9 m (proti predoru) oziroma 15 m (proti strugi Glinščice).

Pri gradnji brežin portalnih predvkopov je prehiter oziroma preobsežen izkop v območju servisne cevi sprožil povečane premike, zato je bilo treba čelno steno ob servisni cevi izdatno dodatno podpreti s prednapetimi geotehničnimi sidri.

Zaradi logistike pri izkopu in izgradnji predorskih cevi je bil v osnovnem načrtu predviden dodatni bočni vhod v glavno cev tudi s platoja pred servisno cevjo. Ta vhod zaradi slabe kakovosti hribinske mase ni bil izveden.

Pri izkopu predorskih cevi so bili v flišni kamnini mestoma ugotovljeni prazni prostori, poročila govorijo o izgubah injekcijske mase, popisi čel pa kažejo značilno enakomerno plastovito strukturo kompaktne flišne kamnine šele po cca 80 m izkopane glavne predorske cevi. V januarju 2023 je IRGO Consulting kot projektant predora izdelal mnenje, da gre na območju južnega portala predora T1 potencialno za pojav globokega plazenja, in predvidel dodatne globlje vrtnice z vgrajenimi inklinometričnimi cevmi. Prav podatki, pridobljeni s temi preiskavami in meritvami, so bili ključni za interpretacijo dogajanja v začetku leta 2025 in za načrtovanje ukrepov, ki jih v nadaljevanju opisuje ta prispevek.

Na podlagi sedanjega poznavanja razmer na obravnavani lokaciji ugotavljamo, da so bila vsakokratna nova spoznanja o geotehničnih pogojih, pridobljena med gradnjo, obravnavana kot lokalni podatki za prilagajanje projektnih rešitev za posamezen objekt (dostopna cesta, PZ-1, krajni opornik ...), v resnici pa so predstavljala kazalnik neugodnih geotehničnih pogojev na celotnem območju portala T1. Šele nesporna ugotovitev novembra 2024, da je celoten gradbeni poseg na južnem portalu predora T1 v obdobju od januarja 2022 do novembra 2024 povzročil premik krajnega opornika viadukta za približno 6 cm, je ne le potrdila sum, da gre za pojav globokega plazenja, ampak tudi privedla do spoznanja, da se počasno plazenje odvija še do precej večjih globin, kot je bilo sprva ocenjeno.

V preglednici 1 je prikazano zaporedje gradbenih del v prostoru južnega portala predora T1.

Preglednica 1: Ključna gradbena dela na območju južnega portala predora T1

Obdobje	Aktivnost
2019–2020	Gradnja dostopne ceste T1b2
Marec 2020	Izdelan PZI za spremenjeno podporno konstrukcijo PZ-1
Junij 2020 – januar 2021	Izvedba PZ-1
September 2020 – januar 2021	Izkop za portal GC in krajni opornik viadukta Glinščica
November 2020 – november 2022	Gradnja viadukta Glinščica
Januar–december 2022	Izvedba portalnih izkopov in varovanja brežin
29. 9. 2022	Začetek izkopa glavne cevi
3. 12. 2022	Začetek izkopa servisne cevi
Junij 2023	Izkop na obeh predorskih ceveh je zunaj vplivnega območja portala
Maj–junij 2024	Preboj glavne/servisne cevi
Julij 2025	Dokončana vsa gradbena dela v obeh predorskih ceveh

2 Preiskave tal in monitoring v prostoru južnega portala predora T1

2.1 Preiskave tal do leta 2024

Prostor južnega portala predora T1 je bil v fazi projektiranja leta 2009 preiskan s šesti-mi vrtinami na območju portala in dvema vrtinama severno od opornika (modri krogi na sliki 1), izdelani pa so bili tudi trije geofizikalni profili. V letih 2017 in 2018 je bila izvedena dodatna vrtina na območju dostopne ceste pri PZ-1 ter še ena vrtina na mestu krajnega opornika viadukta Glinščica, ki je za manj kot 1 m zgrešila kasneje ugotovljeno kaverno pod krajnim opornikom. Z napredovanjem del in postopnim odkrivanjem neugodnih podatkov o sestavi flišnih skladov na tem območju so bila kasneje izvedena še naslednja terenska raziskovalna dela:

- vrtina OP1-V1 med izkopom za krajni opornik viadukta Glinščica ter dodatnih 20 vrtin brez jedrovanja v tlorisu krajnega opornika (januar 2021),
- 4 inklinometriške vrtine INK-1 do INK-4 globine 25 m pri podporni konstrukciji PZ-1 (marec 2021),
- 6 dodatnih inklinometriških vrtin T01-MP ... globine 15 do 35 m (leta 2022 in 2023).



Slika 2: Levo: razkop na območju dostopne ceste T1b2 pri PZ1; desno: zgradba tal na portalnem območju glavne cevi

Poleg tega je bilo izvedenih več sondažnih razkopov (R-xx), predvsem v prostoru dostopne ceste s pripadajočimi konstrukcijami. Pomembni podatki so bili pridobljeni tudi s popisi vseh vkopnih brežin na portalu in vseh izkopnih čel v obeh predorskih ceveh (slika 3).



Slika 3: Levo: čelo predora znotraj plazu; sredina: »kaverna« v GC na metru 54,7; desno: čelo v GC pretežno že zunaj območja plazu

2.2 Monitoring do leta 2024

Geotehnični monitoring je obsegal spremljanje premikov površine, meritve tlakov podzemne vode v dveh piezometrih in inklinometriške meritve. Dva 35 m globoka inklinometra sta bila nad portaloma obeh cevi vgrajena že leta 2011. Inklinometer pri glavni cevi je postal na koti platoja pred portalom neprehojen kmalu po začetku del, za drugega pa se je izkazalo, da je preplitev. Med gradnjo je bil obseg monitoringa razširjen z večjim številom geodetskih točk in z dodatnimi 10 inklinometriškimi vrtinami (glej prejšnjo točko).

O geodetskem spremljanju premikov površine in predorskih cevi na posvetovanju podrobneje poroča dr. Urbančič (GEOTOČKA, d. o. o.), zato v tem prispevku podatkov podrobno ne navajamo. Geodetske meritve premikov točk na površini so v času gradnje predvkopov in predorskih cevi izkazovale predvsem lokalne premike tal zaradi gradbenih del, zato ni bilo možno izdvojiti manjšega dela premikov, ki so se odvijali zaradi nestabilnosti celotnega portalnega območja. Danes, ko so glavna gradbena dela zaključena, pa te meritve beležijo izključno premike zaradi počasnega plazenja tal ter tako dopolnjujejo in potrjujejo smer ter hitrost premikov, ki jih zaznavamo z inklinometri.

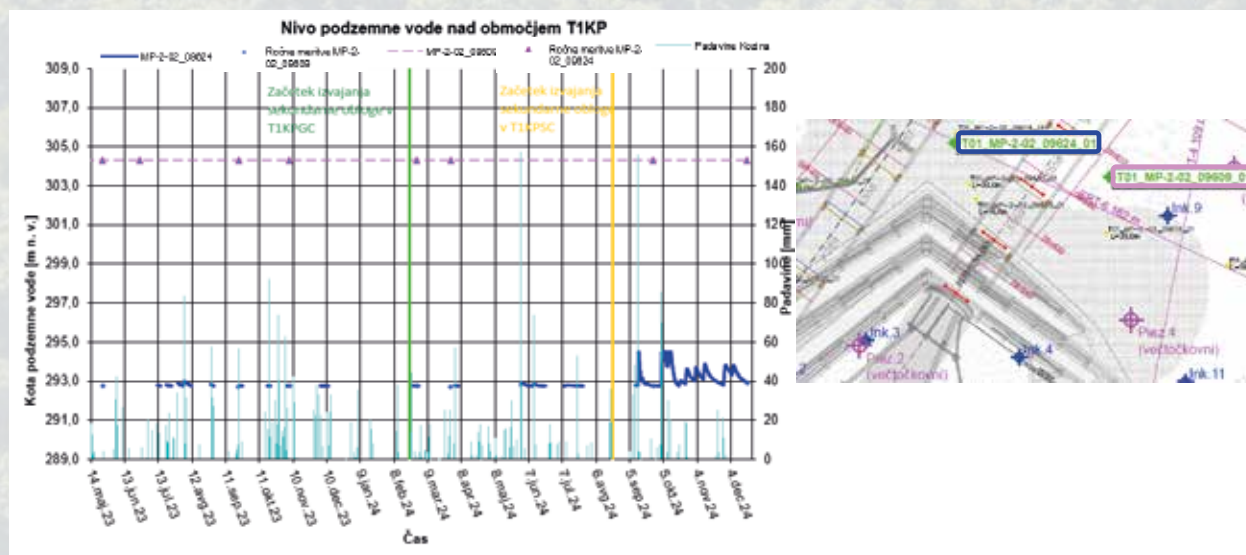
Oba piezometra, vgrajena v zaledju portalov obeh predorskih cevi, sta sprva kazala nič-ne tlake vode (slika 4 levo). Šele septembra 2024, po izgradnji notranje obloge v glavni cevi, je piezometer, lociran med GC in SC (slika 4 desno), začel kazati nivoje podzemne vode, ki približno ustrezajo višini drenažnih cevi v bokih predora (modra črta). Drugi piezometer, izveden vzhodno od SC, pa je s senzorjem na koti 304,5 m preplitev in zato ne zaznava tlakov vode (rožnata črta).

Najbolj dragocene podatke smo pridobili z inklinometriškimi meritvami, ki poleg intenzitete in smeri premikov pokažejo tudi debelino premikajočih se tal. Slika 5 prikazuje rezultate meritev v inklinometru T01_MP-2-02_09618_01, ki je bil eden redkih vgrajenih dovolj globoko in je najbolj nazorno pokazal lokacijo drsne ploskve na globini 24 m. Iz situacije na sliki 5 je razviden tudi njegov položaj vzhodno nad portalom servisne cevi.

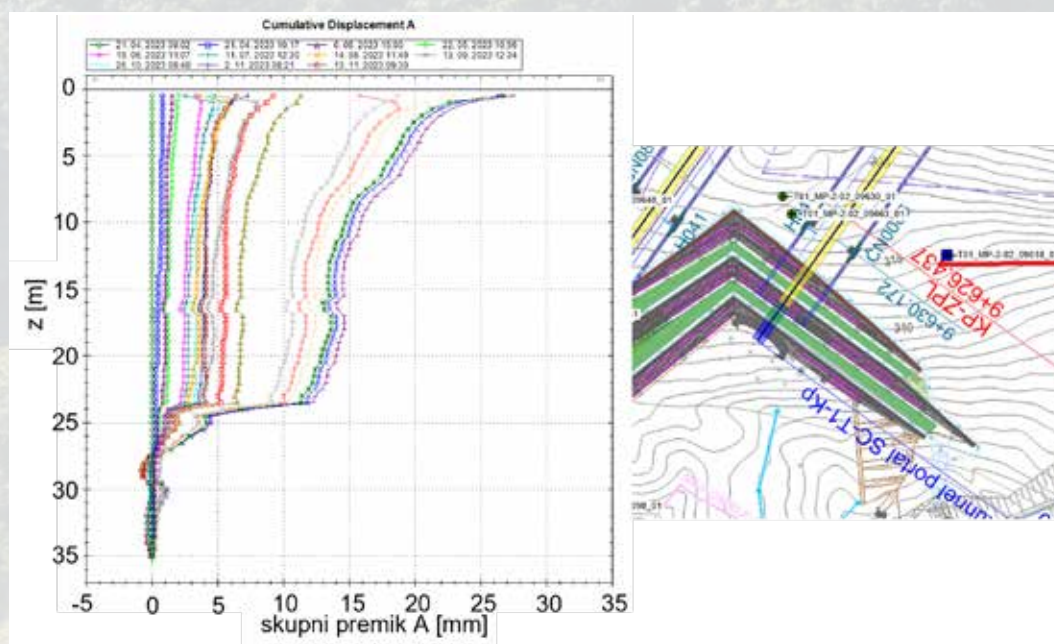
2.3 Dodatne preiskave v letu 2025

Pri analizi vseh podatkov in rezultatov tehničnega opazovanja je bilo ugotovljeno, da so številni inklinometri preplitvi in ne segajo v kompaktno, stabilno kamnino ter da na podlagi meritev nivojev podzemne vode v zgolj enem piezometru ni možno interpretirati hidrogeoloških razmer. Kljub temu pa sta dva od opazovanih inklinometrov v kombinaciji s popisom in fotografijami jedra vrtine omogočila identifikacijo drsne ploskve. Ta je bila skupaj s podrobnejšo interpretacijo geološke zgradbe (analiza popisov čel v obeh predorskih ceveh in podrobno kartiranje terena) podlaga za prvo interpretacijo drsne ploskve, ki je bila upoštevana v analizah za načrtovanje gradbeno tehničnih ukrepov za povečanje varnosti tal. Zaradi terminskih planov projekta je bilo jasno, da bo treba dodatne podporne ukrepe načrtovati zgolj na podlagi obstoječih podatkov.

Izvedba dodatnih opazovalnih vrtin namreč zahteva precej časa, pri čemer so prvi rezultati le popisi in fotografije jeder vrtin. Zanesljivi rezultati meritev premikov v inklinometrih in nivojev podzemne vode v piezometrih pa bodo zaradi zelo počasnega lezenja plazu na voljo šele več mesecev po vgradnji. V letu 2025 je bilo naročenih skupno 20 novih vrtin: 14 inklinometrov globine od 20 do 80 m in 6 piezometrov globine od 25 do 50 m. V času priprave prispevka je večina raziskovalnih vrtin že izvedena in instrumentirana, v nekaterih pa so na voljo tudi že prvi rezultati meritev. Nove vrtine segajo več metrov v kompaktno kamnino, tiste bližje strugi Glinščice tudi znatno pod dno struge.



Slika 4: Levo: merjeni nivoji podzemne vode v piezometrih MP-2-02_09609 (rožnata črta) in MP-2-02_09624 (krepka morda črta). Svetlo modre navpične črte prikazujejo padavinske dogodke na meteorološki postaji Kozina. Desno: lokacija piezometrov (vir: IRGO)

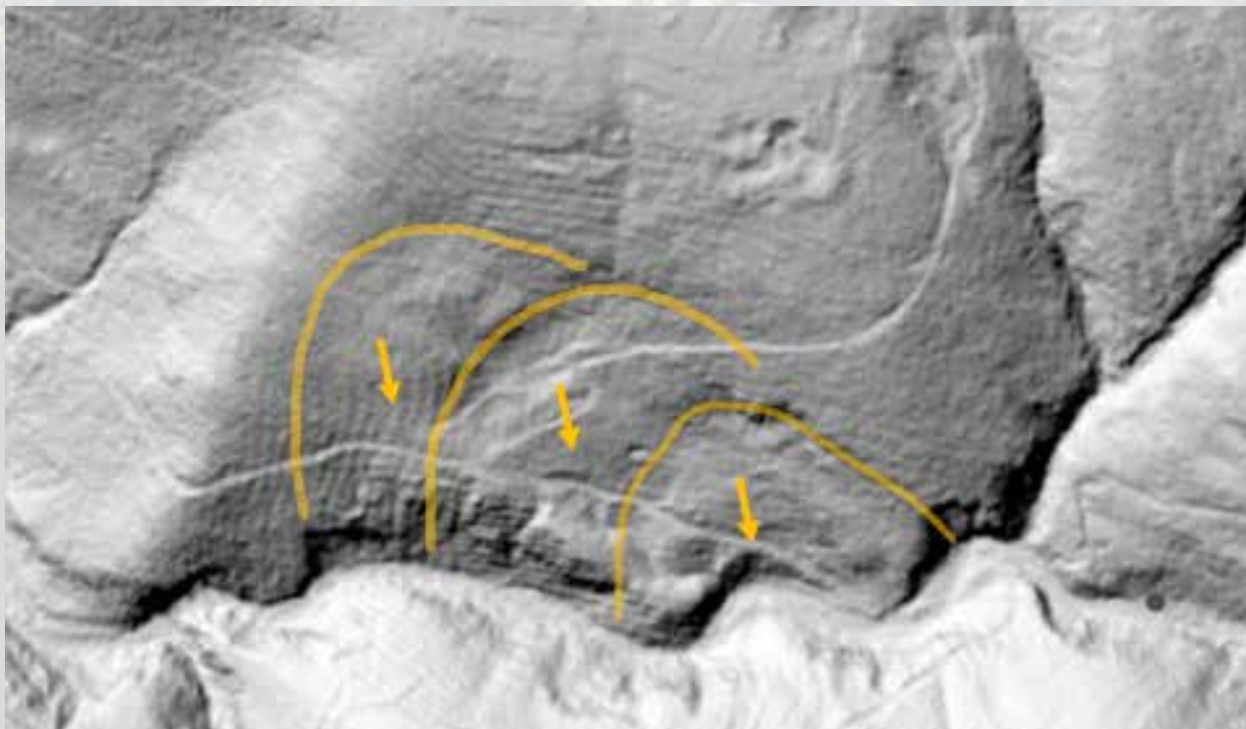


Slika 5: Merjeni premiki v inklinometru T01_MP-2-02_09618_01, desno spodaj: lokacija inklinometra (vir: IRGO)

Povečan je tudi obseg opazovanih geodetskih točk, s katerimi sta zdaj pokrita celotno področje premikov in del predvidoma stabilnega zaledja. V prvih 150 m predorske cevi poteka spremljava premikov točk, vgrajenih v notranjo oblogo. Izdelan je bil tudi kataster vseh razpok v notranji oblogi glavne cevi. Za vse evidentirane razpoke se izvaja spremljava spremembe širine. Z izjemo razpoke na stiku 5. in 6. kampade (na 60 m GC), ki se počasi širi, so spremembe širine ostalih razpok zanemarljive. V servisni cevi je bila notranja obloga izvedena šele nedavno, zato se enak sistem opazovanja šele vzpostavlja.

Za natančno spremljanje premikov s pomočjo satelitske interferometrije (InSar) skozi daljši čas med uporabo proge bo na območju doline Glinščice vgrajenih tudi 7 stalnih sipalcev.

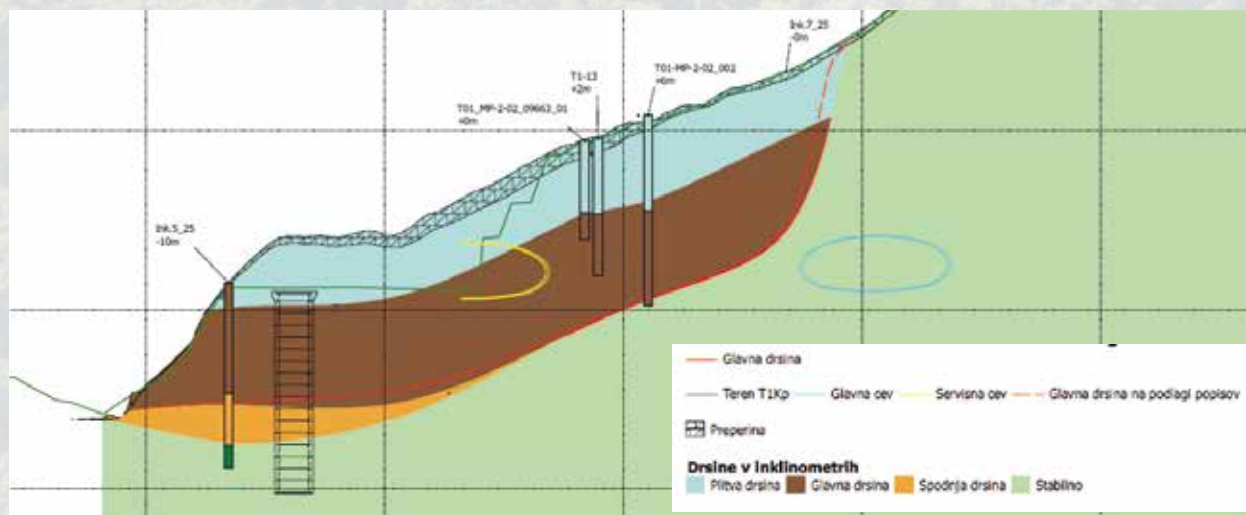
Pri interpretaciji razmer smo si pomagali tudi z lidarsko sliko reliefa, ki v času projektiranja še ni bila na voljo, danes pa nedvoumno kaže na pestro geološko preteklost (slika 6).



Slika 6: Lidarska slika območja južnega portala predora T1 s konturami odlomnih robov flišne mase v geološki preteklosti (vir: Atlas voda)

3 Interpretacija stanja

Na južnem portalu predora T1 je bilo prepoznano nestabilno območje, ki na površini v tlorisu meri približno 130 m v smeri vzdolž predora in 200 m vzdolž dostopne ceste, njegova debelina pa doseže 30 m. Celotna prostornina labilne mase je ocenjena na cca 300.000 m³. Glinščica je v flišna tla vrezala globoko strugo s strmimi brežinami, ki ponekod, neposredno ob vodotoku, marsikje kažejo znake (preteklega) plazenja. V zaledju nad južnim portalom T1 se teren v razdalji približno 180 m dvigne za več kot 100 m, nato pa preide v izravnani plato Mihele. Na njem je v sklopu projekta Drugi tir urejena deponija izkopanega materiala, ki predvidoma nima neposrednega mehanskega vpliva na obravnavano nestabilnost. Posredno pa vpliva nanjo zaradi površinske vode, ki se na platoju zbira, odteka po pobočju in pronica v odprte razpoke v tleh, evidentirane na pobočju nad portalom. Podzemna voda se na platoju pred portalom sicer generalno nahaja na koti cca 280 m (13 m pod koto platoja), ob večjih padavinskih dogodkih pa se njen nivo dvigne. Tako so novo vgrajeni piezometri med obilnim deževjem konec avgusta in v začetku septembra 2025 zabeležili porast gladine podzemne vode do kote 283 m.



Slika 7: Prečni prerez preko načrtovanega vodnjaka V2

Na obravnavanem območju je v geološki preteklosti verjetno prišlo do več zaporednih dogodkov masnih premikov. V zaledju podporne konstrukcije PZ-1 je bila pri gradnji dostopne ceste ugotovljena sestava tal, ki je lahko posledica starejšega skalnega podora in danes tvori od 8 do 10 m debel sloj površinskega dela nestabilne mase (slika 7). Glavna drsna ploskev, ki razmejuje nestabilno maso od stabilne kamninske podlage, leži bistveno globlje in sega vse do dna struge Glinščice, pri čemer prvi podatki novo vgrajenih inklinometrov v bližini struge nakazujejo premike celo nekoliko pod njenim dnem. Tlorisna razsežnost plazju je razvidna tudi z lidarskega posnetka (slika 6), ki kaže najmanj dva, morda celo tri segmente, ki so se verjetno zaporedno sprožili v geološki preteklosti. Kako daleč v zaledje segajo zelo počasni premiki, ki jih trenutno beležimo, pa bodo pokazala nadaljnja opazovanja.

Trenutne meritve kažejo, da se na portalnem območju odvijajo premiki velikosti 1 mm/mesec v smeri proti Glinščici (proti jugu), kar je bistveno manj kot v času najbolj intenzivnih gradbenih del. Ker pa so ti premiki tudi posledica predhodnih geoloških procesov, ne moremo pričakovati, da se bodo umirili brez dodatnih tehničnih ukrepov. Dejstvo, da so premiki zaznani tudi ob nizkih vodostajih in v odsotnosti seizmičnih dogodkov, odpira tudi vprašanje globalne varnosti portalnega območja v trenutnem stanju.

4 Ukrepi za zagotavljanje varnosti portalnega območja

Omejen prostor, gradbiščne aktivnosti v sklopu izgradnje nove proge ter časovne omejitve za zagotavljanje varnega in trajnega delovanja nove proge med Divačo in Koproj so poleg zahtevne morfologije terena predstavljali glavni izziv pri iskanju ustreznih tehničnih ukrepov za umiritev premikov območja južnega portala predora T1. Zaradi zahtev varovanja narave ukrepi med gradbišnim platojem in strugo Glinščice niso bili dopustni, zato je edini primeren prostor za dodatne ukrepe predstavljalo portalno območje. Ker galerija med predorom in viaduktom še ni bila izvedena, so bila prva razmišljanja usmerjena v njeno »temeljenje« bodisi na vodnjaku bodisi na skupini pilotov. Kot možnost je bilo na idejnem nivoju obravnavano tudi injektiranje »kavern« v tleh, s katerim bi zmanjšali deformacije, povezane z njihovim počasnim zapiranjem. V

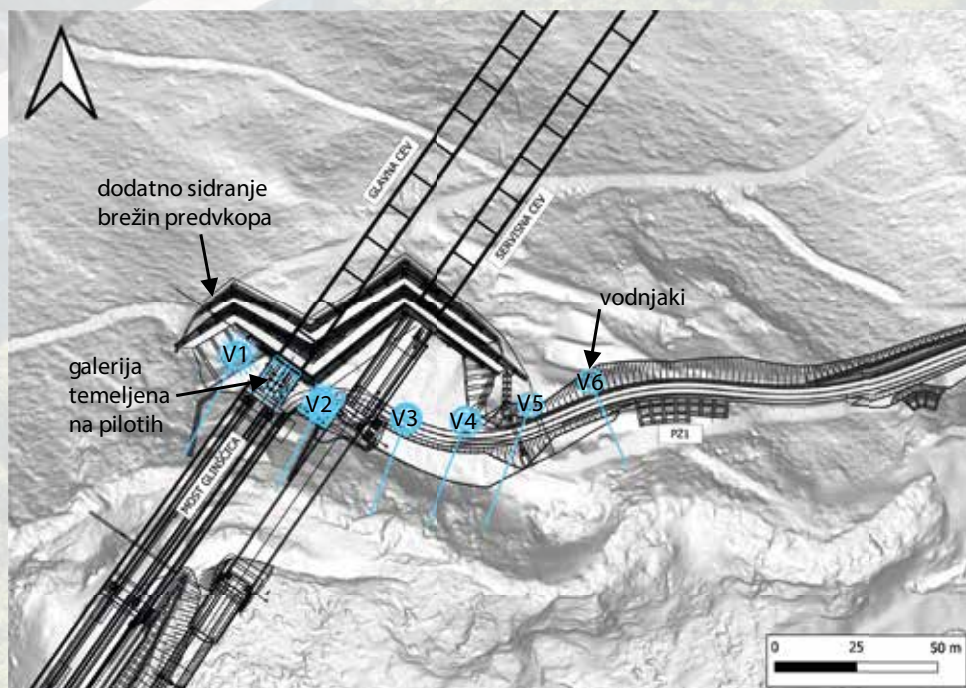
preglednici 2 je zbrano razmišljanje o možnih ukrepih za umiritev premikov na območju južnega portala predora T1, ki so bili poleg zgoraj navedenih obravnavani v delovni skupini.

Najprej je bila sprejeta odločitev, da bo galerija med predorom T1 in viaduktom Glinščica postavljena na 26 m dolge pilote, ki so že izvedeni. Ta ukrep sicer ne bo bistveno prispeval h globalni stabilnosti celotnega območja, bo pa omejil premike krajnega opornika viadukta, saj sta objekta konstrukcijsko povezana.

Delno je že urejeno odvodnjavanje voda s platoja Mihele in preprečeno zatekanje vode v odprte razpoke na brežini nad portalnim območjem.

Končna rešitev, podprta z računskimi analizami, kot glavni ukrep za umiritev premikov plazu predvideva izvedbo niza 6 vodnjakov s premerom 7 m, vpetih globoko v stabilno podlago. Njihovo lokacijo prikazuje slika 8. Vodnjaka V1 in V2 sta locirana levo in desno od galerije med glavno cevjo predora T1 in viaduktom Glinščica ter sta ključna za varno delovanje proge drugega tira. Vseh 6 vodnjakov skupaj pa tvori močno podporno konstrukcijo za ojačitev nestabilnega pobočja. Zadnji vodnjak (V6) bo izveden v bližini podporne konstrukcije PZ-1, ki bo dodatno sidrana, če se bo to izkazalo za potrebno. Vodnjaki bodo poleg ojačitvene imeli še drenažno funkcijo, pripravljena pa bodo tudi mesta za morebitno sidranje vodnjakov.

V prostoru zahodno od galerije (pri vodnjaku V1) bodo brežine predvropa dodatno sidrane.



Slika 8: Predvidene lokacije dodatnih ukrepov za zagotovitev varnosti južnega portala predora T1

Projektiranje vodnjakov za zagotavljanje stabilnosti portalnega območja predora T1 je zahtevalo obsežno usklajevanje in preprojektiranje nekaterih komunalnih vodov, ki so na prostorsko omejenem platoju predstavljali ključen robni pogoj. Upoštevati je bilo

treba tudi predvideno dvotirnost proge, ki bo izvedena v prihodnosti. Gradnja vodnjakov bo tehnološko zahtevna, saj na platoju ni prostora za dovolj velik žerjav. Ta bo predvidoma postavljen na stropno ploščo galerije, ki je bila zato dodatno statično ojačana. Dela bodo časovno potratna tudi zaradi zahtevnih geotehničnih pogojev in zaradi usklajevanja vseh gradbenih aktivnosti.

Preglednica 2: Možni ukrepi za stabilizacijo območja južnega portala predora T1

Ukrep	Prednosti	Slabosti/omejitve	Odločitev
Injektiranje	Zmanjšanje deformacij na račun počasnega zapiranja ugotovljenih kavern	Vpliv dodane teže? Kontrola kakovosti? Iztekanje injekcijske mase v Glinščico? Zapora naravnih drenažnih poti?	NE
Dodatno sidranje čelnih sten portala in PZ1	Aktiven ukrep – prednapetje	Trajnost? Zagotovimo dovolj reakcije?	DA Kot dodatni ukrep
Dreniranje plazu	Učinkovito, če je vzrok za premike v tlakih/toku podzemne vode	Nejasen učinek, načrtovanje zahteva popolno razumevanje toka vode. Trajnost?	DA Kot dodaten ukrep
Piloti pod galerijama obeh predorskih cevi	Razmeroma enostavno. Globoko temeljena galerija poveča togost krajnega opornika viadukta.	Deluje lokalno Motnja na gradbišču	DA Kot dodatni ukrep
Razbremenitev mase na vrhu plazu	Zmanjša aktivne sile, manjša skrb zaradi morebitnega kasnejšega zapiranja kavern	Potreben velik poseg v prostor zunaj DLN, težavna varna ureditev nove oblike terena	NE
Protierozijska zaščita struge Glinščice	Preprečuje poglobljanje struge in nestabilnosti bregov	Ohranjanje naravne vrednote in naravnih procesov	Močno priporočeno
Globoki vodnjaki velikega premera (7 m)	Trajno zagotavlja potrebno varnost, omogoča dodatno sidranje in dreniranje, ne zahteva drugih ukrepov na trasi SC	Motnja na gradbišču. Potrebuje premik za aktivacijo. Vpliv na brežino Glinščice? Kasnejše zapiranje kavern?	DA

5 Zaključek

Terensko kartiranje ter pregled vseh raziskav in meritev sta potrdila, da so spoznanja o lastnostih tal, pridobljena med gradnjo posameznih objektov, nakazovala neugodne geotehnične pogoje na celotnem območju južnega portala predora T1. Na podlagi trenutno znanih podatkov je ocenjeni volumen nestabilne flišne mase, katere razvoj je povezan z več geološkimi dogodki v preteklosti, približno 300.000 m³ in sega do globine cca 30 m, kar potrjujejo tudi rezultati meritev v inklinometrih. Z dodatnimi meritvami v novo izvedenih inklinometrih in piezometrih pa bodo pridobljeni ključni podatki za

natančnejšo opredelitev geometrije drsne ploskve ter o nivojih podzemne vode, ki so bili doslej spremljani le v enem piezometru.

Omejen prostor, gradbiščne aktivnosti, potek komunalnih vodov, zahtevna morfologija terena, pogoji varovanja narave in prihodnja dvotirnost proge so predstavljali ključne robne pogoje pri načrtovanju gradbeno tehničnih ukrepov za zmanjšanje pomikov obravnavanega plazu. Na podlagi računskih analiz je bil kot glavni ukrep izbran niz šestih globokih vodnjakov s premerom 7 m, ki bodo poleg ojačitve opravljali tudi drenažno funkcijo. Za zmanjšanje vpliva premikov zaledja na krajni opornik je bila zasnova temeljenja galerije spremenjena s plitvega na globoko, predvideno pa je tudi dodatno sidranje brežin predvropa v območju vodnjaka V1 in oporne konstrukcije PZ1, če se izkaže za potrebno.

Poleg načrtovanih gradbeno tehničnih ukrepov pa so ključni segmenti dolgoročne varnosti nadaljnje trajno spremljanje pomikov, sprotne analiza in interpretacija rezultatov. Le tako bo možno oceniti učinke gradbeno-tehničnih ukrepov in po potrebi pravočasno dodatno ukrepati.

6 Priznanje

Pri pripravi prispevka smo avtorji uporabili obsežno gradivo delovne skupine za reševanje problematike pomikov na portalu predora T1 Koper, ki vključuje projektno dokumentacijo ter številna poročila in analize mnogih udeležencev pri gradnji.



Laura Vovčko

Laura Vovčko je leta 2015 zaključila študij inženirske geologije na Naravoslovnotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Dodatna znanja s področja podzemnih gradbenih objektov je pridobila na vzporednem študijskem programu Geotehnologije in rudarstva. Svojo poklicno pot je začela na Zavodu za gradbeništvo Slovenije (ZAG), kjer je sprva delovala kot inženirska geologinja in se osredotočila predvsem na področje geomehanike. Študijsko pot je nadaljevala z vpisom na doktorski študij Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, ki je trenutno v mirovanju. V začetku poklicne poti je pripravljala geološko-geomehanske elaborate in delovala na področju zahtevnih geomehanskih raziskav za velike infrastrukturne projekte. Leta 2023 se je vključila v izvajanje projektantskega nadzora pri gradnji vzhodne cevi predora Karavanke, pozneje pa tudi pri gradnji predorov na projektu 2. tir. Vzporedno je sodelovala v raziskovalnem delu Odseka za geotehniko in prometnice ter pri pripravi posameznih TSPI-jev. Po opravljenem strokovnem izpitu pri Inženirski zbornici Slovenije se je usmerila v izvajanje in vodenje projektov zunanje kontrole kakovosti, nato pa prevzela tudi vodenje Službe za zunanjo kontrolo kakovosti. Na strokovnem področju deluje tudi kot vodja interne ekipe za zemeljska dela, kjer se vključuje v izvajanje strokovnih nalog, pripravlja strokovna mnenja in recenzije. Na projektu 2. tir trenutno deluje kot vodja zunanje kontrole kakovosti.





Dr. Borut Petkovšek

Dr. Borut Petkovšek, univ. dipl. inž. geol je bil tekom svoje kariere Vodja oddelka, pomočnik direktorja, vodja Zunanje kontrole na ZAG. Diplomiral 1978 na Univerzi v Ljubljani, doktoriral 1990 na Univerzi v Grenoblu z odlično oceno. Tema: Vpliv gradnje predora na močno plastično hribino pod visokim nadkritjem. Delal na področju podzemnih gradenj: raziskave za projektiranje, meritve in opazovanja med gradnjo in svetovanje, monitoring in pregledi zgrajenih objektov; recenzije tehnične dokumentacije za predore, za plazove in poplave v avgustu 2023. Na področju jedrske varnosti 12 let izvajal naloge za varnostno oceno odlagališča radioaktivnih odpadkov; vodja geotehničnih raziskav na 2 lokacijah JEK 2. Član strokovnih komisij na IZS.



Dr. Ana Mladenović

Dr. Ana Mladenović ima več kot 40 let izkušenj na področju karakterizacije materialov; agregata, naravnega kamna, cementnih kompozitov in recikliranih odpadkov. Ena od njenih ključnih dejavnosti je raziskovanje možnosti recikliranja in koristne uporabe različnih vrst odpadkov v gradbeniških aplikacijah. Njen poklicni interes je tudi gradbena patologija, s posebnim poudarkom na degradacijskih procesih v betonu, kot sta npr. alkalijsko-silikatna reakcija in sulfatna reakcija.



Dr. Primož Oprčkal

Dr. Primož Oprčkal je višji strokovno-raziskovalni sodelavec in od leta 2022 vodja Laboratorija za kamen, agregate in reciklirane materiale na Zavodu za gradbeništvo Slovenije (ZAG). Doktoriral je na Mednarodni podiplomski šoli Jožefa Stefana z disertacijo o naprednih pristopih k trajnostni remediaciji onesnažene vode in tal. Njegovo raziskovalno delo poteka na področjih agregatov, okoljske sprejemljivosti recikliranih materialov, razvoj postopkov recikliranja gradbenih, industrijskih in komunalnih odpadkov ter trajnostnih gradbenih materialov iz sekundarnih surovin. Je avtor več mednarodnih patentov, član tehničnih odborov SIST, vodi ali sodeluje pri številnih nacionalnih in evropskih raziskovalnih projektih s področja krožnega gospodarstva.



Dr. Aljoša Šajna

Dr. Aljoša Šajna, univerzitetni diplomirani inženir gradbeništva, doktor znanosti, višji strokovno raziskovalni sodelavec, zaposlen kot vodja Laboratorija za beton na Zavodu za gradbeništvo Slovenije (ZAG, Ljubljana), je strokovnjak za beton, tehnologijo betona in preskušanje betona z več kot 30-letnimi izkušnjami. Študij gradbeništva je končal na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Raziskovalno delo na Tehnični univerzi na Dunaju, Dunaj, Avstrija, na področju lomne mehanike masivnega betona je zaključil z doktorsko disertacijo. Po vrnitvi v Slovenijo deluje na področju betona in tehnologije betona kot raziskovalec ali svetovalni inženir. Trenutno je zadolžen za raziskovalno delo na področju betona, tehnologije betona in izvedbe betonskih del. Sodeloval je v številnih raziskovalnih projektih (FP6, FP7, EUREKA, H2020, EIT Raw Materials) in mednarodnih sodelovanjih. Je član RILEM, CEN TC 104, predsednik Sveta strokovnjakov Združenja za beton Slovenije in predsednik SIST TC BBB, beton, armirani beton in prednapeti beton.



Smiljan Tomljanovič

Smiljan Tomljanovič je univerzitetni diplomirani inženir gradbeništva, ki je leta 2012 diplomiral na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Po več letih dela na različnih področjih gradbeništva je od leta 2019 zaposlen na Zavodu za gradbeništvo Slovenije (ZAG), na Oddelku za konstrukcije, kjer deluje še danes. Glavno področje njegovega dela so geotehnična sidra, predvsem v okviru zunanje kontrole kakovosti (ZKK). Leta 2020 je uspešno opravil tečaj za vodilnega presojevalca sistema vodenja kakovosti ISO 9001:2015 in od takrat deluje kot pooblaščen oseba za certificiranje gradbenih proizvodov.



Mag. Andrej Kranjc

Mag. Andrej Kranjc je leta 2004 diplomiral na Fakulteti za matematiko in fiziko, Univerze v Ljubljani, leta 2016 pa magistriral na Mednarodni podiplomski šola Jožefa Stefana. Od leta 2004 je zaposlen na Zavodu za gradbeništvo Slovenije, v Laboratoriju za kovine, korozijo in protikorozijsko zaščito. Težišče njegovega dela je kontrola materialov za armiranje in prednapenjanje armiranobetonskih konstrukcij, kontrola materialov, korozije poškodbe, protikorozijska zaščita in neporušitvene preiskave jeklenih elementov.



Tom Kunaver

Tom Kunaver je magister inženir strojništva, ki je diplomiral leta 2011 in nato magistriral leta 2014 na Univerzi v Ljubljani leta. Od leta 2015 je zaposlen pri Zavodu za gradbeništvo. Težišče njegovega dela potek pri pregledu jeklenih konstrukcij in žičniških naprav. Je tudi namestnik Kontrolnega organa za žičniške naprave.



Cvetko Vangoš

Cvetko Vangoš je univerzitetni diplomirani inženir rudarstva in geotehnologije. Leta 2010 je diplomiral na naravoslovnotehniški fakulteti v Ljubljani iz smeri geotehnologije z naslovom diplomskega dela Izkop prometnic z rastreljevanjem, kjer je izdelal programsko orodje za časovno razmejitev minskega polja, ter tako utemeljil povezavo med računsko določenimi in izkustveno izbranimi parametri masovnega razstreljevanja, ter povezavo potrdil s seizmično meritvijo hitrosti nihanja tal v ogroženem območju. Pred zagovorom diplome se je glede na predlog fakultete zaposlil v podjetju SCT d.d. na delovno mesto vodje projektne skupine za geotehniko, kjer je vodil dela na projektu HE Blanca in na projektu izgradnje AC povezave Trebje – Mirna peč. Po prenehanju poslovanja podjetja SCT d.d. je kariero nadaljeval kot projektni in tehnični vodja del v nizki gradnji in se nato leta 2021 zaposlil na Zavodu za gradbeništvo Slovenije, kjer deluje na področju injekcijskih mas in na področju sanacijskih del.



Ratko Švraka

Ratko Švraka je univerzitetni inženir gradbeništva, ki je magistrski študij končal na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo na Fakulteti v Ljubljani, pod mentorstvom Zavoda za Gradbeništvo. Tam se je nato hitro usmeril v pregledovanje zahtevnih premostitvenih in ostalih inženirskih objektov ter razvojem s tem povezane digitalne infrastrukture. Kot del Zunanje kontrole kakovosti je v zadnjih šestih letih sodeloval pri vseh večjih infrastrukturnih projektih v Sloveniji in je v času na ZAG pregledal vse večje premostitvene objekte v državi. Z uporabo modernih tehnologij, kot so umetna inteligenca, brezpilotni zrakoplovi in novodobne oblike zajemanja podatkov ter športnoplezalnim ozadjem, želi dvigniti nivo pregledovanja in obravnavanja inženirskih objektov v Sloveniji. Svoje strokovno delo komplementira s fotografijo, pri čemer navdih ostaja enak - mostovi.

Zunanja kontrola kakovosti na projektu Drugi tir

Laura Vovčko
dr. Borut Petkovšek
doc. dr. Ana Mladenović
dr. Primož Oprčkal
dr. Aljoša Šajna
Smiljan Tomljanović
Andrej Kranjc
Tom Kunaver
Cvetko Vangoš
Ratko Švraka

Zavod za gradbeništvo Slovenije ZAG

Povzetek

V sodobnih investicijskih projektih, zlasti na področju gradbeništva, je kakovost izvedbe eden ključnih dejavnikov uspeha. Odgovorni investitorji se zato pogosto odločajo za vključitev zunanjih strokovnjakov, ki s svojim neodvisnim in specializiranim znanjem preverjajo skladnost izvedenih del ter s tem zagotavljajo objektivno izvedbo kontrole. Takšen pristop omogoča pravočasno prepoznavanje morebitnih pomanjkljivosti, krepi zaupanje v izvedeno gradnjo in predstavlja dodatno jamstvo za dolgoročno uspešnost investicije.

Na projektu Drugi tir Divača–Koper je naročnik od začetka gradnje zagotovil prisotnost zunanje kontrole kakovosti. Ta se vključuje v različne faze izvedbe in zajema širok spekter strokovnih področij. V izvajanje so vključeni Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG) kot vodilni partner konzorcija ter partnerja IGMAT in ZRMK GI, ki s svojo strokovnostjo in dolgoletnimi izkušnjami zagotavljajo celovito strokovno podporo projektu.

Z vključenostjo zunanje kontrole kakovosti se ustvarja pomemben doprinos h gradnji 2. tira na najvišji ravni kakovosti. To pa je ključno ne le za varno in učinkovito železniško povezavo, temveč tudi za dolgoročno trajnost, gospodarsko konkurenčnost in strateški razvoj Slovenije ter širše regije.

1 Uvod

Na projektu Drugi tir, ki zajema gradnjo drugega tira med Divačo in Koprom – enega največjih infrastrukturnih projektov v Sloveniji – je naročnik 2TDK zahteval vzpostavitev sistema zagotavljanja kontrole kakovosti, vključno z zunanjo kontrolo kakovosti. Glede na obseg, tehnično zahtevnost in strateški pomen projekta je bilo ključno, da



nadzor nad materiali, postopki vgradnje in izvedbo poteka nepristransko, strokovno in v skladu s projektnimi zahtevami ter pravili stroke. S tem je naročnik želel zagotoviti, da bodo izvedena gradbena dela najvišje možne kakovosti, da bodo pravočasno zaznane morebitne napake ali odstopanja ter da bo vsa dokumentacija sledljiva in uporabna za končni tehnični pregled in dolgoročno vzdrževanje objekta. Zahteva po neodvisni zunanji kontroli kakovosti je bila torej ključni element strategije za zmanjšanje tveganj in zagotavljanje transparentnosti ter dolgoročne varnosti in zanesljivosti celotne infrastrukture.

Zunanja kontrola kakovosti je bila v projekt vključena na različnih strokovnih področjih. Na področju gradbenih materialov je preverjala skladnost uporabljenih materialov z veljavnimi tehničnimi predpisi in standardi ter izvajala vzorčenje in laboratorijske preiskave, s čimer je preprečila uporabo neustreznih ali nekakovostnih materialov. Pri gradbenih delih pa je skrbela, da so ta potekala skladno s projektno dokumentacijo, ki se je včasih med gradnjo tudi spreminjala, in zakonodajo, pri čemer je posebej spremljala kritične faze projekta. Takšne aktivnosti kažejo, da ima kontrola kakovosti v gradbeništvu nekatere posebnosti, ki jo ločijo od drugih panog.

Čeprav se kontrola kakovosti izvaja na različnih področjih, se ta v gradbeništvu sooča s številnimi dodatnimi izzivi. V industriji gre najpogosteje za serijsko proizvodnjo v stabilnem, nadzorovanem okolju, kjer se izdelki množično izdelujejo po natančno določenih postopkih. V takšnem okolju je zagotavljanje kakovosti (QA) usmerjeno predvsem v standardizacijo proizvodnih procesov, dosledno upoštevanje predpisanih postopkov in uporabo avtomatiziranih sistemov za nadzor kakovosti. Kontrola kakovosti (QC) v industriji vključuje preverjanje izdelkov na proizvodni liniji s pomočjo meritev, testiranj ali avtomatskih senzorjev. Napake so pogosto odkrite hitro in jih je mogoče enostavno odpraviti ali zavreči izdelek brez večjih posledic za celoten proces. V gradbeništvu pa je situacija precej drugačna. Vsak projekt je edinstven, izvaja se na različnih lokacijah ter pogosto v nepredvidljivih vremenskih in terenskih razmerah, kar nemalokrat otežuje izvedbo potrebnih postopkov. Ker se gradnja izvaja neposredno na terenu, sta ključni tudi učinkovita organizacija in komunikacija med vsemi udeleženci projekta. Kontrola kakovosti v gradbeništvu zajema sprotne preglede in meritve na terenu, laboratorijske preizkuse (npr. trdnost betona, kakovost armature) ter natančno dokumentiranje izvedenih del. Napake so pogosto težko popravljive, predstavljajo velike stroške, zamude ali celo tveganje za varnost objekta, zato je zagotavljanje kakovosti v gradbeništvu izjemno pomembno. Gradbeništvo se torej v primerjavi z industrijo sooča z večjim številom spremenljivk, večjo odgovornostjo in zahtevnejšim zagotavljanjem kakovosti, saj napake niso le stvar popravil, temveč lahko vplivajo na dolgoročno varnost in uporabnost objekta.

Prepoznavanje napak je neposredno povezano z neodvisnostjo in strokovnostjo izvajalca zunanje kontrole, saj lahko le nepristranska oseba ali organizacija objektivno oceni stanje brez vpliva interesov izvajalca ali drugih deležnikov projekta. Glavna naloga izvajalca zunanje kontrole je, da pravočasno opazi odstopanja od predpisanih standardov, tehničnih specifikacij ali projektne dokumentacije, ki bi lahko bila sicer pregledana ali celo namerno prezrta. Ker neodvisna kontrola temelji na strokovnosti in

odgovornosti do zakonodaje, stroke in naročnika, je njena sposobnost zaznavanja napak ključna za preprečevanje resnih posledic v poznejših fazah gradbenega projekta.

Le strokovno usposobljena organizacija s pokrivanjem širokega spektra strokovnih področij lahko učinkovito prepozna napake, oceni njihovo resnost ter predlaga ustrezne ukrepe. Kompetentnost pomeni seveda tudi poznavanje aktualne zakonodaje, razumevanje projektne dokumentacije, korektno izvajanje in interpretacijo potrebnih preiskav ter sposobnost tolmačenja dobljenih rezultatov (npr. laboratorijskih preizkusov). Brez teh znanj bi bila neodvisna presoja nepopolna, netočna ali celo zavajajoča. Zato mora izvajalec zunanje kontrole poleg neodvisnosti izpolnjevati tudi strokovne in tehnične pogoje, kot jih določajo zakonodaja, standardi oz. akreditacijski postopki.

Zunanja kontrola kakovosti sledi zahtevam in načelom sistema vodenja kakovosti po standardih ISO 9000 in ISO 9001. Standard ISO 9000 opredeljuje osnovne pojme in načela sistema vodenja kakovosti, medtem ko standard ISO 9001 določa konkretne zahteve, ki jih mora organizacija izpolnjevati, da zagotovi skladnost proizvodov in storitev ter nenehno izboljševanje. V okviru gradbeništva ISO 9001 posebej poudarja pomen objektivnega ocenjevanja skladnosti, preglednosti procesov in spremljanja kakovosti.

2 Kontrola vhodnega materiala in postopkov vgradnje

Agregati za betone so eden od najpomembnejših materialov v gradbeništvu. V projektu je bilo predvideno, da se v agregat za betone predelajo masni viški apnencev iz izkopa predorov Lokev (T1) in Beka (T2) ter iz predkopa Divača. Le v primeru, da teh materialov ne bi bilo dovolj, naj bi se za ta namen uporabili tudi kvalitetni agregati iz lokalnih kamnolomov. V okviru zunanje kontrole kakovosti smo preverili možnost uporabe teh izkopnih materialov ter vzpostavili smernice za njihovo kategorizacijo.

Za uporabo v betonu se je kot primeren izkazal le alveolinsko-numulitni apnenec eocenske starosti. Temnosivi do črni apnenci iz Liburnijske formacije in Trsteljskih plasti so se izkazali za neustrezne zaradi organskih primesi (premog, bitumen), ki so bile lokalno prisotne v obliki leč in slojev. Kljub temu, da so bile lastnosti agregata iz temnosivih in črnih apnencev v okviru dopustnih mejnih vrednosti, so rezultati preiskav betonskih mešanic pokazali nižjo zmrzlinško odpornost (NOZT) v primerjavi z betoni z agregatom iz alveolinsko-numulitnih apnencev. Škodljivi učinki agregata iz temnosivih in črnih apnencev na lastnosti betona so bili potrjeni s petrografsko analizo betona.

Ugotovljeno je bilo, da prisotnost bituminoznih vključkov povzroča zaviranje hidratacije cementa, in sicer z obvijanjem cementnih zrn ali vezavo kalcija, kar vodi v nepopolno reakcijo in zmanjšano trajnost betona. Zaradi nezmožnosti zanesljivega ločevanja različkov apnencev v fazi izkopa in nadalje pri predelavi v agregat je bila sprejeta strokovna odločitev, da se agregat – tudi iz sicer primerne alveolinsko-numulitnega apnenca – ne uporablja za betone za zahtevne konstrukcije, izpostavljene zmrzovanju,



kot so viadukti. Dovoljena je bila uporaba le za betone v predorih ali drugih manj zahtevnih objektih.

V okviru programa Zunanje kontrole kakovosti smo redno vzorčili frakcije agregata za betone na lokacijah proizvodnje (Divača in Črni Kal) ter na deponijah betonarn (Divača, Mihele, Gabrovica, Dekani, Sermin, Črnotiče in Laže). Izsledki so pokazali, da so bile ključne lastnosti agregatov (zrnnavostna sestava, finost, vsebnost kloridov, oblika zrn, petrografska sestava, zmrzljinska odpornost) večinoma v skladu z zahtevami. Odstopanja so bila občasno zabeležena pri vsebnosti finih delcev in preseženih vrednostih parametra metilen modro, kar je povezano z vsebnostjo gline.

V letih 2023–2024 so se pojavile težave pri pripravi svežega betona z agregatom, ki je bil pridobljen iz izkopskih materialov iz predorov T1 in T2. Kljub podobnim vsebnostim finih delcev v agregatu iz različnih šarž je bilo za doseganje zahtevane konsistence svežega betona treba dodati različne količine superplastifikatorjev, kar je nakazovalo razlike v naravi finih delcev. Posledično smo izvedli podrobnejše preiskave vsebnosti in tipa glinenih mineralov, ki so potrdile visoko variabilnost sestave finih delcev. Pri tem so bile določene variabilne vsebnosti mineralov glin, ki imajo vpliv na kinetiko hidracije in obdelavnost mešanice.

Glineni minerali imajo visoko specifično površino in sposobnost kationske izmenjave, kar vodi do vezi med delci superplastifikatorja in glino, s čimer ta dodatek izgubi svojo funkcijo (zniževanje v/c razmerja, izboljšanje obdelavnosti). S tem postane vgradnja betona manj predvidljiva, poveča pa se tudi tveganje za povečano krčenje, razpoke in slab oprijem med cementno pasto in agregatom.

Ugotovljeno je bilo tudi, da vsebnost glinenih mineralov ni nujno v neposredni korelaciji z deležem finih delcev, kar pomeni, da zgolj vsebnost delcev pod 0,063 mm ni zanesljiv indikator škodljivosti. Boljša korelacija je bila opažena pri visokih vrednostih metilen modro, medtem ko metoda ni dovolj občutljiva pri nizkih vrednostih, kar kaže na njeno omejeno uporabnost pri identifikaciji narave finih delcev. Natančnejša mineraloška analiza (XRD, SEM) je zato ključna pri oceni kakovosti agregata za zahtevne betone.

V odziv na ugotovljene težave so proizvajalci betona začeli dodajati kemijske dodatke za nevtralizacijo glinenih mineralov, s čimer so zagotovili ustrezno vgradljivost in stabilnost svežega betona. Vendar to zahteva dodatno tehnološko znanje in stalno spremljanje lastnosti agregata.



Slika 1: Pregledi deponij izkopanega materiala iz predorov in predkopa na divaški strani. APNP pomeni apnenec slabše kakovosti, ki ni uporaben za vgradnjo v beton, je pa uporaben v druge namene (vir: arhiv ZAG).

V sklopu zunanje kontrole kakovosti smo izvajali tudi kontrolo betona. Pri izvedbi betonskih del smo bili redno prisotni na gradbišču, kjer smo spremljali betoniranja temeljev, talnih obokov, sten, plošč, kinet, drugih konstrukcijskih elementov predorov in drugih objektov na trasi. Posebna pozornost je bila namenjena vgradnji betona. V sklopu kontrole smo bili vključeni v izvedbo testnih polj za polnilne in valjane betone, s katerimi smo preverjali parametre tehnologije vgradnje in zgoščevanja betona. Izvajali smo preiskave strjenega betona, med katerimi so: tlačna trdnost, odpornost proti prodoru vode, zmrzljinska odpornost, notranja odpornost proti cikličnemu zmrzovanju in odtajanju ter žilavost. Preverjali smo tudi lastnosti posebnih betonov, kot so brizgani betoni in mikro armirani brizgani betoni, kjer smo, poleg tlačnih trdnosti, preverjali tudi njihovo žilavost in ustreznost kakovosti izvedbe primarne obloge. Občasno smo izvajali preiskave krčenja in deformacij, povezanih z dolgoročno stabilnostjo konstrukcij.

Poleg terenskih in laboratorijskih preiskav smo izvajali tudi nadzor nad proizvodnjo betona v betonarnah, kjer smo preverjali kakovost vhodnih materialov, skladiščenje dodatkov in podobno. Poseben poudarek je bil namenjen tudi kontroli prefabriciranih elementov, kot so betonski pragovi in kanalete, pri katerih smo preskušali njihove deklarirane lastnosti.

Na področju zemeljskih del se je zunanja kontrola usmerila predvsem v vgradnjo materialov. Glavna pozornost je bila namenjena pravilni vgradnji materialov v nasipne in zasipne plasti ter posteljice. Kontrola se je osredotočala na kakovost vhodnih materialov, pri čemer smo preverjali zrnovitost, vsebnost finih delcev, vlago in zmožnost zgoščevanja. Vgradnja je morala potekati v tankih, enakomernih slojih ustrezne debeline, ki so se sproti kontrolirano zgoščali z valjarji ali drugimi sredstvi do zahtevanih gostot. Za preverjanje ustreznosti izvedbe smo izvajali meritve zgoščenosti in deformacijskih modulov. Rezultati so v večini primerov izkazali skladnost z zahtevami, v posameznih primerih pa je bilo treba izvesti korektivne ukrepe, kot so dodatno zgoščevanje, izboljšave odvodnjavanja ali nadomestitev materiala. Pri zasipih ob objektih smo posebej

skrbeli, da je vgradnja potekala slojevito. V nekaterih primerih smo sodelovali tudi pri poskusnih poljih, kjer smo preverjali možnosti uporabe materialov, s čimer je bila ocenjena tudi primernost novih tehnologij vgradnje.

3 Sledljivost materialov in skladnost z zakonodajnimi zahtevami

Zaradi kompleksnih geoloških pogojev, raznolikih konstrukcijskih rešitev in visoke stopnje zahtevane trajnosti ter varnosti projekt vključuje uporabo številnih materialov in sistemov, ki presegajo okvire standardizirane proizvodnje.

V takšnih primerih ima ključno vlogo evropski certifikat ali, če tega ni, Slovensko tehnično soglasje (STS). Slednji predpiše zahteve, na podlagi katerih določen gradbeni proizvod izpolnjuje bistvene zahteve glede varnosti, zanesljivosti in uporabnosti v skladu z nacionalno zakonodajo ter tehničnimi specifikacijami. STS je potreben predvsem za tiste gradbene proizvode, ki niso zajeti v harmonizirani tehnični specifikaciji iz 10. točke 2. člena Uredbe 305/2011/EU ali zanje ni izdana evropska tehnična ocena (ETA), a se jih vseeno želi trajno vgrajevati v gradbene objekte v Sloveniji.

Za pridobitev STS mora proizvajalec dokazati, da proizvod izpolnjuje bistvene zahteve, kot jih določajo Gradbeni zakon (GZ), Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov ter Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro). Proizvajalec za svoj proizvod izda izjavo o lastnostih v slovenskem jeziku, v kateri so navedene tehnične značilnosti, skladno z zahtevanim STS. V praksi je bil STS potreben za številne proizvode, med katerimi izpostavljamo naslednje:

- armaturno jeklo v palicah in kolutih, armaturne mreže, spojke za spajanje armaturnega jekla, jeklo za prednapenjanje, SN in IBO sidra,
- prefabricirani betonski elementi, ki so izdelani po nestandardnih postopkih ali iz materialov brez CE oznake,
- gradbeni materiali iz lokalnih virov, kot so posebne zmesi, agregati ali zemljine, ki se uporabljajo za zasipanje, nasipavanje ali stabilizacijo,
- izolacijski sistemi, ki še nimajo ustreznega evropskega standarda ali ETA ...

Na prisotnost armaturnega jekla vprašljivega izvora na gradbišču smo v začetku leta 2023 opozorili med rednim vzorčenjem jekla za laboratorijsko analizo. Med postopkom vzorčenja je bilo ugotovljeno, da nekateri snopi armaturnih palic niso imeli ustrezne spremljajoče dokumentacije, kot so certifikati o skladnosti in izjave o lastnostih, zahtevane po zakonodaji. Ker je v skladu s Pravilnikom o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov ter Gradbenim zakonom vgradnja gradbenih proizvodov brez dokazil o skladnosti prepovedana, je bila o zaznani neskladnosti takoj obveščena nadzorna služba naročnika. Zaradi možnega vpliva na varnost konstrukcije je bilo jeklo umaknjeno iz nadaljnje uporabe, izvajalcu pa je bilo naloženo, da v celoti zamenja sporno armaturo z ustrezno certificiranim materialom. Primer je poudaril pomembnost sprotnega vzorčenja, sledljivosti in dokumentirane kontrole materialov, pa tudi vlogo neodvisne zunanje kontrole kot enega izmed mehanizmov za pravočasno zaznavo morebitnih nepravilnosti pri izvajanju gradbenih del.

Kljub obstoječemu sistemu certificiranja proizvodov in z njim povezanemu internemu nadzoru se v praksi še vedno pojavljajo primeri, ko gradbeni proizvodi – kljub formalni skladnosti z zahtevami – ne dosegajo predvidene kakovosti. Takšna odstopanja so lahko posledica napak v proizvodnji, neustreznega transporta, skladiščenja ali rokovanja z materialom. Zato je vloga neodvisne zunanje kontrole kakovosti ključna: s ciljno izbranimi in naključno odvzetimi vzorci neposredno na gradbišču se preverjajo dejanske lastnosti vgrajenih materialov, kar omogoča pravočasno odkrivanje morebitnih neskladij ter zagotavlja dodatno raven varnosti in zaupanja v kakovost izvedbe.

V projektu Drugi tir Divača–Koper smo v okviru zunanje kontrole kakovosti izvedli vrsto preskusov na različnih vrstah jeklenih elementov. Na viaduktu Vinjan smo testirali armaturno jeklo, kjer je bil eden od vzorcev neustrezen pri dinamičnem preskusu utrujanja. V predorih smo preverjali armaturne mreže in ugotovili več manjših odstopanj od karakterističnih vrednosti za razreda B500A in B500B, en vzorec pa ni izpolnjeval minimalnih zahtev, zato je bil material zamenjan. Pri 3-paličnih nosilcih, ki nadomeščajo klasične predorske loke, so nekateri vzorci odstopali od tehničnih specifikacij, vendar so izpolnjevali dopustna odstopanja po dodatnih kriterijih projektanta.

V predorih smo preverili vzorce nosilcev različnih tipov, pri čemer so le nosilci tipa 50/20/30 v celoti ustrezali zahtevam. Na viaduktu Gabrovica smo izvedli celovit preskus vrvi za prednapenjanje, kjer so vsi vzorci ustrezali zahtevam, z izjemo enega, pri katerem je bil opazen vpliv poškodb zaradi predhodnega napenjanja. V vseh primerih so bile ugotovitve dokumentirane in posredovane projektantu, nadzoru in naročniku.

4 Kontrola konstrukcij in preskušanje konstrukcijskih elementov

V sklopu kontrole smo pregledali več vrst jeklenih konstrukcij, in sicer: nosilne konstrukcije daljnovodov, servisne perone in dostopne lestve na viaduktih ter drogove in kapnike vozne mreže. Kontrolo smo izvajali v skladu s standardom SIST EN 1090-2 in je obsegala pregled tehnične dokumentacije, dimenzijsko kontrolo jeklenih profilov, pregled varjenih spojev, vijačnih zvez, geometrijo konstrukcij, kakovost uporabljenih materialov ter preverbo protikorozijske zaščite.

Med pregledi smo prepoznali ponavljajoča se odstopanja od zahtev, kot so lokalne poškodbe protikorozijske zaščite, kar lahko ob nezadostni sanaciji vodi v pospešeno korozijo in krajšo življenjsko dobo konstrukcije. Prav tako so bili v posameznih primerih opaženi nepriviti ali slabo priviti vijačni spoji, kar predstavlja tveganje za mehanske poškodbe obremenjenih delov. Zaznali smo tudi deformacije ali poškodbe jeklenih elementov, kar lahko vpliva na porazdelitev sil v konstrukciji in povzroči spremembo statičnih lastnosti. Ugotovitve so bile dokumentirane in predane ostalim deležnikom na projektu.

Pasivna sidra so ključni element pri zagotavljanju stabilnosti predorskih cevi, opornih konstrukcij in brežin, saj prevzemajo napetosti, ki nastanejo zaradi premikov zemljine, deformacij konstrukcije ali drugih geotehničnih vplivov. Ker gre za elemente, ki so



po vgradnji nevidni in nedostopni za neposreden nadzor, je njihova preskusna kontrola eden najpomembnejših delov sistema zagotavljanja kakovosti pri podzemnih in podpornih gradbenih delih. Izvedba izvlečnih preskusov pasivnih sider je bistvena zato, ker predstavlja edini neposredni način preverjanja njihove nosilnosti v realnih geoloških razmerah. Le s preskušanjem smo lahko ugotovili, ali sidro dejansko prenaša predvidene sile po celotni dolžini vezi (ne zgolj v območju sidrne glave).

V okviru zunanje kontrole kakovosti na projektu smo izvlečne preskuse pasivnih sider izvajali v vseh predorskih ceveh med Divačo in Koprom. Preskuse smo izvajali v skladu s standardoma SIST EN 14490 in SIST EN ISO 22477-5, ki določata zahteve za izvedbo, spremljanje in ocenjevanje rezultatov. Posebno pozornost smo namenili predpripravi, saj je bilo za veljavnost rezultatov ključno pridobiti vse tehnične podatke o vgrajenem sidru in preveriti trdnost injekcijskega materiala. Sidra smo obremenjevali postopno do predvidene preskusne sile. Vzroke za neuspešna testiranja smo analizirali celostno – od napak pri vrtanju in injektiranju do postavitve merilne opreme. Za dodatno zanesljivost odčitkov smo meritve izvajali z uporabo dveh načinov – dinamometra in manometra. Pomembno je bilo tudi spremljanje padca sile, ki lahko nastane zaradi nepravilne montaže ali zaradi mehanskih vplivov iz okolja v času preiskave. V primeru, da sidro ni doseglo kriterijev nosilnosti, je bil obveščen nadzor ali projektant, ki je odločil o morebitni zamenjavi ali prilagojeni uporabi takšnega sidra.

5 Zunanja kontrola kakovosti sanacijskih del

Sanacijska dela na betonskih konstrukcijah predstavljajo pomemben del celovitega upravljanja kakovosti v gradbeništvu, še posebej pri infrastrukturnih projektih, kjer so trajnost, varnost in zanesljivost objekta ključnega pomena. Beton, kot osnovni gradbeni material, je sicer trpežen, a lahko zaradi vplivov okolja, mehanskih obremenitev, gradbenih napak ali tehnoloških pomanjkljivosti sčasoma pride do poškodb, razpok, krušenja ali izgube oprijema zaščitnih slojev.

Za zagotavljanje strokovne, varne in učinkovite sanacije se uporabljajo proizvodi in postopki, ki so opredeljeni v standardu SIST EN 1504 – Proizvodi in sistemi za zaščito in popravilo betonskih konstrukcij. Ta standardni okvir podaja natančne tehnične in kakovostne zahteve za vse faze sanacijskih del – od priprave površin, izbire materialov in načina nanosa do preskušanja in spremljanja uspešnosti izvedenih popravil.

Sanacijska dela so še posebej občutljiva, saj pogosto potekajo na že zgrajenih delih objekta, kjer je dostop omejen in možnost povzročitve trajnih poškodb na zaključnih slojih velika. Sanacijska dela morajo biti kontrolirana in izvedena ob strokovnem nadzoru, kakovost vgrajenih proizvodov pa preverjena s preskusi, kot je odtržna trdnost, ki neposredno pokaže učinkovitost oprijema sanacijskega materiala na obstoječo betonsko podlago.

Kontrolirali smo tudi izvedbo sanacijskih del na notranji oblogi predorov in drugih betonskih površinah, pri čemer je bil poudarek na skladnosti z zahtevami standarda SIST

EN 1504, pravilni pripravi površin in izvedbi nadzora, s ciljem zagotoviti ustrezno dolgoročno delovanje konstrukcije.

Opozarjamo, da se pomen sanacijskih del pogosto podcenjuje in ne obravnava z enako resnostjo kot gradbena dela, saj imajo ključni vpliv na trajnost in varnost objekta. Ugotovili smo, da je neustrezna priprava betonskih površin pred nanosom sanacijskih materialov eden najpogostejših vzrokov za nizke vrednosti odtržne trdnosti, kar neposredno kaže na slab oprijem in zato neučinkovitost sanacijskih del.

6 Presoja izhodiščnega stanja konstrukcij z ničelnimi pregledi

Ničelni pregled je izhodiščni pregled objekta, ki se izvede takoj po zaključku gradnje ali po večjih sanacijskih posegih. Njegov namen je ugotoviti ustreznost zgrajenega objekta in vzpostaviti referenčno stanje konstrukcije, ki služi kot osnova za vse prihodnje obdobje pregledov in spremljanje morebitnih sprememb skozi življenjsko dobo objekta. Gre za temeljit postopek, ki vključuje vizualno oceno, identifikacijo konstrukcijskih značilnosti, dokumentiranje morebitnih poškodb in oceno stanja vgrajene opreme. Ključno je tudi, da se pred začetkom pregleda ugotovi dostopnost vseh delov objekta, saj ta pogosto določa obseg in kakovost ugotovitev.

V Sloveniji se ničelni pregledi izvajajo skladno s tehnično smernico TSC 07 ter Pravilnikom o rednih pregledih in vzdrževanju cestnih objektov. Pregled vključuje vizualno oceno vseh sestavnih delov konstrukcije in pripravo obsežne fotodokumentacije. Po potrebi se uporabljajo tudi dodatne metode, kot so merjenje razpok, geodetske meritve, pretrkavanje površin ter ocena možnosti za dostop pri prihodnjih pregledih in vzdrževalnih delih. Zaključni se s celovitim poročilom, ki vključuje opis trenutnega stanja in tehnično dokumentacijo ter navaja priporočila za ukrepanje ali nadaljnje spremljanje.

V zadnjih letih se v Sloveniji pri ničelnih in tudi rednih pregledih premostitvenih objektov vse pogosteje uporabljajo tudi brezpilotni letalniki (BL). Ti omogočajo pregled težko dostopnih območij, kot so spodnje strani preklad, visoki stebri in deli nad globokimi dolinami, brez potrebe po gradnji odrov ali uporabi specialnih dvizžnih naprav. Opremljeni so z visokoločljivostnimi kamerami ali termovizijskimi senzorji, ki omogočajo zaznavo razpok, korozije, poškodb betona in znakov zamakanja. Prednosti uporabe BL so večja varnost pregledovalcev, časovna učinkovitost in znižanje stroškov dostopa. Kljub temu pa BL ne omogočajo neposrednega stika s konstrukcijo, zato pogosto ne zadoščajo za natančno določanje narave in obsega poškodb, kar omejuje njihovo uporabnost kot edino metodo pregleda. Ta izziv uspešno rešujemo s kombinacijo klasičnih preglednih metod in BL-tehnologije.

V sklopu projekta sta bila izvedena ničelna pregleda na viadukih Vinjan in Gabrovica. Največji izziv je predstavljala dostopnost prekladnih konstrukcij z zunanje strani, saj njihovi gabariti onemogočajo klasičen dostop z vozili ali dvizžnimi platformami. Zato je bila pregledna strategija prilagojena – pregled smo izvedli s kombinacijo vizualnega



ogleda ter snemanja z BL, pri čemer smo podatke analizirali in pripravili fotodokumentacijo zabeleženih poškodb.

V sklopu kontrole smo zaznali razpoke in delaminacije v območju notranjih sidrišč kablov. Z uporabo brezpilotnega letalnika smo njihovo prisotnost potrdili tudi na zunanji strani konstrukcije, kar je omogočilo oblikovanje zanesljivega izhodišča za nadaljnje spremljanje in odpravo ugotovljenih poškodb. Na podlagi pregleda smo pripravili poročilo s priporočili za izvajalca in nadzorni organ, ki bo služilo kot temelj za nadaljnje ukrepanje.

Izkušnje s teh pregledov kažejo, da je za prihodnje infrastrukturne objekte smiselno že v fazi načrtovanja upoštevati potrebo po dostopnosti konstrukcijskih delov za pregled in vzdrževanje, kot to med drugim priporočajo tudi smernice za načrtovanje železniških mostov.

7 Zaključek

Zagotavljanje kakovosti v gradbeništvu zahteva celosten, dosleden in neodvisen pristop, ki vključuje načrtovanje in izvajanje kontrole nad vsemi fazami gradbenega procesa. Za razliko od drugih panog, kjer so pogoji pogosto stabilni in ponovljivi, se gradbeni projekti izvajajo v odprtem, pogosto nepredvidljivem okolju, kar dodatno povečuje pomen natančne kontrole in prilagajanja.

Na projektu je bila vzpostavljena obsežna in sistematična zunanja kontrola kakovosti, ki je poleg standardnih tehničnih zahtev obravnavala tudi projektno specifične izzive. Od nadzora nad materiali – kot so agregati in jekla – do izvlečnih preskusov sider, sanacije betonskih površin in ničelnih pregledov velikih infrastrukturnih objektov so bile vse aktivnosti usmerjene v odkrivanje in preprečevanje napak ter zagotavljanje dolgotrajne zanesljivosti objektov.

Številni primeri so pokazali, da preskušanje in kontrola kakovosti nista le formalnost, ampak ključna mehanizma za obvladovanje tveganj. Pomembno je, da so bile te nepravilnosti zaznane pravočasno, ocenjene s strokovnimi metodami ter ustrezno obravnavane skupaj z nadzornimi organi in ostalini deležniki na projektu.

V zaključku poudarjamo, da je neodvisna in strokovna zunanja kontrola kakovosti eden izmed dejavnikov, ki omogoča visoko kakovost gradnje. Naša vloga ni bila zgolj kontrolna, temveč tudi preventivna, svetovalna in usmerjevalna. Pomembno je tudi, da je naročnik sistem kontrole kakovosti zagotovil že v zgodnjih fazah projekta, kar je omogočilo pravočasno zaznavanje potencialnih tveganj ter učinkovito sodelovanje med vsemi deležniki. Takšen pristop odraža premišljeno in odgovorno vlogo naročnika, ki je z visoko postavljenimi tehničnimi zahtevami in jasnimi postopki bistveno prispeval h kakovostni izvedbi projekta. Izkušnje s tega projekta lahko zato služijo kot dober zgled tudi za prihodnje infrastrukturne projekte doma in v tujini.



Peter Jemec

Peter Jemec je leta 2003 zaključil študij gradbeništva na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. V študentskih letih je strokovno pot začel na različnih področjih, med drugim tudi kot projektant železniških prog. Z delom v Elei iC je začel še kot študent, kjer se je v nadaljevanju kariere posvetil predvsem geotehniki s poudarkom na projektiranju predorov ter spremljajočih betonskih in jeklenih konstrukcij. Peter Jemec je partner Elei iC in namestnik vodje Oddelka za predore in geotehniko. Sodeluje pri najzahtevnejših projektih v timu. Dragocene izkušnje je pridobil na projektih v tujini (Avstrija, Velika Britanija, Norveška, Avstralija idr.) in doma pri predorih Šentvid, Markovec, Vodole idr.

Pri projektu 2TDK sodeluje od leta 2008, takrat še v fazi različnih zasnov, izdelave statičnih in stabilnostnih analiz ..., kot tudi pri uvajanju varnosti v železniških predorih, ki je bila v Sloveniji dokaj nova tema. Pri izdelavi projekta za izvedbo je bil tehnični vodja projekta in odgovorni projektant za predore, v okviru katerega izvaja tudi projektantski nadzor. Pri geotehničnem nadzoru je odgovoren za geotehnični del izvedbe predorov T2 do T7.



Dr. Tina Živec

Dr. Tina Živec je univerzitetna diplomirana inženirka geologije, ki je študij geologije zaključila leta 2005 na Naravoslovnotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Od leta 2007 je zaposlena pri podjetju Elea iC kot inženirska geologinja in vodja projektov. Med leti 2016 in 2020 je kot asistentka poučevala predmete s področja inženirske geologije na Naravoslovnotehniški fakulteti. Ob delu je leta 2020 doktorirala iz interdisciplinarnega področja inženirske geologije in daljinskega zaznavanja na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo.

Na svoji poklicni poti je aktivno sodelovala predvsem pri geološko raziskovalnih aktivnostih z interpretacijo ter koordinacijo geoloških raziskav v predorogradnji in geotehniki tako v Sloveniji (v predorih Cenkova, Vodole, Leščevje, Markovec in Karavanke) kot v tujini (Portugalska, Italija in Albanija). V sklopu digitalizacije geoloških raziskav v podjetju Elea iC se je posvetila izdelavi geoloških 3D-modelov, prostorski analizi podatkov ter vključevanju daljinskega zaznavanja v delo inženirskega geologa na projektih predora Karavanke in 2TDK.

Že od leta 2009 sodeluje pri različnih fazah raziskav na projektu 2TDK. Trenutno je namestnica vodje geološke spremljave v sklopu geološko-geotehničnih in hidrogeoloških raziskav (GGHG).



Premoščanje kraških pojavov v predorih

Peter Jemec, dipl. inž. grad.

dr. Tina Živec, univ. dipl. inž. geol.

Elea iC, d. o. o.

Povzetek

Predora na zgornjem odseku trase med Divačo in Črnim Kalom delno potekata po slovenskem dinarskem krasu. V okviru rednih raziskav kraških pojavov med gradnjo predora sta dve veliki jami z neugodno lego in orientacijo potrebovali posebne geotehnične rešitve za premostitev, in sicer gradnjo mostu pod zemljo. Da bi našli najmanj tvegano in utemeljeno rešitev za postavitev in velikost premostitvenih elementov, so bile potrebne dodatne preiskave za podrobno analizo vzdolž kraških jamskih struktur. Uporabljene so bile meritve z georadarjem v vrtinah, vključno s 3D-analizo podatkov, kar je omogočilo natančno oceno zakrasedlosti kot podatkovno podlago za geotehnične in statične analize.

1 Uvod

Gradnja predora T2 je potekala skozi geološko zahtevno kraško območje alveolinsko-numulitnih apnencev, prehodnih lapornatih plasti ter flišnih kamnin eocenske starosti, ki jih seka več naravnih prelomov. Takšna geološka zgradba povzroča zelo spremenljive inženirsko-geološke ter hidrogeološke razmere, ki jih zaznamujejo pogosta zakrasevanja, tektonska poškodovanost in vdori podzemne vode. Med izkopom predora sta bili odkriti večji jami 2TDK-066 in 2TDK-080, ki sta zahtevali posebne premostitvene rešitve za zagotovitev konstrukcijske stabilnosti in varnega obratovanja predora.

Za obvladovanje teh izzivov je bil izveden obsežen program geološko-geomehanskih, hidrogeoloških in geofizikalnih raziskav. Rezultati so služili kot osnova za izdelavo inženirsko-geoloških 3D-modelov, ki so bili uporabljeni pri geotehničnih numeričnih analizah, ter za načrtovanje mostnih konstrukcij, sposobnih prenašati visoke stalne in spremenljive obremenitve v zahtevnih kraških razmerah.

Za določitev ustreznega načina premoščanja ne zadošča zgolj poznavanje velikosti jame (premer), ampak je pomembna celotna geometrija – smer in vpad jame, lega glede na predor in značilnosti jame. Jamska sistema 66 in 80 sekata predorske cevi pod ostrim kotom, kar povečuje razpone, ki jih je treba premostiti. Pogosto poznavanje samo vidnega dela jame ne daje celovite slike o kraškem pojavu, saj je ta lahko zapolnjen s podobnimi bloki in večjo količino sedimenta (kraške gline). Poznavanje razsežnosti zapolnjenega dela jame je prav tako pomembno, saj sediment ni nosilen.



2 Inženirsko-geološki in hidrogeološki pogoji, ki vplivajo na zakrasevanje kamnine

Predor T2 nove železnice Divača–Koper poteka skozi geološko zelo raznoliko območje med dolino Glinščice in Črnim Kalom ter seka kamnine eocenske starosti: prepusne alveolinsko-numulitne apnenice, prehodne plasti z značilnim laporovcem in lapornatim apnencem ter neprepustne flišne kamnine, sestavljene iz menjajočih se laporovcev, meljevcev in peščenjakov v različnih razmerjih. Kontakti med temi geološkimi formacijami so raznoliki – od normalnih prehodov do tektonskih kontaktov in inverznih plasti. Trasa predora seka več narivnih prelomov, ki se zaporedno pojavljajo od Divaškega proti Koprskemu portalu: Petrinjski, Škrkloviški, Kastelski, Socerbski, Osapski in Črnokalski narivni prelom. Ti narivni prelomi so aktivni, s tektonskim premikom v smeri SV–JZ. V apnencih so pogosti kraški pojavi in jame, medtem ko so flišne kamnine in prehodne plasti večinoma brez izrazitega zakrasevanja.

Hidrogeološke razmere močno pogojujejo litologija in prelomne cone. V flišu je gladina podzemne vode visoka, vendar ima omejen vpliv na predor, medtem ko v apnencih in prelomnih conah podzemna voda izrazito vpliva na gradnjo. Beško–Ocizeljski jamski sistem prevaja površinske dotoke in povzroča nevarnost poplav nad predorom ob ekstremnih padavinah. Zasnova predora (drenirani oz. nedrenirani odseki) je bila zato prilagojena lokalnim pogojem podzemne vode in kraškim značilnostim, s posebnimi ukrepi premoščanja jam in jamskih sistemom vzdolž izrazitih prelomnih con.

3 Izzivi premoščanja

3.1 Pristop pri premoščanju kraških pojavov

Med gradnjo so bili uporabljeni različni pristopi. Večinoma je šlo za manjše kraške pojave, kjer so bili zagotovljeni hidrološki obvodi in kjer je bilo treba premostiti manjše razpone, včasih tudi v obliki začasnih rešitev, ki so omogočali nemoteno nadaljevanje izkopnih del, vse do priprave končnih rešitev sanacije. Jamska sistema 2TDK-066 in 2TDK-080 pa sta zahtevala načrtovanje in izvedbo premostitev z razponi med 25 m in 45 m. Pri teh je šlo za specifično konstrukcijo, obravnavano kot mostno konstrukcijo, ki je omogočila premostitev kraške jame v predoru. Za vsako je bil predhodno izdelan program in izvedene ciljne geološko–geomehanske preiskave, ki so vključevale tudi geofizikalne meritve struktur in prevotljenosti.

3.2 Pomen celovitega načrtovanja dodatnih geološko–geomehanskih in geofizikalnih raziskav

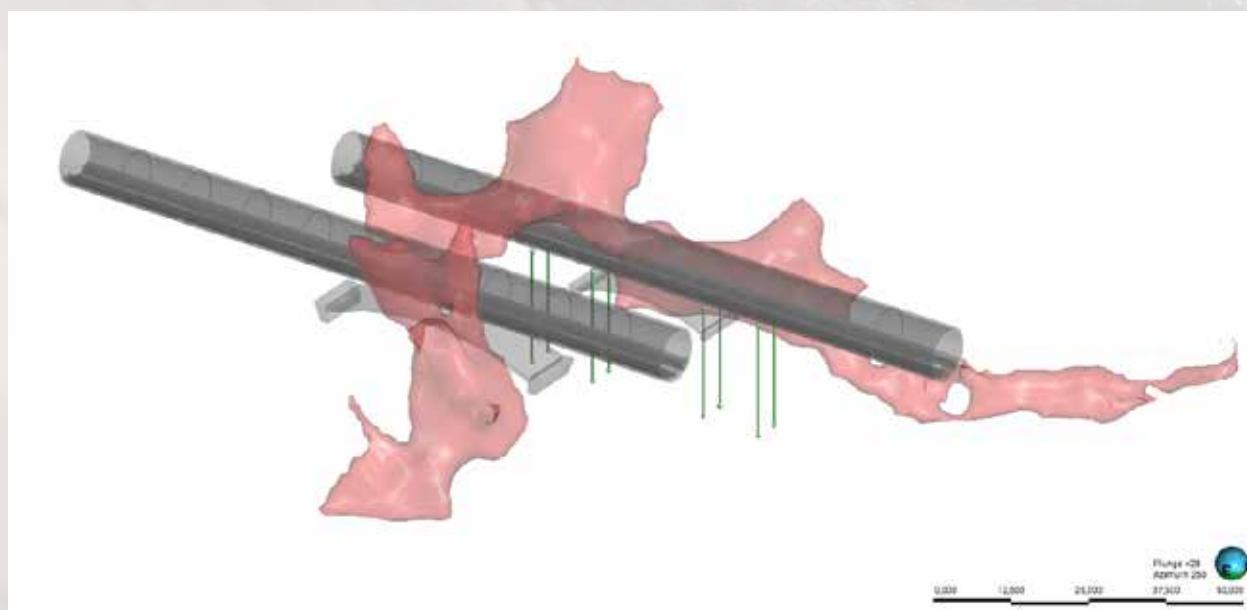
Zaradi neugodnih dimenzij, geometrije in orientacije večjih jam 2TDK-066 in 2TDK-080 smo projektanti izvedli študijo variant za določitev najustreznejše metode premoščanja in nosilne konstrukcije, sposobne prenašati visoke stalne in spremenljive obremenitve. Premostitvena konstrukcija je morala biti umeščena pod predor, da ne bi posegala v njegov profil, pri zasnovi pa so bile v ospredju gospodarnost, trajnost in

zanesljivost. Projektanti so obravnavali štiri variante: osnovni predorski prerez, ločno konstrukcijo, mikropilote in temelje v vodnjakih. Te rešitve so bile podprte s predhodnimi statičnimi in geotehničnimi analizami za oceno nosilnosti tal in modula reakcije tal (Elea iC, 2025; Jemec in dr., 2024).

Geotehnične analize so služile kot osnova za razumevanje območij in smeri glavnih tlačnih napetosti ter usmeritve dodatnih raziskav za preverjanje inženirsko-geoloških in geomehanskih lastnosti hribine, izboljšanje prostorskega razumevanja zakraselosti ter prepoznavanje potencialnih heterogenosti pod talnim obokom predora. Med izkopom predora je bila zbrana obsežna dokumentacija, vključno z geološkimi popisi izkopnih čel, geofizikalnimi in hidrogeološkimi meritvami, rezultati predvrtavanja ter krasoslovnimi podatki.

Ker sta bila umeščanje ločne konstrukcije in njenih opornikov odvisna od zakraselosti in heterogenosti hribine – dejavnikov, ki bi lahko vplivali na gradnjo in dolgoročno stabilnost predora – so bile načrtovane geofizikalne meritve z razporeditvami in globinami vrtin, prilagojenimi odkrivanju kraških pojavov, velikosti okrog 1 m. Dodatne raziskave so vključevale vrtalna dela, video snemanje vrtin, teste s hribinskim Oyo presiometrom, laboratorijske preiskave kamnin in meritve z georadarjem v vrtinah.

Dodatne raziskave so pokazale, da je bil apnenec na načrtovanih lokacijah opornikov razmeroma kompetenten, čeprav lokalno razpokan. Trdnost in deformabilnost hribine, pridobljeni z in-situ presiometrijskimi testi in laboratorijskimi preiskavami, sta bili v veliki meri primerljivi z obstoječo bazo geomehanskih parametrov. Stopnja zakraselosti je bila na splošno nizka do srednja, lokalno visoka. Prisotni so bili manjši kraški pojavi, brez polnitve oz. zapolnjeni s sedimentom, zlasti v območju premoščanja jame 2TDK-080. To je predstavljalo potencialne izzive tako za ločno konstrukcijo kot za kasnejše obratovanje predora.



Slika 1: Pogled na območje analize premoščanja jame 2TDK-066 z lokacijami dodatnih vrtin v servisni cevi



Slika 2: Jama 66 (levo) in 80 (desno) v času izkopa in raziskav

3.3 Predhodne analize različnih rešitev premoščanja večjih jam

Ko je postalo jasno, da bodo za obvladovanje gradnje preko velikih jamskih sistemov potrebni posebni ukrepi, smo projektanti pristopili k iskanju različnih rešitev. Glede na prve podatke o prevotljenosti in razvejanosti podzemlja, nejasnih pogojih temelja, (ne) obstoju kompaktne podlage, podornih blokih, nenosilnem sedimentu, prisotnosti vode ipd. je prva ideja izhajala iz sistema GEWI mikropilotov. Zgornji del premostitve predstavlja masivna armiranobetonska plošča debeline 0,6 m in širine 9,0 m, ki je podprta z mrežo pilotov v poljubnem rastru. Prilagodljivost in robustnost mikropilotiranja zagotavljata stabilno temeljenje tudi v zahtevnih kraških pogojih, saj omogočata prilagoditev dolžine in razmika pilotov glede na specifične geološke pogoje in geometrijske omejitve kraških jam.

Koncept statično nedoločene konstrukcije smo analizirali z upoštevanjem treh sistemov. Statična analiza je sicer pokazala, da je z ustrezno vpetostjo pilota možno zagotoviti nosilnost in stabilnost, vendar je v primeru jeklenih elementov glavna težava v protikorozijski zaščiti armature oz. jeklenih cevi in v tveganju za kraško podzemlje, saj bi pri vrtanju izdatno uporabljali tehnološko vodo, cemente in druge dodatke. Določeno neznanko, in s tem tveganje, je predstavljalo tudi vrtanje skozi rahel nasip z večjimi bloki apnenca.

Enostavnejša rešitev bi bila izvedba z armiranobetonskimi piloti premera $\varnothing 35$ cm, v rastru 2,5 x 2,5 m in z vpetostjo minimalno 3 m. Relativno visoka tlačna in upogibna nosilnost armiranega pilota zagotavlja robusten in zanesljiv podporni sistem, ki se lahko hitro prilagaja nepredvidljivim geološkim pogojem, vendar bi za te pilote potrebovali posebno mehanizacijo, ki pa bi jo bilo težko zagotoviti v kratkem času.

Alternativno smo analizirali tudi ločno konstrukcijo kot nosilni sistem, ki je že zgodovinsko gledano preverjen in izkoristi ugoden vpliv tlačne sile, medtem ko armiranobetonski lok, toga vpet v plitke masivne betonske temelje, zagotavlja enostavno in stabilno konstrukcijo. Za premoščanje smo predvideli lok po celotni širini predora, ki meri 9,0 m in je dolg od 25 m do 45 m. Debelina loka meri od 1,0 do 2,2 m. Glede na razpon smo določili višino temena in radij loka. Za vsako ločno premostitev je bistveno

temeljenje, ki mora biti izvedeno v kompaktni hribini brez votlin pod temeljem, zato smo s 3D modeliranjem in skeniranjem kraških jam ter s podrobnimi geološkimi preiskavami določili optimalno lokacijo temeljev, ki se izogiba votlim delom.

V času izvajanja vrtin za dodatne preiskave premoščanja jame 2TDK-080 v glavni cevi predora T2 se je izkazalo, da bodo pogoji premoščanja bistveno bolj zahtevni. Poleg neugodnega poteka jame – ostri kot glede na predorsko cev, smo pri večini vrtin zaznali še prevotljenost ali zapolnjenost s sedimentom (gline). Lahko bi prišlo do situacije, ko bi bili na daljšem odseku slabi geološki pogoji, kar bi pomenilo, da bi bilo plitko temeljenje neprimerno. Zato smo preverili še varianto temeljenja na vodnjakih. Premostitev bi lahko (ampak ne enostavno) izvedli s klasično armiranobetonsko prekladno ploščo spremenljive debeline, od 1,5 m v polju in 3,0 m nad vodnjakom. Plošča širine 9,0 m je na odseku slabe geologije podprta kontinuirano na vodnjakih premera 6,0 m. Osni razmak med vodnjaki se lahko prilagodi, kot tudi globina temeljenja.

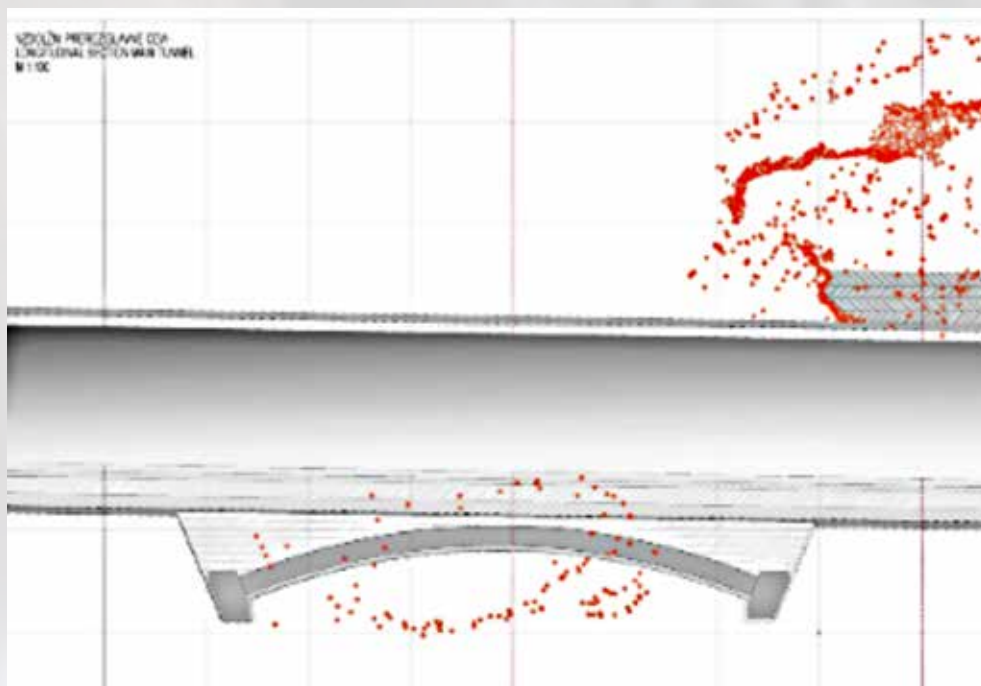
4 Ločna konstrukcija

Ob upoštevanju vseh vidikov in dejavnikov, okoljskih zahtev, enostavnosti rešitve, zagotavljanja varnosti pri izvedbi, razpoložljive mehanizacije na gradbiščih, nenazadnje pa tudi časovne in finančne komponente, je bila izbrana ločna konstrukcija kot izvedljiva in najbolj konkurenčna za vse štiri večje premostitve v predoru T2.

Izbrana varianta premostitve je zasnovana kot monolitna armiranobetonska ločna konstrukcija. Temelji so izvedeni kot pasovni, kontaktno betonirani na brizgani beton na kamniti podlagi, lok pa je togo vpet v temelj. Jame se do dna ločne konstrukcije zasuje z izkopnim materialom, vendar je pri izračunu upoštevana možnost, da se prostor v življenjski dobi objekta posede in izprazni zaradi izpiranja s podzemno vodo, zato je konstrukcija obravnavana kot nepodprta. Poleg tega so bile predvidene tudi nepravilnosti pri izkopu in zasutju, zato je vzpostavitev ločnega učinka dodatno zagotovljena s temeljno blazino iz ekspandiranega polistirena (EPS). Neposreden stik loka s hribino bi namreč lahko povzročil drugačno delovanje konstrukcije od predvidenega, s tem pa neželene obremenitve ali poškodbe.

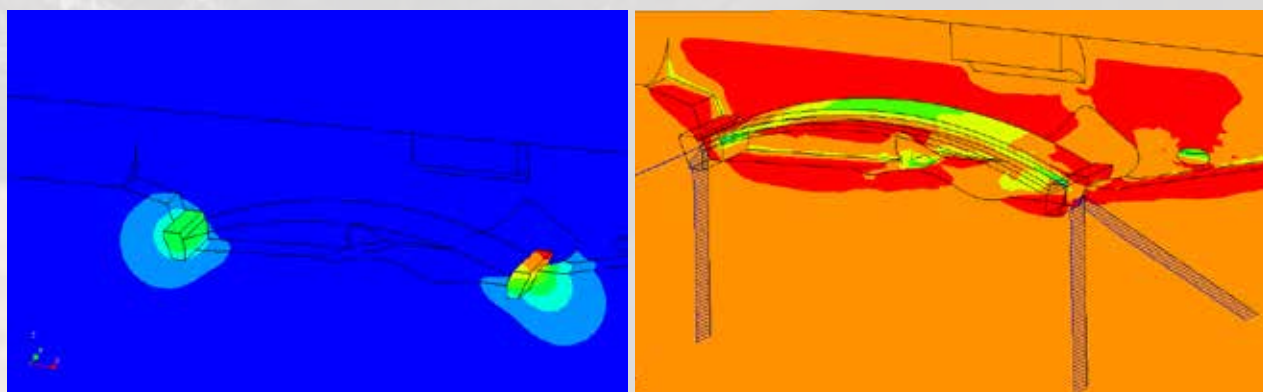
Posebno pozornost smo namenili geometriji konstrukcije, ki je po eni strani omejena z globino izkopa, po drugi pa z maksimalnim radijem loka. Manjšanje radija pripomore k ugodnejšim notranjim silam za vzpostavitev tlačnega učinka, a hkrati povečuje globino temeljev. Zato smo morali poiskati razmerje dimenzij, ki zagotavlja ustrezno delovanje konstrukcije ob čim manj zahtevnih pogojih izvedbe.





Slika 3: Ločna konstrukcija podpira predorsko cev

Poleg statičnih analiz smo izvedli tudi prostorske geotehnične izračune po Metodi končnih elementov z upoštevanjem realne, znane oziroma izmerjene geometrije jamskega prostora. Analize upoštevajo predvideno faznost (jamo, izkop predora, izkop za temelje idr.) in s tem bolj realistično začetno napetostno stanje pred izvedbo premostitvene konstrukcije. Prav tako so realistično upoštevane predvidene obremenitve na konstrukcijo (obtežba zasipa s prostorsko funkcijo, lastna teža, obtežba prometa in med gradnjo obtežba opažnega vozička). Izračun pokaže, da so posedki temeljnih tal pričakovano majhni – govorimo o rangi nekaj milimetrov. Kontaktna napetosti so v rangi 2,5 do 3,5 MPa in so manjše od pričakovane nosilnosti temeljnih tal. Modul reakcije tal je izračunan numerično, in sicer neposredno preko rezultatov izračuna. Rezultati so iz vrednoteni kot razmerje med napetostjo in pomikom temelja v smeri normale temeljne ploskve.



Slika 4: Geotehnični model – nelinearna analiza po MKE in prikaz napetosti ter posedka temelja M

Analize so tudi pokazale, da se večina pomikov pojavi že med gradnjo, med obratovanjem pa ostajajo v mejah, ki zagotavljajo uporabnost in udobje potnikov. Temelji in stik z lokom zahtevajo močno armiranje, medtem ko v preostalem delu loka zadošča minimalna armatura. Rezultate pomikov, notranjih sil in kontaktnih napetosti smo

primerjali z geotehnično analizo, pri čemer se je pri vseh ločnih konstrukcijah pokazalo zelo dobro ujemanje, kar dodatno potrjuje pravilnost statičnega modela.

Preglednica 1: Dimenzije ločnih konstrukcij

Premostitev	Razpon [m]	Širina [m]	Debelina loka [m]	Višina loka [m]	Radij loka [m]	Globina izkopa [m]
066-GC	25,0	9,0	1,0	2,0	32,0	5,0
066-SC	40,0	9,0	1,6	3,9	45,0	8,3
080-GC	35,0	9,0	1,2	4,6	40,0	7,0
080-SC	45,0	9,0	1,4–2,2	4,3	52,8	9,2



Slika 5: Izkop za temelj in armatura ločne konstrukcije

5 Zaključek

Dodatne raziskave so potrdile, da so predvidene lokacije opornikov sestavljene iz razmeroma trdnega apnenca, ki je zmerno, lokalno močno tektonsko poškodovan in zakrasel. Manjši kraški pojavi so bili identificirani predvsem v bližini opornikov za premoščanje jame 2TDK-080, kar predstavlja lokalizirana tveganja pri gradnji predora in njegovem dolgoročnem obratovanju. Vključitev inženirsko-geoloških in geofizikalnih podatkov v 3D-modele je omogočila zanesljivo karakterizacijo podzemnih razmer. Geotehnične numerične analize z metodo končnih elementov (FEM) so pokazale zanemarljiva posedanja ločne konstrukcije, kar potrjuje ustreznost izbrane rešitve.

Celovit pristop je tako potrdil, da je izbrana ločna konstrukcija geotehnično izvedljiva ter zagotavlja varno in trajnostno rešitev za premoščanje velikih kraških jam v predoru T2. Razvite metode premoščanja kraških pojavov dokazujejo, da je mogoče tudi v zelo zahtevnih geoloških in hidrogeoloških pogojih zagotoviti varno, trajno in okolju prijazno gradnjo. Rešitve, ki so nastale pri tem projektu, so lahko pomembna referenca tudi za prihodnje projekte v podobnih geoloških okoljih.

6 Viri in literatura

ELEA iC, d. o. o. (2020), "Interpretacija krasoslovnih pogojev za gradnjo predorov T1 in T2, faza PZI", 190175/1-E/01, 2020.

ELEA iC, d. o. o. (2025), "Premoščanje kraških pojavov – Jama 66 – GC/SC; Jama 80 – GC/SC, faza PZI", 190175/1-2/05, 2025.

IRGO Consulting, d. o. o. & ELEA iC, d. o. o. (2020), "GG elaborat predora T1 in T2, faza PZI", 190175/1-E/02, 2020.

JEMEC, P. (2024), ZUPANČIČ, P., et al. "Gradnja predorov v močno zakraseli kamnini z veliko prevotljivostjo", Zbornik predavanj, 23. Šukljjetov dan, 2024.

PRELOVŠEK, M. (2024), "Poročila krasoslovnega nadzora za jamo 2TDK-066", januar–februar 2024.

PRELOVŠEK, M. (2024), "Poročila krasoslovnega nadzora za jamo 2TDK-080", april–maj 2024.

SCHMIDT, M. (2019), LEHMANN, P. et al., "Geophysical karst and structural exploration of the Divača–Koper tunnels and their integration in BIM", Zbornik referatov, 12. mednarodna konferenca o predorih in podzemnih objektih, 2019.

SCHMIDT, M. (2023), FUX, J., et al., "Geophysical Detection of Karstic Structures Along the Tunnels of the New Divača–Koper Railway Line Using Borehole Radar Technology", Zbornik referatov, 14. mednarodna konferenca o predorih in podzemnih objektih, 2023.



Alenka Dervarič

Alenka Dervarič je arhitektka z dolgoletnimi izkušnjami na področju železniške infrastrukture, ki se je po opravljenem študiju arhitekture na ljubljanski Fakulteti za arhitekturo zaposlila v Projektivnem podjetju Slovenskih železnic. Po desetletju je nadaljevala z delom na SŽ - Infrastruktura, v oddelku za investicije, kjer je skrbela za investicije objektov železniške infrastrukture s poudarkom na visokih stavbah in za celotno podobo objektov ter sodelovala pri inženiringu državnih infrastrukturnih železniških projektov.

Od junija 2019, ko se je pridružila družbi 2TDK, opravlja naloge, povezane s prostorsko in okoljsko problematiko, z monitoringom živalstva in rastlinstva ter s problematiko ravnanja z viški materialov. Zadolžena je tudi za sodelovanje pri pripravi projekta vzporednega tira. Še posebej je ponosna, da je v družbi 2TDK uspešno zaključila dva pomembna projekta, ki temeljita na konceptu zelenega in krožnega gospodarstva. Prvi je povezan z ravnanjem z viški materialov, ki nastanejo pri izkopavanju predorov na drugem tiru. Približno istočasno z njenim prihodom na 2TDK je bilo namreč ugotovljeno, da obstoječa strategija ravnanja z viški materialov ni več uresničljiva zaradi sprememb v prostoru in zakonodaji. Poiskati je bilo treba nove logistične in okoljsko ustrežnejše rešitve, ki jih je našla prav ona. Še posebej zahteven pa je bil drugi projekt, kjer je bilo treba pridobiti gradbeno dovoljenje za ureditev območja Bekovec, ki je v okviru strategije ravnanja z viški materiala namenjeno odlaganju zemeljskega izkopa, ki nastane pri gradnji predorov. Alenka Dervarič je prepričana, da je uspeh pri obeh projektih tudi posledica dobrega sodelovanja celotne ekipe na 2TDK, ki jo je vodila. Alenka Dervarič je vodja projekta Vzporedni levi tir.

Predstavitev projekta Vzporedni levi tir

Alenka Dervarič, univ. dipl. inž. arh.

Vodja projekta

2TDK, Družba za razvoj podjetja, d. o. o.

Povzetek

Ssprejetjem ključnih dveh podlag: Zakonom o spremembah in dopolnitvah Zakona o izgradnji, upravljanju in gospodarjenju z drugim tirom železniške proge Divača–Koper (ZIUGDT-A), ki je stopil v veljavo 23. 11. 2024, ter Uredbo o spremembah in dopolnitvah uredbe o državnem lokacijskem načrtu (DLN) za drugi tir železniške proge na odseku Divača–Koper, ki je stopila v veljavo 9. 11. 2024, je družba 2TDK v novembru 2024 prevzela pristojnosti investitorja vzporednega levega tira.

Z aktivnostmi za vodenje projekta vzporednega levega tira je družba pričela takoj, in sicer na eni strani z aktivnostmi za izdelavo vse investicijske dokumentacije in istočasno za pridobitev finančnih sredstev za izvedbo projekta, po drugi strani pa z aktivnostmi za pripravljalna dela, ki so:

- pridobitev zemljišč za gradnjo in pridobitev dokumentov, ki izkazujejo pravico graditi,
- izdelava okoljske in projektne dokumentacije (DGD in PZI) s pridobitvijo gradbenega dovoljenja v integralnem postopku,
- izvedba recenzije,
- izvedba arheoloških predhodnih raziskav in izkopavanj.

Za vse navedene aktivnosti je treba najprej izpeljati postopke za izbiro izvajalca. Do sedaj sta bila uspešno izpeljana dva javna razpisa za izbiro izvajalca, za kar vemo, da je najbolj ranljiva aktivnost med vodenjem projekta.

Pri vseh postopkih in fazah vodenja projekta bodo uporabljene vse izkušnje, pridobljene v okviru desnega tira. Glavni izzivi bodo vseskozi okolje in velika zahtevnost gradnje na geološko zelo nepredvidljivem terenu.

1 Uvod – drugi tir v preteklem obdobju

V letu 2005 je bil sprejet Državni lokacijski načrt za gradnjo drugega tira železniške proge Divača–Koper, ki je obravnaval en desni tir – novo enotirno progo. Začetek projekta gradnje desnega tira se je precej zamaknil, in sicer v leto 2016, ko je bilo pridobljeno gradbeno dovoljenje, dejanski začetek pa je bil v letu 2019, ko je vodenje projekta prevzela družba 2TDK.

V času od sprejetja Državnega prostorskega akta desnega tira leta 2004 je bil na evropskem nivoju sprejet prednostni evropski projekt št. 6 – Železniška os Lyon–Trst–Divača/Koper–Divača–Ljubljana–Budimpešta–ukrajinska meja, katerega deli so ustrezali V. vseevropskemu koridorju. Kot prioritetni podprojekti so bili predvideni Benetke–Ronchi Sud–Trst–Divača in Koper–Divača–Ljubljana.

V letu 2006 se je iz tega razloga izvedla preveritev navezave novo predvidene proge Trst–Divača na našo novo progo Divača–Koper, z upoštevanjem možnosti izgradnje nove dvotirne proge med Divačo in Koprom. Tako je bila že februarja 2007 izdelana »Preveritev možnosti gradnje nove dvotirne proge Divača–Koper in preveritev možnosti priklopa nove dvotirne konvencionalne proge iz smeri Trsta na traso projektiranega 2. tira proge Divača–Koper«, ki jo je izdelalo podjetje SŽ – Projektivno podjetje Ljubljana.



Slika 1: Proga Trst–Divača s priključkom na progo Divača–Koper na območju Črnega Kala (arhiv: Delo)

Sprememba bi pomenila dopolnitev že veljavnega prostorskega akta desnega tira. Pri iskanju nove rešitve je medvladna slovensko–italijanska komisija na podlagi strokovne podlage za izbor trase in študije upravičeno–sti nove dvotirne proge Trst–Divača v juniju 2008 tudi potrdila varianto, ki je vključevala rešitev priključevanja nove dvotirne proge Trst–Divača na že projektirano enotirno progo Koper–Divača v območju Črnega Kala. S predlagano rešitvijo bi del projektirane trase Koper–Divača na odseku od Črnega Kala do Divače postal dvotiren.

Vendar v nadaljevanju aktivnosti ta varianta na italijanski strani ni bila sprejemljiva, predvsem zaradi okoljskih razlogov. Prav tako ni bila ustrezna druga na novo predlagana varianta nadgradnje obstoječe proge v smeri Divača–Opčine–Ronke, ponovno predvsem iz okoljskih razlogov.

Ker je italijanska stran v letu 2011 odstopila od izbrane variante trase nove proge Trst–Divača, kar pomeni, da se ta proga ne bi priključevala na novo progo Divača–Koper v cepišču Črni Kal, so se aktivnosti (priprava projektne dokumentacije za gradnjo) za novo enotirno progo Koper–Divača nadaljevale skladno z že v letu 2005 sprejeto Uredbo o državnem lokacijskem načrtu za drugi tir železniške proge Divača–Koper. Zamik zaradi tega usklajevanja v poteku aktivnosti je tako trajal kar nekaj let.

V času od leta 2005 do začetka projekta je državni lokacijski načrt doživel še dve spremembi in dopolnitvi v letih 2014 in 2025 predvsem iz okoljskih razlogov, pri čemer je bila izpeljana presoja vplivov na okolje in izdelano Poročilo o vplivih na okolje v letu 2012. Sprememba in dopolnitev državnega lokacijskega načrta v letu 2024 pa je že prostorski akt za oba, levi in desni tir železniške proge Divača–Koper.



Slika 2: Drugi tir – desni tir



Slika 3: Drugi tir – oba tira

2 Aktivnosti za vzpostavitev dvotirnosti

Ne glede na to, da je bil sprejet prostorski akt samo za en tir, ideja dvotirnosti na slovenski strani ni zamrla. Izvedle so se prehodne preveritve upravičenosti, upoštevajoč tudi vlaganja in okoljsko problematiko obstoječega tira med Prešnico in Dekani ter izvedljivost umestitve vzporednega tira z vidika veljavnega prostorskega akta za enotirno progo.

Sledila je preveritev poteka vzporednega levega tira nove proge Divača–Koper (idejna zasnova poteka levega tira nove proge Divača–Koper; št. proj. 3675/IDZ, april 2018), medtem ko je za desni tir že tekla priprava projektne dokumentacije, ki je v največji možni meri upoštevala dejstvo, da bo ob desnem tiru umeščen dodatni levi tir. Glede na zahteve gradbene zakonodaje in v povezavi z zakonodajo s področja prostorskega načrtovanja je bilo treba za realizacijo vzporednega tira zagotoviti ustrezen prostorski akt, zato so se začele aktivnosti za spremembe in dopolnitve veljavnega državnega lokacijskega načrta.

V letu 2019 so se pričeli postopki umeščanja v prostor z objavo pobude za spremembe in dopolnitve državnega lokacijskega načrta za drugi tir železniške proge na odseku Divača–Koper. Vlada RS je dne 24. 10. 2024 sprejela spremembe in dopolnitve državnega lokacijskega načrta za drugi tir železniške proge na odseku Divača–Koper in izdala Uredbo o spremembah in dopolnitvah uredbe o državnem lokacijskem načrtu (DLN) za drugi tir železniške proge na odseku Divača–Koper s pričetkom veljave 15 dni po objavi, kar je 9. 11. 2024.

Postopek je trajal dobrih pet let. Zaradi trenutne gradnje desnega tira so bile aktivnosti v postopku še bolj zahtevne, predvsem usklajevanje z lokalnimi skupnostmi ter usklajevanje končnih rešitev in tehnologije izvajanja del zaradi poteka po naravovarstveno občutljivih območjih – s poudarkom na dolini Glinščice – zaradi dejstva, da en tir na teh območjih že poteka. Zaradi bližine Italije je bilo treba v postopku priprave tega DPN izvesti tudi postopek čezmejne presoje vplivov na okolje.

Po analogiji vodenja projekta desnega tira je bilo odločeno, da je tudi za izvedbo vzporednega levega tira zadolžena družba 2TDK. Zato so se vzporedno vodili postopki za sprejetje Zakona o spremembah in dopolnitvah Zakona o izgradnji, upravljanju in gospodarjenju z drugim tirom železniške proge Divača–Koper (ZIUGDT-A). Slednji je bil objavljen v Uradnem listu RS (Uradni list RS, št. 95/24) dne 8. 11. 2024 in je stopil v veljavo 23. 11. 2024.

Na podlagi navedenega zakona je »drugi tir« vsa javna železniška infrastruktura dveh enotirnih prog (polna dvotirnost), zgrajenih na podlagi že pridobljenega gradbenega dovoljenja št. 35105/118/2011/162 1093-5 z dne 31. 3. 2016 in gradbenega dovoljenja za vzporedni levi tir, ki bo šele pridobljeno v okviru projekta Vzporedni levi tir. Za drugi tir se štejejo tudi vsi novi in obnovitveni ter posodobitveni posegi na isti trasi, ki jih je treba izvesti za obratovanje drugega tira in jih je dopustno izvesti s spremembo



gradbenega dovoljenja ali brez nje. Drugi tir torej pomeni železniško progo polne dvo-tirnosti – levi in desni tir.

V skladu s spremenjenim 22. členom Zakona ZIUGDT-A družba 2TDK za izgradnjo in gospodarjenje z vzporednim levim tirom sklene ločeno koncesijsko pogodbo na podlagi novega koncesijskega akta. Koncesijski akt je bil že sprejet v juniju 2025.

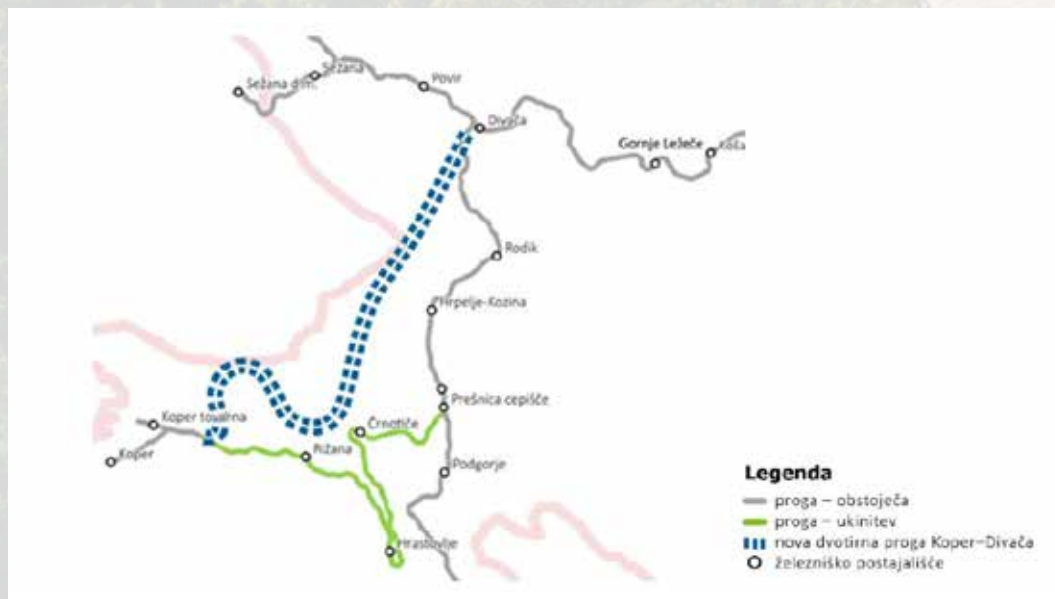
Družba 2TDK je na podlagi navedene zakonodaje, skladno s 23. členom ZIUGDT-A, v novembru 2024 prevzela pristojnosti investitorja vzporednega levega tira z dnem uveljavitve uredbe o državnem prostorskem načrtu za vzporedni levi tir.

3 Umestitev vzporednega levega tira v prostor

3.1 Izbrana varianta 2

V fazi študije variant so bile preučene variante, ki so vključevale samo variante vzporednega poteka levega in desnega tira na relaciji Divača–Koper, in sicer:

1. Varianta 1: t. i. ničelna opcija, brez dograditve vzporednega (levega) tira, kot osnova za primerjavo, in sicer kot kombinacija obstoječe enotirne železniške proge in drugega (desnega) tira. Na obstoječi progi obratujejo lokalni potniški vlaki v obe smeri, tovorni vlaki pa v smeri Divača–Koper, na drugem tiru pa tovorni vlaki v smeri Koper–Divača in mednarodni oziroma regionalni potniški vlaki v obe smeri.
2. Varianta 2: kombinacija drugega (desnega) tira, načrtovanega levega tira in obstoječe proge med Divačo in cepiščem Prešnica. Na obstoječi progi na odseku Divača–cepišče Prešnica obratujejo čezmejni vlaki do Pulja (Hrvaška), tovorni in potniški vlaki (mednarodni in regionalni) obratujejo na drugem tiru v eno smer, na načrtovanem levem tiru pa v nasprotno smer. Obstoječa proga med Prešnico in Koprom se demontira in se lahko nameni drugi rabi.
3. Varianta 3: kombinacija drugega (desnega) tira, načrtovanega levega tira in obstoječe proge. Na obstoječi progi obratujejo lokalni potniški vlaki na relaciji Divača–Koper ter potniški in tovorni čezmejni vlaki do Pulja (Hrvaška), na drugem (desnem) tiru tovorni in potniški vlaki (mednarodni in regionalni) obratujejo v eno smer, na načrtovanem levem tiru pa v nasprotno smer.



Slika 4: Izbrana varianta 2 (vir: Investicijska zasnova)

Študija variant se je na podlagi prostorsko-družbenega, varstvenega, funkcionalnega in ekonomskega vidika ter z vidika sprejemljivosti v lokalnem okolju zaključila z izborom variante 2, ki tako predvideva umestitev vzporednega levega tira k že načrtovanemu desnemu tiru (v izgradnji), obstoječa proga med Prešnico in Koproj pa se po izgradnji levega tira opusti.

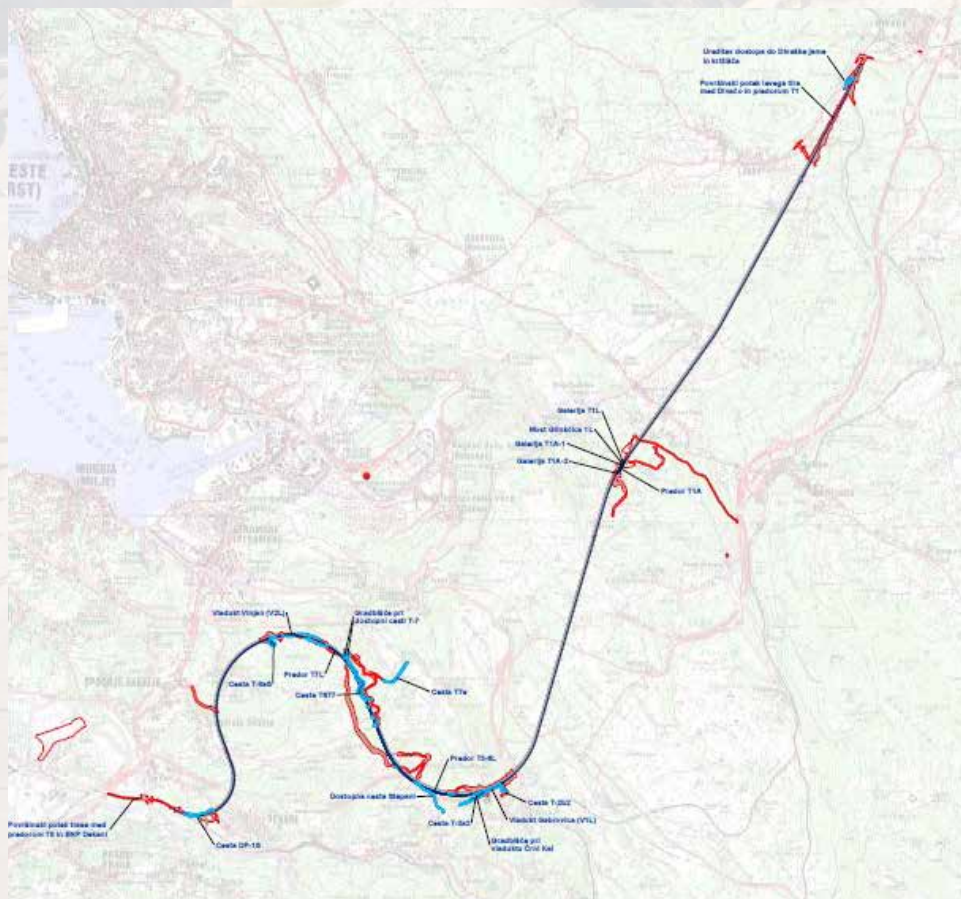
V izdelanem Okoljskem poročilu za drugi tir nove železniške proge na odseku Divača–Koper je bil kot scenarij z najmanjšimi vplivi na okolje ovrednoten scenarij 2 (VARIANTA 2) z levim tirom ob desnem v obstoječem koridorju ter z opustitvijo obratovanja obstoječe železniške proge med Prešnico in Koproj. Ravno opustitev obratovanja tega dela železniške proge bo po dokončanju polne dvotirnosti privedla do pomembnega zmanjšanja negativnih vplivov na vodovarstveno območje, zmanjšanja pritiskov na naravovarstveno pomembno območje Kraškega roba in zmanjšano obremenjenost okolja s hrupom.

3.2 Vsebina sprememb in dopolnitev prostorskega akta

Spremenjeni in dopolnjeni prostorski akt obravnava vse posege v prostor in ureditve, ki so potrebne za vzpostavitev polne dvotirnosti. Trasa levega tira poteka vzporedno z desnim tirom v gradnji.

Zgrajeni so že trije dolgi predori T1, T2 in T8, ki so trenutno servisne cevi desnega tira. Po izgradnji levega tira bodo glavne cevi enega ali drugega tira služile tudi kot servisne cevi enega ali drugega tira. Sicer pa predstavlja levi tir vzporedno traso z vsemi elementi in objekti, tiri in tirnimi napravami.





Slika 5: Objekti vzporednega levega tira (vir: Okoljsko poročilo)

Elementi trase drugega tira železniške proge v primerjavi levega in desnega tira so:

- dolžina trase (km): 27,101 (desni tir), 26,948 (levi tir),
- dolžina novozgrajenega tira (km): 25,915,
- Vmax (km/h): 160 (desni in levi tir),
- največji vzdolžni nagib imax (‰): 17 (desni tir), 17,23 (levi tir),
- število predorov: 7 (desni tir), 6 (levi tir),
- število novozgrajenih predorov: 3,
- skupna dolžina železniških predorov (km): 20,322 (desni tir), 20,950 (levi tir),
- skupna dolžina novozgrajenih predorov (km): 4,407,
- delež predorov glede na celo traso: 77,7 %,
- število viaduktov: 2 (desni in levi tir),
- skupna dolžina železniških viaduktov (km): 1,080 (desni tir), 1,060 (levi tir),
- svetli profil GC.

Računska hitrost za določanje horizontalnih in vertikalnih elementov na progi je na pretežnem delu 160 km/h. Na začetnem delu proge pri Divači je v prvi krivini računska hitrost 100 km/h, saj je hitrost skozi postajo Diva-ča omejena na 70 km/h. Na zadnjem delu trase, ko se ta približuje postaji Koper tovarna, pa hitrost pada po-stopoma po odsekih najprej na 120 km/h in nato še na 100 km/h. Obstoječa cepna kretnica za potniško posta-jo Koper dovoljuje največjo hitrost v odklon 80 km/h ($R = 760$ m). Računske hitrosti ustrezajo maksimalnim hitrostim klasičnih vlakov.

OBJEKTI

Na trasi levega tira so naslednji objekti: šest predorskih cevi, dva viadukta, en most, tri galerije, enajst prepustov, ena oporna stena in en podporni zid. Zaradi gradnje levega tira je potrebna zgraditev ali preureditev osmih dostopnih cest. Na eni dostopni cesti se zgradi dodaten cestni viadukt, na eni pa cestni most.

Predori

Zaradi umestitve vzporednega levega tira je treba dodatno zgraditi nove predore na tistih delih trase, kjer pri gradnji desnega tira ni bila potrebna gradnja servisnih cevi. Potrebne so novogradnje in preureditve naslednjih predorov:

- predorska cev T1L, od km 2+967 do km 9+648 (6681 m) – prilagoditev obstoječe servisne cevi,
- predorska cev T1A, od km 9+765 do km 9+845 (80 m),
- predorska cev T2L, od km 9+929 do km 15+971 (6042 m) – prilagoditev obstoječe servisne cevi,
- predorska cev T3-6L, od km 16+620 do km 19+820 (3200 m),
- predorska cev T7L, od km 19+945 do km 21+073 (1127 m),
- predorska cev T8L, od km 22+301 do km 26+120 (3818 m) – prilagoditev obstoječe servisne cevi.

Servisne predorske cevi desnega tira T1, T2 in T8 se preuredijo v predore levega tira T1L, T2L in T8L.

Navezave servisnih predorskih cevi na predorih, ki nimajo servisnih cevi (T3-6L in T7L)

Izvedejo se naslednje prečne servisne navezave z desnim tirom:

- izhodna predorska cev IPC-T3-6L-A v km 17+248 (27 m),
- izhodna predorska cev IPC-T-4a v km 17+946, podaljšanje v dolžini 30 m,
- izhodna predorska cev IPC-T-4b v km 18+623, podaljšanje v dolžini 20 m,
- izhodna predorska cev IPC-T3-6L-B v km 19+268 (15 m),
- izhodna predorska cev IPC-T7 v km 20+532, podaljšanje v dolžini 10 m.

Premostitveni objekti – viadukti in mostovi

- V dolini Glinščice se izvede most Glinščica 1L v zaprtem profilu, od km 9+683 do km 9+748 (64 m),
- viadukt V1L – Gabrovica, od km 16+214 do km 16+566 (352 m),
- viadukt V2L – Vinjan, od km 21+564 do km 22+273 (708 m),
- viadukt na dostopni cesti T-2b2 (112 m) zaradi dostopa do servisnega platoja med predorom T2 in viaduktom V1,
- most preko Osapske reke na dostopni cesti T-7e (15 m).

Galerije

V dolini Glinščice se izvedejo naslednje galerije:



- galerija T1L, od km 9+648 do km 9+683 (36 m),
- galerija T1A-1, od km 9+748 do km 9+765 (17 m),
- galerija T1A-2, od km 9+845 do km 9+929 (85 m).

Galerije v dolini Glinščice skupaj z mostom Glinščica 1L in predorom T1A tvorijo zaprt prečni profil. Objekti za prehod Glinščice so oblikovani tako, da konstrukcija v prečnem prerezu tudi v primeru iztirjenja vlaka preprečuje, da bi se kompozicija prevrnila v dolino Glinščice. Konstrukcija se zasnuje tudi kot ustrezna protihrupna zaščita.

Prepusti

Zaradi gradnje levega tira bo treba dograditi 7 prepustov, ki so zgrajeni v okviru PZI 2TDK. Trije prepusti iz sklopa PZI 2TDK, ki bodo pod novim tirom, so ustrezni in ne potrebujejo dodatnih posegov.

Podporne in oporne konstrukcije

Izven predorskih portalov bo treba na platoju med predoroma T3-6L in T7L zgraditi eno samostojno sidrno steno, zgraditi pa je treba še AB podporni zid, temeljen na uvrstanih pilotih, tik pred viaduktom V2L »Vinjan«.

Dostopne ceste

Predvidene so tudi štiri dodatne dostopne ceste (T6T7, T7-e, T-3a2 in T-2b2) v skupni dolžini 2335,75 m ter izvedba dveh delnih rekonstrukcij cest (T8a in DP-1) v skupni dolžini 1617,90 m. Na cesti T-2b2 se zaradi premoščanja doline zgradi tudi viadukt dolžine 112,20 m.

Ob Divaški jami se uredi cestni priključek na R1-205/1026 (Divača–Lokev–Lipica, NPP z levim zavijalnim pasom = 12,0 m). Na podlagi pripomb javnosti se za potrebe gradbišča uredi dostopna cesta Stepani. Predvidena je rekonstrukcija/razširitev obstoječe ceste od odcepa Stepani do nadvoza čez AC.

V uporabi bodo do konca gradnje vse že izvedene dostopne ceste za potrebe levega tira.

Odprta trasa

Širitve nasipnih in vkopnih predelov odprte trase za zagotovitev zadostne širine levemu tiru in preureditve platojev:

- na vstopnem portalu T1L,
- na območju Glinščice v zaprtih/galerijskih profilih,
- na izstopnem portalu T2L,
- na vstopnem portalu T3-6L z montažnim preходом, asfaltirano (48 m × 55 m),
- med T3-6L in T7L s kretniško zvezo, z montažnim preходом, asfaltirano (40 m × 170 m),
- na izstopnem portalu T7L z montažnim preходом, asfaltirano (38 m × 80 m),

- na vstopnem portalu T8L z montažnim prehodom, asfaltirano (48 m × 49 m),
- na izstopnem portalu T8L.

Rešitve na odprti trasi lahko obsegajo tudi podporne in oporne zidove oz. ukrepe za stabilizacijo brežin.

V okviru posegov se izvajajo vse potrebne regulacije vodotokov (predvidoma 11 vodotokov) in odvodnjavanje, ki se izvaja z zemeljskimi jarki, tlakovanimi jarki, kanaletami in drenažami. Voda se vodi v požiralnike ter po pobočnih kanaletah in jarkih v prepuste in druge vodotoke.

Električno vozno omrežje

Na celotni trasi novega tira, razen zadnjega kilometra pred postajo Koper tovorna, se zgradi nova vozna mreža s povratnim vodom. Napajala se bo iz obstoječih ENP Divača in Dekani ter nove ENP Črni Kal. Zaradi novega tira so predvidene tudi manjše predelave v ENP Črni Kal.

Signalnovarnostne in telekomunikacijske naprave

Na celotni trasi novega tira, razen zadnjega kilometra pred postajo Koper tovorna, bo že z desnim tirom zgrajeno osnovno omrežje SVTK naprav in napeljav. Te naprave bo treba z gradnjo levega tira uskladiti in dograditi, kar bo predmet natančne obdelave v projektni dokumentaciji.

Naprave za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov

V veljavi je Zakon o uvajanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije (ZUNPEOVE; Uradni list RS, št. 78/23 in 95/24).

Skladno z vsebino navedenega dokumenta je planiranje, načrtovanje, postavitve in obratovanje fotonapetostnih naprav in vetrnih proizvodnih naprav ter z njimi povezane omrežne infrastrukture poseg v javno korist ter služi interesu javnega zdravja in javne varnosti. Glede na predpisana prednostna območja umeščanja fotonapetostnih naprav se kot tako šteje med ostalim tudi železniško območje, kot ga opredeljuje zakon, ki ureja varnost železniškega prometa.

Prostorski akt drugega tira za polno vzporednost ne obravnava navedenih posegov. Upoštevajoč 20. člen ZUNPEOVE spadajo posegi za proizvodnje električne energije pod dopustne dodatne prostorske ureditve v območju državnega prostorskega izvedbenega akta, ki je že v veljavi. V času projekta Desni tir je družba TDK že pridobila študijo izvedljivosti sončnih elektrarn »Sončne elektrarne na trasi drugega tira Divača – Koper«.

Glede na navedeno se je družba odločila v fazi načrtovanja proučiti postavitve sončnih elektrarn na ustreznih lokacijah in izdelati ustrezno dokumentacijo za naslednje lokacije:



- odprta trasa do portala predora T1 (Lokev),
- odprta trasa med portalom T7 Koper do viadukta Vinjan,
- streha objekta ENP Črni Kal,
- odprta trasa in okolica platoja T8 Koper.

Cilj naročnika je v prvi fazi predvsem zagotoviti obseg proizvodnje, enak ocenjeni porabi opreme na obeh tirih. V nadaljnji fazi pa glede na izkušnje iz obratovanja zagotoviti čim bolj pripravljeno dokumentacijo za razširitev sistema napajanja predorskih sistemov iz sončnih elektrarn glede na morebitne dodatne potrebe ali zainteresiranost drugih ter danih možnosti za to.



Slika 6: Objekti SE – plato T8 (vir: Študija izvedljivosti SE)

4. Izzivi pri projektu Vzporedni levi tir

Med gradnjo desnega tira smo naleteli na kar nekaj izzivov, ki smo jih uspešno rešili in jih še rešujemo, ter pri tem pridobili raznolike izkušnje. Vseskozi smo se morali intenzivno ukvarjati z ravnanjem z viški materialov, ki nastanejo pri gradnji, ter z varovanjem okolja in spoštovanjem vseh zahtev iz okoljskih dokumentov. Vse na novo pridobljeno znanje in izkušnje bomo uporabili pri vodenju projekta vzporednega tira. Vsak projekt ima svoje specifične – in tako je tudi pri levem tiru.

Gradnja pod prometom

Pri začetku gradnje desnega tira v prostoru ni bilo še ničesar. Tudi trasa poteka izven vseh do tedaj obstoječih koridorjev. Torej pri gradnji desnega tira ni bilo nobenih zahtev zaradi obratovanja že obstoječega železniškega prometa. Pri levem tiru, glede na trenutni terminski plan desnega tira, pa bo gradnja potekala, ko bo promet po desnem tiru že stekel. Desni tir je elektrificirana proga, kar je glede na varnost pri izvajanju del še posebej pomembno. To za sabo potegne zelo natančen pristop že v fazi načrtovanja projektne dokumentacije, v kateri bo moral projektant izdelati natančno tehnologijo izvajanja del in – če bo treba – temu prilagoditi tudi projektne rešitve. Rešitve morajo biti take, da bo motenj obratovanja čim manj. Če bo treba ustaviti promet in uvesti

zapore tira, ki pomenijo zamude, pa je treba zaporo napovedati tri leta prej, ker se na tej trasi odvija mednarodni promet.

Tako bodo med ostalim obvezni dokumenti kot sestavni del projektne dokumentacije:

- Elaborat tehnologije faznosti izvajanja del, v katerem bo treba natančno opredeliti tehnologijo gradnje, vključno z opisom posameznih faz oz. predvidene tehnologije izvajanja del na posamezni lokaciji gradbišča. Posledično morajo biti opisane tudi potrebne prometne ureditve skladno s terminskim planom izvedbe in planiranimi zaporami desnega tira za izvedbo (z navedbo vrste dela, vrste zapore (stalna, dnevna), trajanja dnevne zapore ...). Natančno je treba opisati, kaj zajema posamezna faza, kako to vpliva na tehnologijo prometa in kako se bo odvijal promet na območju desnega tira. Podatke o faznosti izvajanja del je treba upoštevati tudi pri drugih elaboratih, npr. v oceni obremenjenosti s hrupom v času gradnje.
- Elaborat začasnih ukrepov na železniški in cestni infrastrukturi zaradi gradnje, v katerem bo treba natančno opredeliti začasne ukrepe, tako terminsko kot finančno.
- Elaborat tehnologije železniškega prometa v času izvajanja del mora ločeno obravnavati izvedbo priključitve levega tira za postajo Divača in dela pri izgradnji levega tira. Pri slednjih je treba predvsem obravnavati gradnjo načrtovanega levega tira na območju priključevanja na obstoječe stanje na širšem območju ENP Dekani. Dejstvo je, da so v sklopu desnega tira določene naprave že izvedene, zelo pomembno pa je, kako in kdaj bodo na obstoječe tirne naprave preklopljene posamezne nove naprave, izvedene v okviru levega tira.

Cilj dobre priprave projektne dokumentacije je, da so rešitve take, da v čim manjši meri vplivajo na odvijanje prometa ter s tem na zamude in manjše stroške.

Viški materialov

V času izvajanja desnega tira je nastalo pri gradnji predorov okoli 4,3 mio m³ izkopnega materiala, od katerega sta bila v zemeljskem izkopu, ki ima status nenevarnega odpadka, apnenec in fliš. Po ugotovitvi, da sta slednja mineralni surovini, ju je skladno z veljavno zakonodajo naročnik proglasil za stranski proizvod, ki je z nadaljnjo predelavo uporabljen. Cilj je bil, da se apnenec v čim večji meri uporabi za lastne potrebe za aggregate in betone, fliš, ki je manj uporabljen v okviru gradnje drugega tira, pa se je v neporabljenih količinah uporabil za sanacijo opuščenih delov bližnjih kamnolomov, kar prostorski akt DLN tudi dovoljuje ob pogoju, da ima lokacija za to ustrezne dokumente in dovoljenja. Z zemeljskim izkopom pa je bilo urejeno degradirano območje Bekovec, in sicer z izvedeno rekultivacijo degradiranega območja v kmetijske namene. Celoten način ravnanja z viški je zasledoval koncept krožnega gospodarstva.

V primeru levega tira je situacija nekoliko drugačna, ker je količina izkopnega materiala manjša, hkrati pa, ker gre za gradnjo predorov v flišu, apnenca praktično ni.



Pričakovane količine:

Izvor materiala	Vrsta materiala	Načrtovani levi tir
Levi tir – IDP	material zaradi izgradnje levega (vzporednega) tira drugemu tiru (apnenec)	77.500
	Fliš – mineralna surovina	538.038
	Gradbeni odpadki 17 05 04	71.895
	Skupaj	687.433

Analogno s strategijo desnega tira bo v fazi priprave projektne dokumentacije tudi strategija ravnanja z viški levega tira natančno določena. Apnenec, kolikor ga bo, bo porabljen na lastnih gradbiščih levega tira, fliš, ki ne bo porabljen na projektu, pa bo porabljen za sanacijo opuščenih delov bližnjih kamnolomov. Prav tako bodo določene lokacije za zemeljski izkop.

Okolje

Trasa projekta Levi tir železniške proge Divača–Koper kot vzporedni tir desnemu tiru poteka preko več območij velikega naravovarstvenega pomena in po kar nekaj okoljsko pomembnih in varovanih območjih, med katerimi so najpomembnejša:

- območje Krasa z razvejanim podzemnim kraškim svetom,
- območje Kraškega roba,
- Krajinski park Beka s sotesko Glinščice in dolino Griže,
- doline Škofijskega, Vinjanskega, Plavskega in Krniškega potoka,
- povodje reke Rižane in Osapske reke ter
- območje Nature 2000.

Skladno z izkušnjami desnega tira bo treba izpeljati vse z zakonom predpisane postopke in posledično izdelati vse okoljske dokumente za pridobitev gradbenega dovoljenja kot za čas izvedbe in za fazo obratovanja. Naročnik se je odločil za pridobitev dovoljenja v integralnem postopku skladno s 70. členom GZ-1.

V fazi sprejema DLN SD2 je bilo vključno s strokovnimi podlagami izdelano:

- Okoljsko poročilo za drugi tir nove železniške proge na odseku Divača–Koper (Aquarius, d. o. o., št. projekta 200436/1, november 2022 in april 2024),
- z Dodatkom za varovano območje za drugi tir nove železniške proge na odseku Divača–Koper za presojo sprejemljivosti vplivov izvedbe plana na varovana območja narave (Aquarius, d. o. o., št. projekta 200436/1, november 2022, marec 2023 in april 2024).

Vsa navedena izhodišča in dokumenti so osnova za nadaljnje okoljske aktivnosti skladno z veljavno zakonodajo. Skladno z Uredbo o posegih v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje, je vzporedni levi tir kot predmet spremembe in dopolnitve državnega lokacijskega načrta objekt z vplivi na okolje oz. objekt, za katerega je treba izvesti postopek presoje vplivov na okolje. V PVO je treba presojati tudi vse spremljajoče

ureditve, ki bodo predmet posega in niso zajete v DPN SD2. Ključno je, da se pri presoji upoštevajo kumulativni vplivi levega in desnega tira na okolje.

Tako bo treba v nadaljnjih fazah izdelati naslednje glavne dokumente:

- Poročilo o presoji vplivov na okolje (PVO) po izvedenem postopku Presoje vplivov na okolje, vključujoč čezmejno presoj o vplivov na okolje; PVO bo že natančneje predpisal ukrepe in vrste posameznih monitoringov okolja,
- Dodatek k PVO za varovana območja v skladu s Pravilnikom o presoji sprejemljivosti vplivov izvedbe planov in posegov v naravo na varovana območja,
- Elaborat o izvajanju ukrepov za preprečevanje onesnaževanja na območju Glinščice (faza PZI),
- Elaborati za izvajanje ukrepov v času gradnje in izvajanje monitoringa za posamezna področja v projektu za izvedbo (faza PZI),
- Načrt celostnega načrta monitoringa za čas gradnje in čas obratovanja.

Ključno pri izdelavi vseh okoljskih dokumentov v času načrtovanja je sodelovanje med načrtovalcem okoljskega dela in izdelovalcem PZI, ki okoljskemu delu predloži vhodne podatke.

Po izbiri izvajalca za izvedbo gradnje bo le-ta zadolžen za izdelavo dokumentov v času gradnje, in sicer mora izdelati:

- Načrt monitoringa posameznega izvajalca monitoringa za posamezno vrsto monitoringa,
- Tehnološke elaborate (TE) izvajalca za posamezna dela za čas izvajanja del, ki upoštevajo vse zahteve, ukrepe in omilitvene ukrepe za čas izvedbe, predpisane v vseh predhodno sprejetih in naštetih veljavnih okoljskih dokumentih.

Za levi vzporedni tir pričakujemo podobne ukrepe za varovanje okolja, kar bo najpomembnejše ravno v času gradnje, ko so pričakovani vplivi največji. Skladno z uredbo je treba preverjati hrup, vode, zrak – prašne delce, tla, odpadke, vibracije in svetlobno onesnaževanje. Poleg teh preverjanj se preverjajo tudi narava in določene živalske vrste (ribe, raki, netopirji, dvoživke, ptice, habitatni tipi in vodni organizmi). V uredbi se je pojavil še dodaten pogoj v zvezi z dvema vrstama metuljev, na kateri je treba paziti pri krčenju gozdnih površin in posledično pri ustrezni ponovni vzpostavitvi gozdnega roba. Dikcija iz uredbe se glasi:

»Zaradi varstva črtastega medvedka (*Callimorpha quadripunctaria*) se po izvajanju posegov na območjih, kjer je bil gozd izkrčen, zagotovi gozdni rob.«

»Z namenom zmanjšanja negativnih vplivov zaradi poseganja v habitat kraškega zmrzlikarja (*Erannis anke-raria*) je treba novo nastali gozdni rob ob novi dostopni cesti T-2b2 zasaditi s sadikami gradna (*Quercus petra-ea*) in puhastega hrasta (*Quercus pubescens*).«

Glede na vse bodoče izdelane okoljske dokumente, navedene v prejšnjem odstavku, in glede na predvidevanje, da bo v fazi gradnje vpliv na okolje največji, je pričakovano,



da bodo tudi ukrepi v času gradnje levega tira za varovanje okolja, ohranjanje narave in kulturne dediščine natančno predpisani, vse z namenom, da se vpliv med gradnjo zmanjša na najmanjšo možno raven. Pričakovano je, da bodo ukrepi na nekaterih vsebinah enaki ali celo še strožji kot pri tiru v gradnji. Vsi do sedaj izdelani dokumenti desnega tira, kot tudi meritve bodo vhodni podatki za nadaljevanje na levem tiru. Že vzpostavljena merilna mesta bodo v največji možni meri privzeta tudi v nadaljevanju, poleg morebitnih novih.

Pričakovana problematika glede na izkušnje desnega tira

- Izkušnje kažejo, da bomo morali varovanju voda v času gradnje dodati še dodatne omilitvene ukrepe oziroma pogoje v času gradnje.
- Geomehansko problematično obstoječe stanje na posameznih lokacijah trase in kot najbolj nepredvidljivo na območju Glinščice (kar je podrobneje obravnavano v drugih predstavitev).
- Za zaščiteno območje doline Glinščice že v okviru desnega tira velja strožji režim, in sicer:
 - komunalnih in padavinskih vod iz premičnih (začasnih) naprav in objektov ni dovoljeno odvajati v tla ali vodotok;
 - odpadne/tehnološke vode se ne smejo spuščati v strugo Glinščice;
 - vso uporabljeno tehnološko vodo je treba zbirati in kontrolirano uporabljati med gradnjo. Če je preveč, jo je treba odvažati s področja gradbišča Glinščice;
 - v nobeni fazi izvajanja del ni dovoljeno posegati v strugo in brežine Glinščice.



V dolini Glinščice je v vodotoku že zdaj postavljena avtomatska merilna naprava, ki meri osnovne prametre vode 24/7, tako da je nadzor glede na tako stroge pogoje stalen in je na podlagi rezultatov možno takojšnje ukrepanje.

Ključno za uspešno obvladovanje celotne okoljske problematike je, da se v celotni fazi gradnje izvaja stalna kontrola nad izvajanjem del in nad spoštovanjem zahtevanih okoljskih ukrepov z vzpostavitvijo sistema operativne logistike in stalnega nadzora.

Slika 7: AMP Glinščica (vir: arhiv 2TDK)

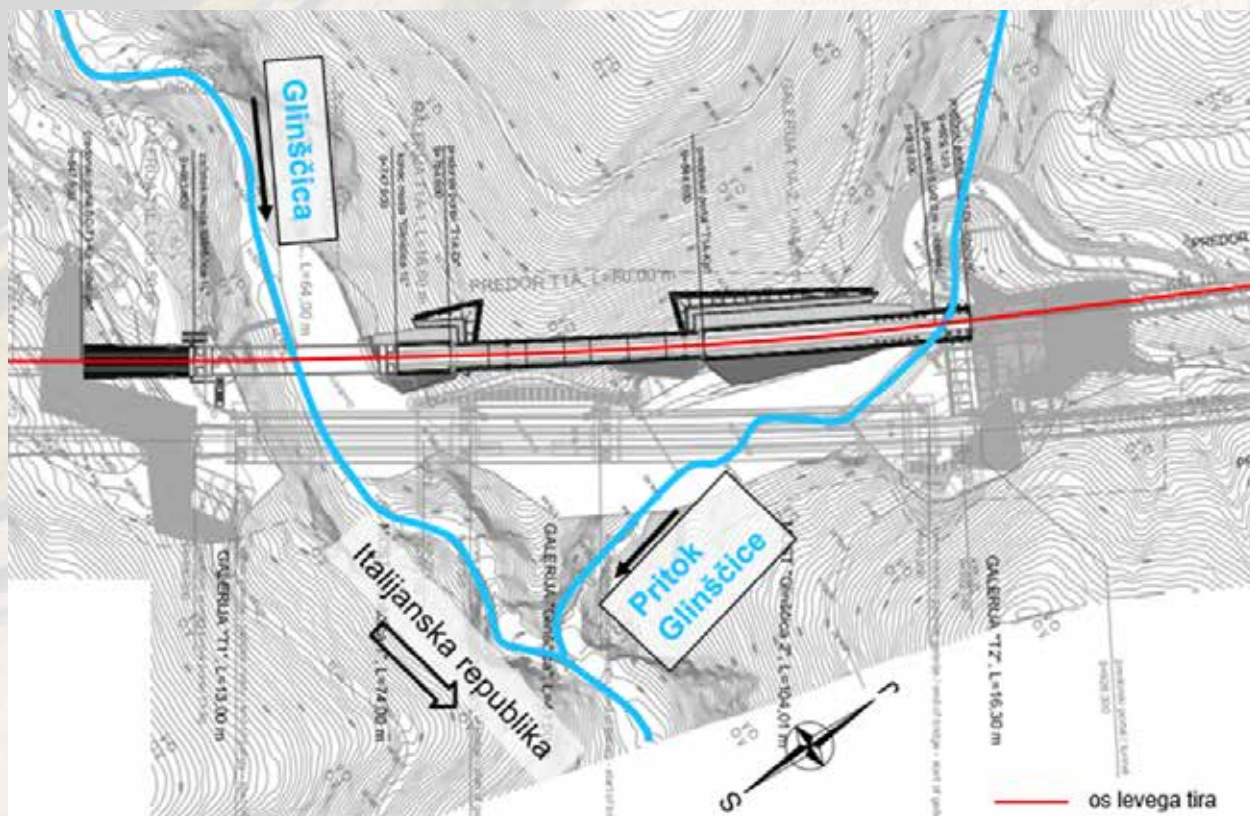
Čezmejna presoja

Zaradi bližine Italije je Drugi tir projekt, ki bi lahko imel čezmejne vplive na okolje. Skladno z Zakonom o varstvu okolja in Zakonom o ratifikaciji Protokola o strateški presoji vplivov na okolje h Konvenciji o presoji čezmejnih vplivov na okolje (Uradni list RS

– Mednarodne pogodbe, št. 11/10) se že pri umeščanju v prostor v okviru strateške presoje vplivov na okolje izvaja postopek čezmejne presoje vplivov na okolje. Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo je februarja 2024 obvestilo Italijansko republiko o pripravi sprememb in dopolnitev prostorskega akta ter ji posredovalo prevod Okoljskega poročila.

V aprilu 2024 so sledile tehnične konzultacije s predstavniki Italijanske republike, kjer sta bila predstavljena vsebina in obseg DPN ter podana pojasnila na izpostavljena vprašanja. Ker hkrati poteka tudi gradnja desnega tira, je bilo s predstavniki Italijanske republike dogovorjeno, da se med gradnjo bodočega levega tira izvaja monitoring voda, narave, hrupa in krajine tudi na njihovem ozemlju, torej skupni monitoring za spremljanje ustreznosti predpisanih omilitvenih ukrepov.

Skladno s konvencijo ESPOO bo čezmejna presoja na nivoju projekta izvedena tudi v fazi presoje vplivov na okolje, v postopku pridobivanja integralnega gradbenega dovoljenja, kar nas čaka v nadaljnjih aktivnostih.



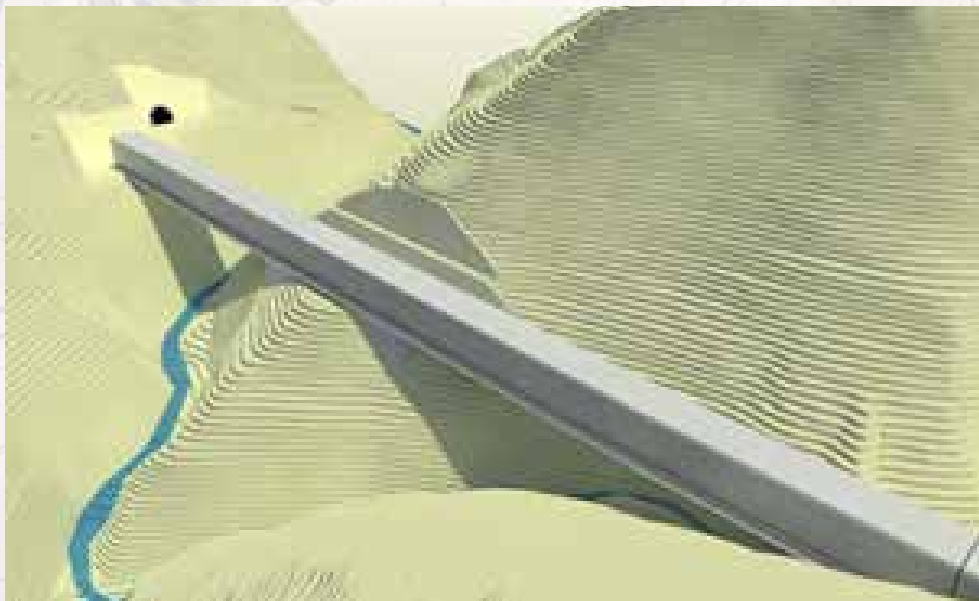
Slika 8: Prikaz ureditve v dolini Glinščice z vidika bližine Italije (vir: Pačnik in Zupančič, 2024)

6 Dolina Glinščice

V dolini Glinščice odprta trasa proge med predoroma T1 in T2 poteka skladno z okoljskimi zahtevami po zaprtem viaduktu.

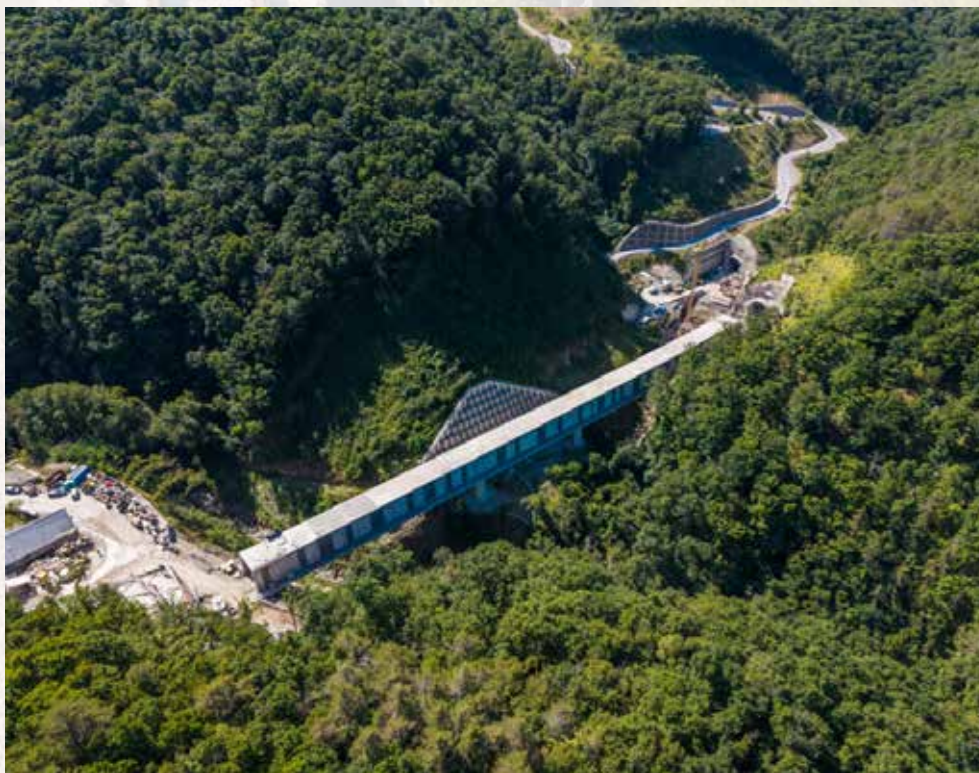
Prva različica v fazi načrtovanja je bila izvedba nasipa, ki bi zaprl dolino, reka Glinščica pa bi bila s prepustom speljana z ene strani nasipa na drugega.

Tako zaradi mostne konstrukcijske zasnove poseg ne vpliva na režim vodnega habitata in rečne doline zaščitene območja.



Slika 9: Prikaz potrjene variante v PVO (vir: PVO, Pro Loco)

Ker pa je Viadukt Glinščica izveden v celoti v zaprti galerijski zasnovi, je v fazi obratovanja preprečen vsak vpliv na dolino Glinščice v primeru morebitne nesreče v času obratovanja, hkrati pa zmanjšan tudi vpliv hrupa zaradi odvijanja železniškega prometa.



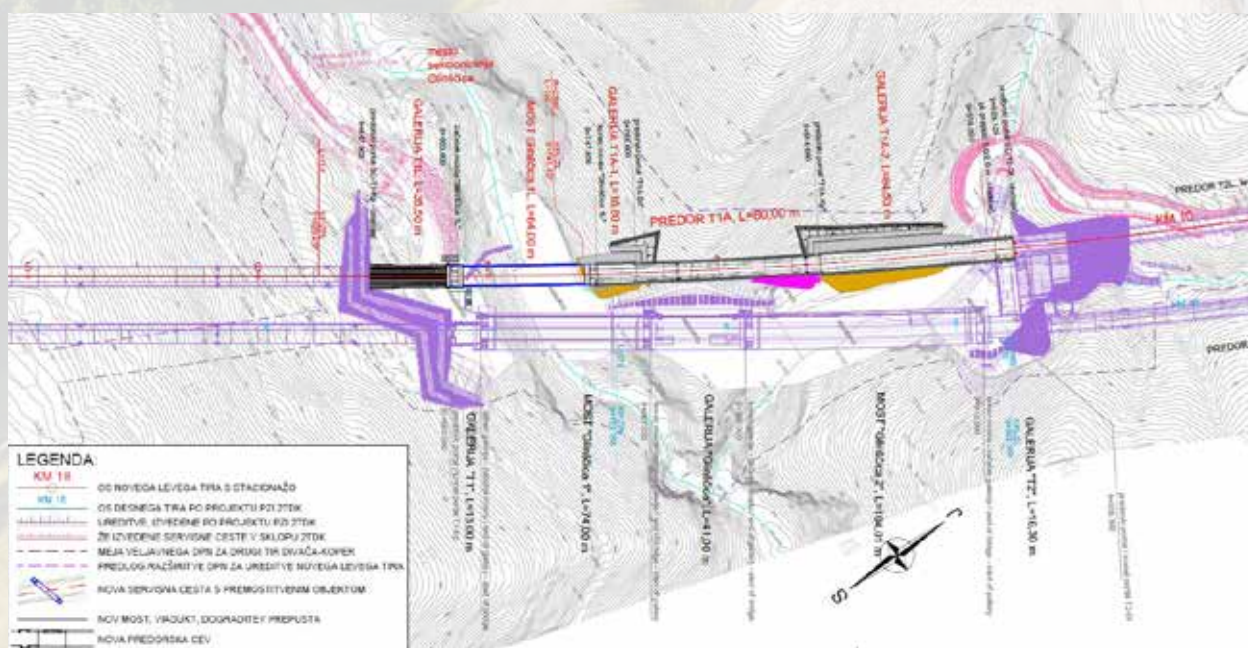
Slika 10: Prikaz izvedenega objekta v Glinščici danes (vir: arhiv 2TDK)

V dolini Glinščice je poseg desnega tira že izveden, vzporedni levi tir z novimi objekti pa bo potekal ob obstoječem objektu. Zaradi konfiguracije terena bo potek premostitve nekoliko drugačen in sestavljen iz več objektov.

V dolini Glinščice se izvedejo naslednji objekti:

- galerija T1L, od km 9+648 do km 9+683 (36 m),
- most Glinščica 1L v zaprtem profilu, od km 9+683 do km 9+748 (64 m),
- predor galerija T1A-1, od km 9+748 do km 9+765 (17 m),
- predorska cev T1A, od km 9+765 do km 9+845 (80 m),
- galerija T1A-2, od km 9+845 do km 9+929 (85 m).

Galerije v dolini Glinščice skupaj z mostom Glinščica 1L in predorom T1A tvorijo zaprt prečni profil. Objekti levega tira za prehod Glinščice so oblikovani tako, da konstrukcija v prečnem prerezu tudi v primeru iztirjenja vlaka preprečuje, da bi se kompozicija prevrnila v dolino Glinščice. Konstrukcija se zasnuje tudi kot ustrezna protihrupna zaščita.



Slika 11: Prikaz objektov levega tira v dolini Glinščice (vir: Strokovne podlage levega tira)



Slika 12: Prikaz bodočih objektov levega tira v dolini Glinščice (vir: virtualni prikaz)

Glede izvajanja del pričakujemo, da bo zavarovano območje doline Glinščice s stališča narave najzahtevnejše območje, kjer je prisotna tudi velika gostota zavarovanih živalskih in rastlinskih vrst. Z vidika varstva narave je omenjeno najbolj občutljivo območje, območje Glinščice pa je tudi na italijanski strani zavarovano kot Naravni rezervat doline Glinščice in vključeno v območje Natura 2000.

Vseskozi v zvezi z reševanjem okoljske problematike sodeluje tudi Zavod RS za varstvo narave (ZRSVN). V času postopkov umeščanja v prostor je vključen kot strokovna institucija preko Ministrstva za naravne vire in prostor, Direktorata za naravo ter je nosilec urejanja prostora. ZRSVN med gradnjo desnega tira že ves čas izvaja strokovni nadzor na področju ohranjanja narave (naravovarstveni nadzor) in bo ves čas prisoten tudi v času izvajanja levega tira – tako pri načrtovanju kot izvedbi.

7. Aktivnosti za vzpostavitev dvotirnosti – trenutno stanje

S sprejetjem Zakona o spremembah in dopolnitvah Zakona o izgradnji, upravljanju in gospodarjenju z drugim tirom železniške proge Divača–Koper (ZIUGDT-A) v veljavi z dnem 23. 11. 2024 ter s sprejetjem spremembe in dopolnitve državnega lokacijskega načrta za drugi tir železniške proge na odseku Divača–Koper in izdano Uredbo o spremembah in dopolnitvah uredbe o državnem lokacijskem načrtu (DLN) za drugi tir železniške proge na odseku Divača–Koper s pričetkom veljave 9. 11. 2024 je družba 2TDK v novembru 2024 prevzela pristojnosti investitorja vzporednega levega tira.

Z aktivnostmi za vodenje vzporednega levega tira je družba pričela takoj, in sicer na eni strani z aktivnostmi za izdelavo vse investicijske dokumentacije in istočasno za pridobitev finančnih sredstev za izvedbo projekta, po drugi strani pa z aktivnostmi za izpeljavo pripravljalnih del, ki so predpogoj za dejanski pričetek gradnje.

Prvi korak je bil prevzem vse dokumentacije od dotedanjega investitorja (DRSI), kar je bilo izpeljano v roku 30 dni.

1	Sprejem uredbe o SD DPN	9. 11. 2024	Realizirano
2	Začetek veljavnosti ZIUGDT-A Uradni začetek aktivnosti družbe 2TDK	23. 11. 2024	Realizirano
3	Postopki za prevzem dokumentacije od DRSI na 2TDK (30 dni od veljavnosti ZIUGDT-A)	9. 12. 2024	Realizirano
4	Sprememba Akta o ustanovitvi	20. 2. 2025	Realizirano

Istočasno je družba pričela izvajati glavna pripravljalna dela za zagotovitev vseh pogojev za dejanski začetek gradnje, in sicer:

1. pridobitev zemljišč za gradnjo in pridobitev dokumentov v zvezi s pravico graditi;
2. izdelava okoljske in projektne dokumentacije (DGD in PZI) s pridobitvijo gradbenega dovoljenja v integralnem postopku;
3. izvedba recenzije;
4. izvedba arheoloških predhodnih raziskav in izkopavanj.

Za vse navedene aktivnosti je treba najprej izpeljati postopke za izbiro izvajalca. Do sedaj sta bila uspešno izpeljana dva javna razpisa za izbiro izvajalca, za kar vemo, da je najbolj ranljiva aktivnost med vodenjem projekta.

Pridobitev zemljišč s podpisom pogodbe 4. 4. 2025 in z rokom izvedbe 12 mesecev. Trenutno se izvajajo geodetske odmere za prenos prostorskega akta v prostor za določitev površin zemljišč, do pravnomočnosti geodetskih odločb smo pričeli z odkupi celih parcel. Skupno je treba odkupiti 250 parcel, trenutno je podpisanih 9 pogodb.

Izdelava okoljske in projektne dokumentacije (DGD in PZI v BIM okolju) s pridobitvijo gradbenega dovoljenja v integralnem postopku s podpisom pogodbe 1. 9. 2025 in rokom 17 mesecev za pridobitev pravnomočnega gradbenega dovoljenja. Predmet navedene pogodbe so tudi geomehanske in hidrološke raziskave z monitoringom, za kar je predviden daljši rok 36 mesecev; predmet pogodbe v fazi izvedbe pa je tudi spremljanje izvedbe z izdelavo projektov izvedenih del; po analogiji desnega je vključeno tudi BIM okolje. Rok tega dela pogodbe bo sledil roku izvedbenih del s predvidenim dokončanjem do leta 2030.

Trenutno se pripravlja razpis za izbiro recenzenta z zaključkom predvidoma do konca tega leta: aktivnosti se bodo pričele v začetku naslednjega leta, ko bomo razpolagali s pretežnim obsegom odkupljenih zemljišč.

Tako kot pri desnem tiru je prisoten konzultant DRI, ki je sodeloval pri vseh postopkih za izdelavo okoljskega poročila in postopkih za sprejetje državnega prostorskega akta.

8. Zaključek

S sprejetjem ključnih dveh podlag, Zakonom o spremembah in dopolnitvah Zakona o izgradnji, upravljanju in gospodarjenju z drugim tirom železniške proge Divača–Koper (ZIUGDT-A) v veljavi z dnem 23. 11. 2024 ter Uredbo o spremembah in dopolnitvah uredbe o državnem lokacijskem načrtu (DLN) za drugi tir železniške proge na odseku Divača–Koper s pričetkom veljave 9. 11. 2024, je družba 2TDK v novembru 2024 prevzela pristojnosti investitorja vzporednega levega tira.

Z aktivnostmi za vodenje projekta Vzporedni levi tir je družba pričela takoj, in sicer na eni strani z aktivnostmi za izdelavo vse investicijske dokumentacije in za pridobitev finančnih sredstev za izvedbo projekta, po drugi strani pa z aktivnostmi za pripravljalna dela, ki so:

- pridobitev zemljišč za gradnjo in pridobitev dokumentov v zvezi s pravico graditi,
- izdelava okoljske in projektne dokumentacije (DGD in PZI) s pridobitvijo gradbenega dovoljenja v integralnem postopku,
- izvedba recenzije,
- izvedba arheoloških predhodnih raziskav in izkopavanj.



Za vse navedene aktivnosti je treba najprej izpeljati postopke za izbiro izvajalca. Do sedaj sta bila uspešno izpeljana dva javna razpisa za izbiro izvajalca, za kar vemo, da je najbolj ranljiva aktivnost med vodenjem projekta.

Pri vseh postopkih in fazah vodenja projekta bodo uporabljene vse izkušnje, pridobljene z gradnjo desnega tira. Glavna izziva bosta vseskozi okolje in velika zahtevnost gradnje v geološko zelo nepredvidljivem okolju.

9. Viri in literatura

Vsi podatki so povzeti po veljavnih dokumentih vzporednega levega tira.

- IZDELAVA OKOLJSKE, INVESTICIJSKE IN OSTALE DOKUMENTACIJE V POSTOPKU DRŽAVNEGA PROSTORSKEGA NAČRTOVANJA ZA DVOTIRNOST NOVE ŽEL. PROGE DIVAČA–KOPER, FAZA: INVESTICIJSKA ZASNOVA, PNZ svetovanje projektiranje, d. o. o., 2020/DPN-074, november 2022, po recenziji KIOP maj 2023, po novelaciji oktober 2023
- Uredba o državnem lokacijskem načrtu za drugi tir železniške proge na odseku Divača–Koper (Ur. list RS, št. 43/05, 48/11, 59/14, 88/15 in 92/24); *
- Okoljsko poročilo (Okoljsko poročilo za drugi tir železniške proge na odseku Divača–Koper, Aquarius, d. o. o., št. projekta 1454-20-OP, februar 2022); *
- Dodatek za presojo sprejemljivosti vplivov izvedbe plana na varovana območja narave (Dodatek za varovano območje za drugi tir nove železniške proge na odseku Divača–Koper, Aquarius, d. o. o., št. projekta 1454-20 VO, februar 2022); *
- Strokovne podlage, izdelane za pripravo DPN (IDP za levi tir nove dvotirne proge), »Izdelava okoljske, investicijske in ostale dokumentacije v postopku državnega prostorskega načrtovanja za dvotirnost nove železniške proge Divača–Koper, projektantska skupina DDK, št. projekta 200436/1, september 2022, ki vsebujejo 77 zvezkov, od tega 46 načrtov in 31 elaboratov
- Spletna stran www.drugitir.si
- Foto: arhiv 2TDK



Mag. Nina Kolenc

Mag. Nina Kolenc je univerzitetna diplomirana politologinja, ki je študij politologije zaključila leta 2003 na Fakulteti za družbene vede Univerze v Ljubljani, nato pa študij nadaljevala na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani in Fakulteti za družbene vede Univerze v Ljubljani, kjer je na obeh programih pridobila naziv magister znanosti. Dodatno se je izobraževala tudi na področju notranje revizije, kjer je pridobila naziv državna notranja revizorka.

Na svoji poklicni poti je bila več kot desetletje zaposlena na različnih ministrstvih, kjer je delovala na področju razvoja investicijskih projektov in financiranja le-teh z nepovratnimi EU sredstvi. Pred in po tem pa tudi na različnih področjih zasebnega sektorja – od manjših zasebnih družb do multinacionalk.

V družbi 2TDK je zaposlena od njenih začetkov, tj. od leta 2018. V letih 2019–2021 in od leta 2023 dalje vodi finančno-računovodski sektor družbe, ki je med drugim odgovoren za področje kontrolinga, pripravo investicijske dokumentacije, pridobivanje in upravljanje virov financiranja ter sodelovanje s finančnimi inštitucijami, pokriva pa tudi upravljanje tveganj in notranjo revizijo.

Finančni vidiki projekta Vzporedni levi tir

Povzetek

Družba 2TDK bo tudi na vzporednem levem tiru med drugim, skladno z 9. in 11. členom ZIUGDT, izvajala naloge finančnega inženiringa. Finančni inženiring predstavlja izvajanje vseh aktivnosti, potrebnih za nemoteno zagotavljanje finančnih sredstev za projekt Drugi tir, vodenje in upravljanje teh sredstev, odplačevanje posojil in upravljanje le-teh ter skrb za pravočasno poravnavanje ostalih obveznosti družbe v zvezi z drugim tirom.

Čeprav bo levi tir umeščen ob že zgrajeno traso desnega tira in se pričakuje nižja kompleksnost gradnje, so sistemska tveganja še vedno prisotna. Omenjene izkušnje iz podobnih evropskih infrastrukturnih projektov (npr. Rail Baltica, Crossrail itd.) jasno kažejo, da zgodnje ocene, pripravljene brez končne projektne dokumentacije, pogosto odstopajo tudi za 30 % ali več. O podobnih rezultatih govorijo tudi evropske smernice.

Zaradi tega je družba 2TDK za potrebe izdelave investicijskega programa in z namenom zagotoviti zadostne vire financiranja pristopila k ponovnemu ovrednotenju stroškov investicije. Pri ponovnem ovrednotenju je bila posebna pozornost namenjena izkušnjam družbe 2TDK pri izvajanju projekta Desni tir. 2TDK mora v fazi finančnega inženiringa projekta zagotoviti vsa potrebna finančna sredstva za izvedbo celotnega projekta Vzporedni levi tir, pri tem pa mora slediti zahtevam številnih zakonodajnih okvirjev in zahtevam sofinancerjev.

1. Uvod

Državni zbor RS je dne 23. oktobra 2024 sprejel Zakon o spremembah in dopolnitvah zakona o izgradnji, upravljanju in gospodarjenju z drugim tirom železniške proge Divača–Koper (Uradni list RS, št. 95/24; ZIUGDT-A), s pričetkom veljave 23. novembra 2024, s katerim določa pogoje in način izvedbe investicije v izgradnjo drugega tira železniške povezave na odseku Divača–Koper. Z uveljavitvijo zakona je družba 2TDK, Družba za razvoj projekta, d. o. o. (v nadaljevanju: družba 2TDK ali 2TDK), prevzela vse naloge investitorja po navedenem zakonu in predpisih o graditvi objektov tudi za levi tir. Družba 2TDK je z navedenim zakonom zadolžena, da zagotovi izgradnjo in gospodarjenje z drugim tirom. V skladu s sprejetimi spremembami zakona »drugi tir« predstavlja vso javno železniško infrastrukturo dveh enotirnih prog. Dvotirnost predstavljata desni tir, ki je že v izvedbi, in vzporedni levi tir, ki je v fazi pripravljalnih aktivnosti.

Projekt Vzporedni levi tir obsega gradnjo novega 26,95 km dolgega levega tira, od katerega bo 20,95 km v 6 predorih, od tega so najdaljši trije že zgrajeni (T1L, T2L, T8L) v sklopu 2TDK, dodatni trije pa bodo zgrajeni na novo (T1A, T3–6L, T7L). Poleg predorov

projekt obsega gradnjo dveh viaduktov v skupni dolžini 1.060,43 m in mosta z dolžino 64 m. Projekt vključuje tudi vgradnjo varnostnih in signalizacijskih sistemov.

Gradnja vzporednega levega tira se bo začela leta 2027 in bo trajala 4 leta. V letih 2025 in 2026 bodo potekala pripravljala dela, ki vključujejo odkupe zemljišč, pripravo projektne in investicijske dokumentacije, geološke in hidrološke raziskave ter druge aktivnosti, povezane s pripravljalnimi deli.

Ena od pomembnejših aktivnosti družbe 2TDK v sklopu izvajanja pripravljalnih aktivnosti je tudi izvajanje finančnega inženiringa projekta, saj mora 2TDK v tej fazi zagotoviti vsa finančna sredstva za izvedbo projekta, pri tem pa slediti zahtevam številnih zakonodajnih okvirjev in sofinancerjev.

2. Pravne in druge podlage za izvajanje finančnega inženiringa na projektu

Pravno podlago za izvajanje projekta Vzporedni levi tir predstavlja Zakon o izgradnji, upravljanju in gospodarjenju z drugim tirom železniške proge Divača–Koper (ZIUGDT). V začetku julija 2024 je Vlada RS sprejela predlog Zakona o spremembah in dopolnitvah Zakona o izgradnji, upravljanju in gospodarjenju z drugim tirom železniške proge Divača–Koper (ZIUGDT-A), ki omogoča izgradnjo vzporednega levega tira in s tem nadgradnjo nove proge Divača–Koper v dvotirno. Predlog zakona je bil 23. oktobra 2024 obravnavan in potrjen v Državnem zboru RS. Pogoji za veljavnost zakona je sprejeta Uredba o spremembi in dopolnitvi Uredbe o državnem lokacijskem načrtu za drugi tir na odseku Divača–Koper, ki je bila v Uradnem listu RS objavljena 25. oktobra 2024, veljati pa je pričela 9. novembra 2024, tj. 15 dni po objavi. Temu sta sledila priporočila dokumentacije z DRSI, ki je bila zaključena 9. decembra 2024, ter sprejem spremembe Akta o ustanovitvi 20. februarja 2025.

V skladu s spremenjenim 22. členom ZIUGDT bo družba 2TDK za izgradnjo in gospodarjenje z vzporednim levim tirom sklenila ločeno koncesijsko pogodbo, in sicer na podlagi novega koncesijskega akta (Uredba o koncesiji za gradnjo in gospodarjenje z drugim tirom železniške proge Divača–Koper), ki je bil objavljen v Uradnem listu RS 12. junija 2025, veljati pa je začel naslednji dan po objavi.

3. Finančni inženiring projekta Vzporedni levi tir

Družba 2TDK bo tudi na vzporednem levem tiru med drugim, skladno z 9. in 11. členom ZIUGDT, izvajala naloge finančnega inženiringa. Finančni inženiring predstavlja izvajanje vseh aktivnosti, potrebnih za nemoteno zagotavljanje finančnih sredstev za projekt Drugi tir, vodenje in upravljanje teh sredstev, odplačevanje in upravljanje posojil ter skrb za pravočasno poravnavanje ostalih obveznosti družbe v zvezi z drugim tirom.

Tako bo družba 2TDK za projekt Vzporedni levi tir morala v letih 2025 in 2026:



1. pridobiti koncesijsko pogodbo in SLA z upravljavcem proge;
2. pripraviti investicijski program, pri čemer mora že za potrditev investicijskega programa izkazati dokazljivo zagotovljene vire financiranja¹;
3. vključiti projekt v Poslovni načrt 2026–2028;
4. pridobiti nepovratna sredstva, posojila (vključno z njihovim zavarovanjem) in druga sredstva za izvedbo projekta (kapital).

4. Investicijska dokumentacija in investicijski stroški projekta

Družba 2TDK je pri pripravi investicijske dokumentacije zavezana k spoštovanju Uredbe o enotni metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju javnih financ (Uradni list RS, št. 60/06, 54/10 in 27/16V) ter Uredbe o metodologiji priprave in obravnave investicijske dokumentacije na področju državnih cest in javne železniške infrastrukture (Uradni list RS, št. 5/17) (v nadaljevanju: Uredba).

V postopku državnega prostorskega načrtovanja za dvotirnost nove železniške povezave Divača–Koper so bili že izdelani DIIP – Dokument identifikacije investicijskega projekta², študija variant/predinvesticijska zasnova³ in Investicijska zasnova⁴. Izdelane so bile nekatere druge strokovne podlage, kot npr. idejni projekt – IDP. Navedene podlage predstavljajo minimalni okvir za pripravo investicijskega programa, ki je trenutno še v izdelavi. Tudi sicer lahko družba skladno drugim odstavkom 10. člena ZIUOGDT posamezna pripravljala dela izvede še pred sklenitvijo koncesijske pogodbe in sprejetjem investicijskega programa.

Obvezna vsebina investicijskega programa je, skladno z Uredbo, med drugim tudi ocena vrednosti investicije po stalnih in tekočih cenah s prikazano sestavo po vrstah investicijskih stroškov (kot npr. projektna in druga dokumentacija, odkupi in odškodnine, gradnja, oprema in naprave, ukrepi za varovanje okolja, ureditev komunalne infrastrukture, nepredvideni stroški in podobno).

4.1 Investicijski stroški

Čeprav bo levi tir umeščen ob že zgrajeno traso desnega tira in se pričakuje nižja kompleksnost gradnje, so sistemska tveganja še vedno prisotna. Omenjene izkušnje iz podobnih evropskih infrastrukturnih projektov (npr. Rail Baltica, Crossrail itd.) jasno kažejo, da zgodnje ocene, pripravljene brez končne projektne dokumentacije, pogosto odstopajo tudi za 30 % ali več. O podobnih rezultatih govorijo tudi evropske smernice.

1 Termin »dokazljivi viri financiranja«, ki je povzet po razlagi Ministrstva za finance v dopisu št. 007-115/2017/14 z dne 22. 3. 2017, pomeni, da je projekt evidentiran v Načrtu razvojnih programov, da ima zagotovljena sredstva za naslednji dve leti ter da so dokazane oziroma dogovorjene možnosti drugega financiranja, kot npr. s strani drugih subjektov javnega oziroma zasebnega prava ali EU skladov. Takšne možnosti se lahko dokazujejo s pismom o nameri ali pisno obljubo banke oziroma zavarovalnice, z že oddano prijavo na razpis EU skladov ali evidentiranimi bodočimi razpisi EU skladov, primernimi za sofinanciranje projekta.

2 Izdelovalec URBIS, d. o. o., številka projekta 2019/POB-022, datum izdelave: junij 2019, dopolnitev: julij 2020, potrjen s Sklepom o potrditvi DIIP dne 23. 7. 2020, št. dokumenta: 37500-3/2019/41.

3 Izdelovalec URBIS, d. o. o., številka projekta 200436/1, številka naloge 2020/DPN-074, datum izdelave: marec 2021, dopolnjeno po recenziji maja 2021, dopolnjeno po KIOP avgusta 2021.

4 Izdelovalec PNZ svetovanje in projektiranje, d. o. o., številka projekta 200436/1, številka naloge 2020/DPN-074, datum izdelave: november 2022, po recenziji KIOP maja 2023, po novelaciji oktobra 2023, po recenziji KIOP aprila 2024.

Zaradi tega je družba 2TDK za potrebe izdelave investicijskega programa in tudi z namenom zagotoviti zadostne vire financiranja pristopila k ponovnemu ovrednotenju stroškov investicije, pri tem pa je za pripravo analize in vrednotenje stroškov investicije angažirala družbi KF Finance, d. o. o.,⁵ in Prometni inštitut, d. o. o.,⁶ ki v obliki konzorcija za družbo 2TDK izvajata storitev finančnega svetovanja.

Pri ponovnem ovrednotenju je bila posebna pozornost namenjena izkušnjam družbe 2TDK pri izvajanju projekta Drugi tir. Analizirane so bile nekatere predpostavke, ki imajo po izkušnjah 2TDK pomemben vpliv na finančni in časovni okvir izvajanja projekta ter jih predhodne analize niso upoštevale. Gre za naslednje vidike:

- aktualne razmere na trgu (veliko število gradbenih projektov, velika angažiranost potencialnih izvajalcev, zmanjšana pripravljenost na sodelovanje, višje cene),
- posebne zahteve soglasodajalcev zaradi specifičnosti projekta (okolje, požarna varnost, zahteve lokalnih skupnosti idr.),
- zahteve po sodelovanju in sočasnosti izvedbe posameznih sklopov glavnih gradbenih del,
- kadrovska tveganja (predvsem pri izvajalcih del),
- izredne zdravstvene, tržne in geopolitične razmere, posledične motnje dobavnih verig ter podražitve (covid, Ukrajina, Gaza),
- tveganje onesnaženja okolja,
- kibernetska varnost,
- geotehnični pogoji (kraški pojavi, plazovi),
- sodni spori.

4.2 Stopnja projektne zrelosti po mednarodni klasifikaciji AACE International

Ocenjevalci so stopnjo projekta ovrednotili tudi po mednarodni klasifikaciji AACE International, ki se pogosto uporablja pri infrastrukturnih in inženirskih projektih, vključno z železnicami, za usmerjanje priprave in sporočanja ocen stroškov. Določeno je bilo, da je trenutna stopnja projekta izgradnje vzporednega levega tira najbolj primerljiva z oceno Class 3, ki je značilna za študije izvedljivosti in projekte v razvojni fazi z ravnijo opredelitve med 10 % in 40 %. V tej fazi so značilna odstopanja stroškov v nižjem razponu 10–20 % oziroma višjem razponu 10–30 %. Z drugimi besedami to pomeni rezerve v razponu 10–30 %, s srednjo vrednostjo na ravni 20 %.

⁵ KF Finance, d. o. o., je eno največjih svetovalnih podjetij na področju finančnega svetovanja v regiji, ki ima preko 80 zaposlenih.

⁶ Prometni inštitut, d. o. o., je vodilna raziskovalno-razvojna organizacija na področju prometa v Sloveniji, katere temeljna dejavnost je strokovno in raziskovalno-razvojno delo na področju prometa v najširšem pomenu besede, s poudarkom na železniškem prometu, ki obsega predvsem raziskave in razvoj na področjih tehnologije prometa, prometne infrastrukture in prometnih informacijskih sistemov in tehnologij, ekonomske raziskave ter izdelavo investicijske dokumentacije.

Tabela 1: Matrika za oceno stroškov (v angleščini)

	Primary characteristic	Secondary characteristic		
CLASS	MATURITY LEVEL OF PROJECT	END USAGE	METHODOLOGY	EXPECTED ACC. RANGE
Class 5	0% to 2%	Concept screening	Capacity factored, parametric models, judgement	L: -20% to -50% H: +30% to +100%
Class 4	1% to 5%	Study of feasibility	Equipment factored or parametric models	L: -15% to -30% H: +20% to +50%
Class 3	10% to 40%	Budget authorization or control	Semi-detailed unit costs with assembly level line items	L: -10% to -20% H: +10% to +30%
Class 2	30% to 75%	Control or bid/tender	Detailed unit costs with forced detailed take-off	L: -5% to -15% H: +5% to +20%
Class 1	65% to 100%	Check estimate or bid/tender	Detailed unit costs with detailed take-off	L: -3% to -10% H: +3% to +15%

Vir: AACE International

4.3 Evropske smernice za železniške projekte

Poročilo, ki ga je Evropska komisija objavila julija 2018, predstavlja orodje REGIO Rail Unit Cost Tool, instrument za primerjalno analizo, ki je namenjen oceni stroškov na enoto pri večjih železniških projektih vseevropskega prometnega omrežja (TEN-T) ter podpora napovedovanju stroškov in ugotavljanju odstopanj od pričakovanih razponov.

Poročilo vključuje tudi študijo družbe PwC, ki je analizirala 20 evropskih primerljivih prog in primerjala stroške na enoto na kilometer proge z namenom primerjave stroškov druge faze projekta HS2 (High Speed Two) z drugimi mednarodnimi železniškimi projekti za visoke hitrosti. Pri projektu HS2 gre za visokohitrostno železniško progo v Združenem kraljestvu, ki bo povezovala London in West Midlands.

Ugotovili so, da stroški projektov znašajo od 12,5 milijona EUR/km do 89,6 milijona EUR/km, pri čemer strošek izgradnje v povprečju znaša 36,3 milijona EUR/km. Strošek izgradnje desnega tira (vključujoč vse stroške in rezerve), ki je v zaključni fazi, znaša dobrih 40 mio EUR/km in je znotraj razpona primerljivih projektov.

Poleg tega je bila v študiji podrobneje predstavljena struktura stroškov v celotni investiciji. Pri projektih, ki so bili v času študije PwC v podobni fazi kot druga faza projekta HS2, naj bi nadomestila za nepredvidene ali negotove stroškovne elemente znašala 10–30 %.

Pri ponovnem ovrednotenju investicijskih stroškov projekta Vzporadni levi tir so bile upoštevane tudi izkušnje primerljivih EU projektov, kot npr. Rail Baltica (2024), Crossrail (London), HS2 (UK) in Brenner Base Tunnel (AT-ITA).

Vrednost investicijskih stroškov⁷ se je tako na podlagi vseh omenjenih analiz glede na predhodno projektno dokumentacijo nekoliko zvišala, in sicer je trenutno ocenjena na 388,87 mio EUR (brez DDV) po stalnih cenah aprila 2025 oziroma 430,20 mio EUR (brez DDV) po tekočih cenah.⁸

Tabela 2: Rekapitulacija stroškov izgradnje projekta »Vzporedni levi tir« – trenutna ocena

Investicijski stroški brez DDV	Stalne cene v EUR	Tekoče cene v EUR
A. Izvedbena dela	308.078.932	343.618.880
B. Nabave	1.687.269	1.745.902
C. Storitve	63.564.963	67.496.000
D. SKUPAJ (A + B + C)	373.331.164	412.860.782
E. Rezerve za nepredvidene izdatke	15.542.669	17.335.670
F. SKUPAJ Z REZERVAMI	388.873.833	430.196.452

Vir: Prometni institut Ljubljana in KF Finance na podlagi podatkov 2TDK

5. Zagotavljanje finančnih virov projekta

Kot je bilo že uvodoma poudarjeno, je ena od pomembnejših aktivnosti družbe 2TDK v sklopu izvajanja finančnega inženiringa projekta pridobivanje virov za izvedbo projekta, ki vključujejo nepovratna sredstva, posojila (vključno z njihovim zavarovanjem) in druga sredstva za izvedbo projekta (kapital).⁹

Pri tem mora družba 2TDK že v fazi priprave investicijskega programa izkazati dokazljivo zagotovljene vire financiranja, pri tem pa slediti zahtevam številnih zakonodajnih okvirjev in potencialnih sofinancerjev.

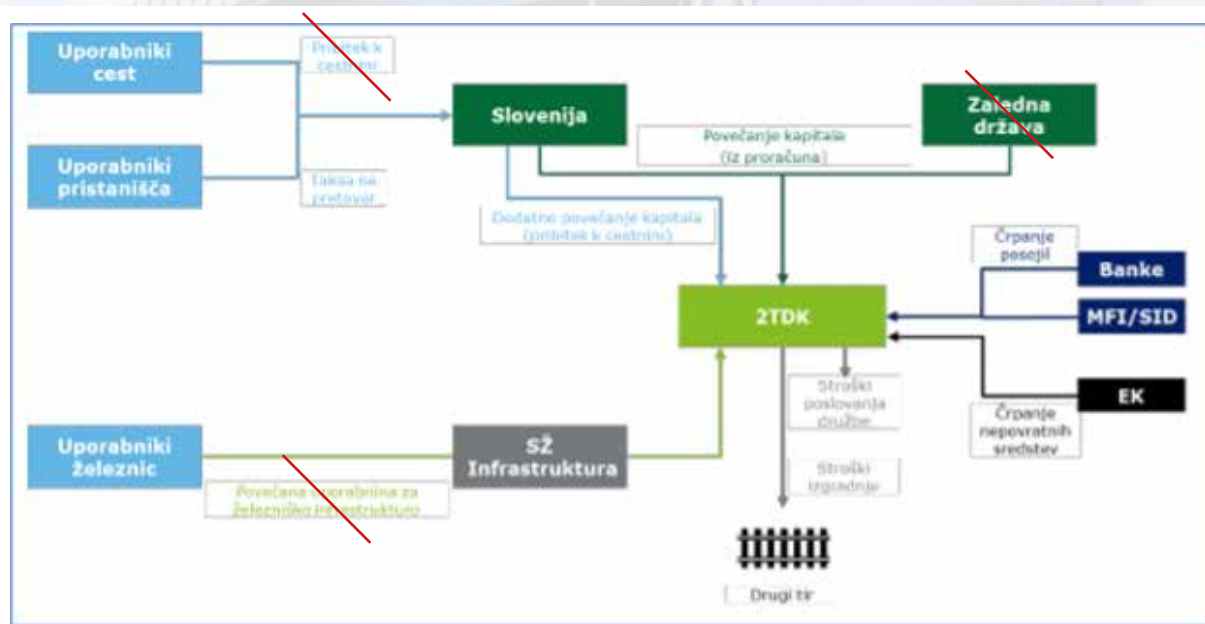
5.1 Oblikovanje modela financiranja v času gradnje

Pravni okvir za oblikovanje modela financiranja vzporednega levega tira tako v času gradnje kot v času obratovanja predstavlja ZIUGDT, ključno izhodišče pa ocenjena vrednost projekta, katere bistven del predstavljajo investicijski stroški. Pri tem bo družba 2TDK sledila modelu, ki je bil že uporabljen za desni tir, z manjšimi odstopanji, ki so nastala zaradi omejitev z vidika namenskosti nekaterih virov financiranja (pribitek k cestnini, povečana uporabnina), kot je razvidno s slike 3.

⁷ Izdelava ocene investicijskih stroškov in vseh drugih stroškov projekta še ni dokončna, zato so vse navedene vrednosti okvirne in so lahko do dokončne potrditve investicijskega programa še predmet spremembe.

⁸ Predlog CAPEX v okviru Analize in vrednotenja stroškov investicije_osnutek, Prometni institut in KF Finance, junij 2025

⁹ Tretji odstavek 13 člena Uredbe o enotni metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju javnih financ določa, da investicijski program obravnava podrobno razčlenjeno optimalno varianto, ki temelji na dokazljivih virih financiranja, medtem ko tretji odstavek 10. člena Uredbe o metodologiji priprave in obravnave investicijske dokumentacije na področju državnih cest in javne železniške infrastrukture podobno določa, da investicijski program obravnava podrobno razčlenjeno najustreznejšo varianto, ki temelji na naslednji dokumentaciji: podatkih o virih financiranja (nacionalni javni viri, pomoč Evropske unije, zasebni viri z navedbo deleža posojil), z navedbo dokumentov, v katerih so ti viri opredeljeni, četrti odstavek pa, da je obvezna vsebina investicijskega programa načrt financiranja v tekočih cenah po dinamiki in virih financiranja.



Slika 3: Pregled finančnih razmerij med deležniki v času gradnje desnega tira

Določanje ocenjene vrednosti investicijskih stroškov je podrobneje obrazloženo v predhodnem poglavju, saj so ti bistveni za določanje vrednosti projekta. V primeru desnega tira predstavljajo ti v času gradnje npr. 94 % vrednosti projekta (investicijski stroški 1,109 mio EUR, celotni stroški projekta 1,172 mio EUR).

Gradnja vzporednega levega tira se bo izvajala predvidoma v letih 2027–2030 in bo, skladno s 30. členom ZIUOGDT, financirana s kombinacijo nepovratnih sredstev EU (27 %), posojil komercialnih oziroma razvojnih bank (64 %) ter s sredstvi dokapitalizacije družbe 2TDK s strani Republike Slovenije kot edinega družbenika (11 %), in sicer predvidoma v naslednji višini¹⁰:

1. kapital: 43,5 mio EUR,
2. bančna posojila: 272,7 mio EUR,
3. nepovratna sredstva EU: 114,0 mio EUR.¹¹

Pri oblikovanju modela financiranja v času gradnje je bilo upoštevano naslednje:

1. potrebna minimalna višina kapitala in razpoložljivost pribitka na cestnino,
2. razpoložljivost nepovratnih sredstev,
3. pripravljenost posojilodajalcev na financiranje projekta.

V nadaljevanju nekoliko podrobneje opisujemo aktivnosti v zvezi s pridobivanjem posameznih virov.

¹⁰ Višina virov je odvisna od ocene investicijskih stroškov, vseh drugih stroškov projekta in višine pridobljenih nepovratnih sredstev ter še ni dokončna. Zato so vse navedene vrednosti okvirne in se lahko do dokončne potrditve investicijskega programa še spremenijo.

¹¹ Predvidoma iz razpisov EK oz. CINEA, 85 % sofinanciranja pripravljajalnih aktivnosti in 20 % sofinanciranja izvedbenih del. Sicer gre v tem primeru za pesimistično oceno, saj si bo družba 2TDK ves čas prizadevala za čim višji delež nepovratnih sredstev, s čimer bo optimizirala finančno konstrukcijo in stroške financiranja projekta.

5.2 Kapital

Potrebna minimalna količina kapitala je bila določena na podlagi dejstva, da posojilodajalci, ki so bodisi komercialne banke bodisi razvojne banke, ne financirajo pripravljalnih aktivnosti, tj. aktivnosti do pridobitve gradbenega dovoljenja. Prav tako je bila zaradi že izčrpane kohezijske ovojnice na inštrumentu CEF2024 možnost za zagotovitev virov minimalna.

Da bi lahko družba 2TDK nemoteno začela izvajati pripravljalne aktivnosti, med drugim tudi izvedla javni razpis za projektno dokumentacijo¹², je morala v tej fazi pridobiti potrebne vire za izvedbo s strani lastnika, tj. Republike Slovenije. Družba 2TDK je predlog za dokapitalizacijo posredovala pristojnemu ministrstvu v novembru 2024 ter v januarju 2025 prejela pisno informacijo, da so na proračunskih postavkah zagotovljena sredstva za dokapitalizacijo družbe, in sicer 21,75 mio EUR v letu 2025 in 21,75 mio EUR v letu 2026.

Družba je potrebne aktivnosti za izvedbo dokapitalizacije v višini 21,75 mio EUR izvedla v februarju 2025, kapital je bil vplačan družbi v maju 2025.

5.3 Nepovratna sredstva

Družba je skladno z drugim odstavkom 30. člena ZIUGDT dolžna pravočasno vlagati pravilne in popolne vloge ter storiti vse potrebno za pridobitev sredstev proračuna Evropske unije za namen izgradnje drugega tira, kadar je v pogojih programa za dodelitev sredstev predvideno, da je prejemnik sredstev neposredno investitor infrastrukture. Če je prejemnik sredstev proračuna Evropske unije Republika Slovenija, je družba dolžna prevzeti vse pravice in obveznosti iz pogodbe, ki jo z Evropsko unijo sklene Republika Slovenija kot prejemnik sredstev.

Skladno z navedenim je družba 2TDK že jeseni 2024 začela pripravljati vlogo za prijavo na razpis CINEA CEF2024 za sofinanciranje pripravljalnih aktivnosti. Vloga je bila oddana v januarju 2025. Kljub pozitivni oceni vloge in doseženemu številu točk, ki bi zadoščale za sofinanciranje, projekt zaradi številnih drugih projektov in zaradi že maksimalno izčrpane kohezijske ovojnice¹³ ni bil predlagan za sofinanciranje.

Ne glede na to, da je bila že ustrezno dokapitalizirana in da so nepovratna sredstva, namenjena Republiki Sloveniji, že izčrpana, bo v letu 2025, v kolikor razpis bo, družba 2TDK prijavo ponovila.

12 V postopkih javnega naročanja so naročniki vezani na zagotovljena sredstva. Zagotovljena sredstva predstavljajo znesek, ki ga ima naročnik predvidenega in pripravljenega za plačilo obveznosti, ki izvirajo iz pogodbe o izvedbi javnega naročila. Naročnik lahko postopek oddaje javnega naročila začne šele, ko ima sredstva zagotovljena, saj mora pred začetkom postopka v sklepu (ali na drug ustrezen način) navesti vir in obseg sredstev, namenjenih izvedbi javnega naročila (prvi odstavek 66. člena ZJN-3).

13 Tudi zaradi dodeljenih 156 mio EUR sredstev za desni tir, s čimer je bila slovenska kohezijska ovojnica presežena za 70 %, kar je še skrajna dovoljena meja.

Poleg inštrumenta CEF družba 2TDK išče tudi druge možnosti sofinanciranja projekta iz nepovratnih EU sredstev (npr. iz Načrta za okrevanje in odpornost, ostankov Kohezijskega sklada iz perspektive 2021–2027 ali drugih virov nepovratnih EU sredstev).

5.4 Posojila

V okviru finančnega inženiringa mora skladno z ZIUGDT družba izvajati vse potrebno za pridobitev posojil in drugih oblik zagotavljanja dolžniškega kapitala, vključno s sklenitvijo poslov za njihovo zavarovanje. Pri tem mora delovati znotraj okvirja, ki ga določa Uredba o pogojih in postopkih zadolževanja pravnih oseb iz 87. člena Zakona o javnih financah, kar pomeni, da mora pred začetkom zadolževanja, ne glede na to, ali gre za komercialno ali razvojno banko (kot npr. SID ali EIB), pridobiti soglasje pristojnega ministrstva in soglasje Ministrstva za finance, izvesti konkurenčni postopek za izbor najugodnejšega posojilodajalca in pridobiti končno soglasje Ministrstva za finance ter za vsako posojilno pogodbo tudi soglasje skupščine. Zaradi optimizacije stroškov financiranja projekta bi bilo smiselno, da bi lahko družba posojila zavarovala s poroštvom države, pri čemer pa porošтво za mnoge posojilodajalce ni več pogoj za financiranje projekta (kot je bilo to v primeru desnega tira).

Družba je že v začetku leta 2025 izvedla pogovore z večjim številom potencialnih posojilodajalcev, pri čemer so vsi izrazili interes za financiranje projekta vzporednega levega tira in družbi 2TDK tudi posredovali pisma o nameri.

6. Zaključek

V sklopu izvajanja pripravljanih aktivnosti v letih 2025 in 2026 družba 2TDK intenzivno izvaja aktivnosti na področju finančnega inženiringa projekta. 2TDK mora v tej fazi zagotoviti vsa potrebna finančna sredstva za izvedbo celotnega projekta, pri tem pa mora slediti zahtevam številnih zakonodajnih okvirjev in sofinancerjev. Ključna sta pravočasno pridobivanje evropskih sredstev za zagotovitev trajnostnega modela financiranja in učinkovito sodelovanje z lastnikom. Družba mora vzpostaviti jasne mehanizme za spremljanje stroškov, optimizacijo virov in zagotavljanje likvidnosti projekta. Pri tem se močno opira na izkušnje, ki jih je pridobila med izvajanjem projekta desnega tira, in sproti še dodatno nadgrajuje ukrepe za optimizacijo finančne konstrukcije projekta.

S premišljenim finančnim načrtovanjem in transparentnim upravljanjem sredstev bo družba lahko zagotovila stabilno finančno podlago za nemoteno izvedbo projekta in dolgoročno vzdržnost investicije. Tako bo z vsemi aktivnostmi povsem pripravljena na nadaljevanje izgradnje sodobne železniške povezave med Divačo in Koprom, ki bo omogočila hitrejši, zanesljivejši in okoljsko sprejemljivejši potniški in tovorni promet ter nadaljnji razvoj Luke Koper.

FOTOUTRINKI IZ KONFERENCE









GRADNJA DRUGEGA TIRA: GEOLOŠKI IZZIVI IN PRIPRAVE NA IZVEDBO LEVEGA VZPOREDNEGA TIRA

2TDK



EVROPSKA UNIJA
KOHEZIJSKI SKLAD



Sofinancira
Evropska unija

