

Jože RATEJ

Inštitut za rudarstvo, geotehnologijo in okolje, Slovenčeva 93, Ljubljana
e-naslov: joze.ratej@irgo.si

Joerg PRESTOR

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, Ljubljana
e-naslov: joerg.prestor@geo-zs.si

ANALIZA TVEGANJA ZA ONESNAŽENJE PODZEMNE VODE ZARADI GRADNJE II. TIRA ŽELEZNIŠKE PROGE DIVAČA - KOPER

POVZETEK: Predvidena trasa II. tira železniške proge Divača - Koper poteka v določenih delih po občutljivem kraškem terenu, kjer se podzemna voda nahaja v klasičnem zelo spremenljivo prepustnem in izdatnem kraško-razpoklinskem vodonosniku. Del proge s predorom T2 posega tudi v samo vodovarstveno območje vodnega vira Rižana, ki s pitno vodo oskrbuje slovensko obalo in je s tega vidika praktično nenadomestljiv. V najbolj kritičnem predelu poteka trasa samo okrog 3.500 m od izvira Rižane, kar je za kraška območja zelo majhna razdalja, saj lahko morebitno onesnaženje doseže izvir že v nekaj dneh.

Za potrebe načrtovanja varne gradnje in obratovanja proge s stališča vplivov na vodne vire Rižane, Boljunca, Osapske reke in Notranjske reke je bila zato izdelana analiza tveganja. Glavni namen analize tveganja je bila analiza vseh možnih virov morebitnega onesnaženja podzemne vode in možnih posledic takega onesnaženja. Analiza je zajela pregled in oceno uporabljenih materialov (maziva, goriva, razstreliva, dodatki za beton, ipd.), posegov in dogodkov med samo gradnjo kot tudi obratovanjem predorov in površinskega dela trase. Na podlagi ugotovljenih vrednosti vnosa morebitnih onesnaževal v različnih scenarijih razvoja dogodkov so bili preko poznavanja hidrodinamskih pogojev na obravnavanem območju izračunani pričakovani vplivi na vodni vir Rižana. Predvidene tehnične rešitve gradnje predorov in trase so bile na podlagi te analize tveganja izpopolnjene z dopolnilnimi zaščitnimi ukrepi, ki bodo zagotavljali sprejemljivost in najboljši možni nadzor vplivov na vodne vire med gradnjo in obratovanjem.

V celoti nedrenirana izvedba predora se je zaradi pričakovanih možnih visokih tlakov vode pokazala za tehnično ekonomsko neizvedljivo, zaradi česar je bila načrtovana kombinirana izvedba predora z dreniranimi in nedreniranimi odseki. Poleg tveganja za onesnaženje je bil nato z analizo tveganja opredeljen tudi vpliv gradnje na količinsko stanje vodnih virov, še zlasti v območju vodne pravice Rižanskega vodovoda Koper, kjer je pomanjkanje pitne vode že danes posebej izrazito v času poletne suše.

RISK ANALYSIS FOR GROUNDWATER POLLUTION FROM CONSTRUCTION OF II. TRACK OF DIVAČA – KOPER RAILWAY

ABSTRACT: Proposed corridor of II. track of Divača - Koper railway is set in some parts on a very sensitive karst region where groundwater is to be found in a classical karstic-fractured aquifer of highly discontinuous permeability and productivity. Furthermore, the part of the T2 tunnel will cross the water protection area of Rižana water resource. Rižana karst spring supplies the waterwork system for Slovenian coastal region and is in this respect irreplaceable. In it's most critical part, the tunnel is only about 3,5 km away from the Rižana spring. This is a very short distance in the sense of karst waterflow, since a potential pollutant can reach the spring in a couple of days.

A risk analysis was made taking into account eventual impacts on water resources Rižana, Boljunec, Osapska reka and Notranjska rekato design the safe construction and operation of the railway. Main purpose of the risk analysis was the assessment of all possible sources of pollution of groundwater as well as the consequences of inadvertent pollution. The analysis included an overview and characterization of proposed materials (lubricants, fuels, explosives, concrete additives, etc.),

processes and events during the construction and operation of the railway and tunnels. With the knowledge of hydrodynamic conditions in studied area expected effects on the water resource Rižana were calculated from the assessed values of potential pollutants emissions in various scenarios.

Proposed technical solutions for tunnel and surface track constructions were enhanced by additional protection measures, which will assure the acceptability of technical solutions in addition to best available control over possible impacts on water resources during construction and operation.

An entirely undrained tunnel was shown to be techno-economically unfeasible due to expected high hydrostatic pressures, therefore a combined construction of the tunnels with drained and undrained sections was proposed. In addition to assessment of groundwater pollution risk also the influence of construction on groundwater quantity was assessed, specifically in the water right area of Rižana waterworks Koper, where potable water shortage is actually already apparent, especially during summer drought.

UVOD

Na območju predvidene trase 2. tira železniške proge Divača - Koper se nahajajo obširni regionalni kraško razpoklinski vodonosniki, med katere spada tudi obravnavani vodonosnik v zaledju izvira Rižane. Del proge s predorom T2 posega tudi v samo vodovarstveno območje vodnega vira Rižana, ki s pitno vodo oskrbuje slovensko obalo in je s tega vidika praktično nenadomestljiv. V najbolj kritičnem predelu poteka trasa samo okrog 3.500 m od izvira Rižane, kar je za kraška območja zelo majhna razdalja, saj lahko morebitno onesnaženje doseže izvir že v nekaj dneh.

Brez posebnih zaščitnih ukrepov bi pri gradnji ali obratovanju lahko prišlo do pomembnih vplivov na količinsko stanje izvirov, še zlasti Rižane in Boljunca. Zaradi velike dolžine predorov in njihovega poteka delno tudi pod gladino podzemne vode ali v coni nihanja podzemne vode, bi lahko zaradi dreniranja teh predorov prišlo do prerazporejanja kraških tokov podzemne vode. Za količino, ki bi jo z dreniranjem odvajali predori, bi se osiromašila izdatnost sedanjih kraških izvirov. Poleg zmanjšanja izdatnosti izvirov pa ima lahko predor še učinke na režim kraških izvirov. Če z gradnjo predora povežemo med seboj različne sisteme razpok in kraških kanalov, lahko povzročimo lokalno spremembo hitrosti praznjenja vodonosnika. Zaradi tega lahko pride tudi do hitrejših in večjih ter tudi bolj kalnih iztokov iz izvirov ob visokih deževjih.

Prav tako bi v času obratovanja, predvsem pa v času gradnje lahko prišlo do pomembnih vplivov na kemijsko stanje vodnih virov. Med samo gradnjo se namreč uporablja vrsta snovi, ki lahko ob nepravilni uporabi ali ob nesrečnih dogodkih prodrejo v tla, v vodonosnik in nato s podzemno vodo do izvirov. Pri tem gre predvsem za:

- goriva in maziva, ki jih uporabljajo delovni stroji,
- razstreliva, ki se uporabljajo pri napredovanju predora ter
- različne snovi, ki se dodajajo k betonom kot dodatki.
- kaljenje podzemne vode in mikrobiološko onesnaženje zaradi mehanskih posegov

Namen analize tveganja je bil zato v sodelovanju s projektanti, inženirjem in strokovnjaki z različnih področij določiti zaščitne ukrepe, ki bodo zagotavljali sprejemljivost vplivov na vodne vire tekom gradnje in obratovanja II. tira Divača - Koper. Poleg tveganja za onesnaženje je bil predmet te analize tudi vpliv gradnje na količinsko stanje vodnih virov, še zlasti v območju vodne pravice Rižanskega vodovoda Koper. Predvideni zaščitni ukrepi morajo biti taki, da so hkrati izvedljivi in da zagotavljajo največjo možno varnost po načelu najboljše razpoložljive tehnologije.

VODNI VIRI

Rižana

Vodni vir Rižana (zajet izvir) je bil zgrajen leta 1935, leta 1987 pa je bil dograjen s črpališčem Tonaži in črpališčem Podračje. Večletna laboratorijska preizkušanja dokazujejo kakovost pitne vode Rižanskega vodovoda Koper. Vsi objekti zajemajo podzemno vodo v kraškem vodonosniku. Povprečni letni pretok Rižane na izviru znaša 4,00 m³/s. Letna količina odvzema znaša okrog

200 l/s, največji mesečni odvzem v letu 2004 pa je v poletnih mesecih dosegel izkoriščanje povprečno 230 l/s podzemne vode. Zmogljivost odvzema zajetega izvira Zvroček je do 240 l/s (Feguš, et al., 2006). Iz črpališča Tonaži se odvzema povprečno 0,9 l/s, iz črpališča Podračje pa povprečno 37,3 l/s.

Število porabnikov vode iz vodovodnega omrežja je močno odvisno od turistične sezone, ko se iz običajnih 85.000 poveča na 120.000 oseb. Rižanski vodovod se zato sooča predvsem s težavami v oskrbi v poletnih mesecih, ko je poraba vode največja, izdatnost vodnega vira Rižane pa minimalna in nezadostna za zagotavljanje nemotene oskrbe s pitno vodo. Manjkajoče količine vode se uvaža iz sosednjih vodovodnih sistemov Kraškega vodovoda Sežana in Istrskega vodovoda Buzet, vendar so te količine dobavljene vode negotove. Posledično prihaja do negativne vodne bilance, še posebno v času konične porabe in do izpraznitve vodohranov, kar se odraža v prekinitvah dobave vode pri porabnikih.

Boljunec

Izviri v Boljuncu v Italiji obsegajo stalna izvira Na placu in Pri pralnici ter občasni visokovodni preliv - izvir Jama. Izviri so zajeti za vzrejo rib, nahajajo pa se na nadmorski višini okoli 50 m n.m. Sledilni poskus spomladi 2001 z območja Beško-Ocizeljskega ponornega sistema je pokazal dobro povezavo z izviri. Tudi s sledenjem decembra 2009 z injiciranjem pri črnotiškem kamnolomu je bilo ugotovljeno odtekanje proti tem izvirov.

Notranjska reka

Z jugovzhodnega roba vodonosnika Krasa vode podzemno odtekajo proti izvirov Timave v Tržaškem zalivu, ki pa niso več zajeti za vodooskrbo Trsta. Zaradi razmeroma majhnega deleža Reke pri napajanju izvirov Timave predstavljajo večje nevarnosti predvsem onesnaženja s površja. Izviri Timave so med najizdatnejšimi izviri vodonosnika (najnižji pretok ~10 m³/s, srednji pretok ~40 m³/s in največji konični pretok ~175 m³/s (Zini, L., et al., 2010). V času poplavnih vod bi lahko onesnaženje Notranjske reke v nekaj dneh prispelo do izvirov Timave.

Osapska reka

Izvir Osapske Reke je občasen izvir iz kraške jame, pojavlja se le ob visokih vodah in ni zajet za oskrbo z vodo. Izvir deluje kot visokovodni preliv voda iz zaledja Rižane, kadar je pretok izvira Rižane višji od približno 20 m³/s (Prestor, J., 1992). Pojavlja se na stiku med kraškim vodonosnikom in flišem, ki predstavlja hidrogeološko pregrado. Pretok vode iz Osapske jame lahko ob močnem deževju doseže izdatnost tudi nekaj m³/s.

Glede na rezultate sledilnega poizkusa izvedenega decembra 2009 je možen neposreden vpliv izgradnje železniške proge na izvir (Kogovšek, J., Petrič, M., 2010).

Glinščica

Hudournik Glinščica teče s slovenske na italijansko stran, kjer se kot Reka (Rosandra) izliva v morje. V Glinščico se zlivajo Krvavi potok ter Grižnik in Botač. V zgornjem toku je struga vrezana v flišnih plasteh, na prehodu struge v spodaj ležeče apnenice pa se je oblikoval okoli 30 m visok slap. V obdobjih nizkih pretokov v strugi voda kmalu od jezera pod slapom ponikne in se do izvirov Boljunca v strugi še nekajkrat pojavi in izgine. Ta voda deloma napaja tudi izvir Na placu. Pretok Glinščice je na območju, kjer se hudournik izteka na ravnico, med 3-4 m³/s v času visokih vod in le nekaj l/s ob nizkih vodah.

HIDROGEOLOŠKE RAZMERE

Karbonatne kamnine jurske, kredne in terciarne starosti, predvsem apnenci, sestavljajo na ozemlju jugozahodne Slovenije obširne regionalne kraško-razpoklinske vodonosnike, med katere spada tudi obravnavani vodonosnik v zaledju izvira Rižane. Na obravnavanem območju je registriranih okoli 100 jam, ki so lahko suhe, občasno ali stalno zalite z vodo, ali pa zapolnjene z jamskimi

sedimenti. Vzdlž trase so izpostavljena tri območja, kjer je gostota jamskih vhodov povečana. Prvo je območje med Divačo in Lokvami, kjer poteka glavna vodna pot kraškega vodonosnika med Škocjanskimi jamami in izviri Timava v Italiji. Drugo je območje stika med flišem in apnencem, ob katerem je razvit Beško-Ocizeljski jamski sistem. Tretje je območje v bližini kraškega roba, kjer je bila ugotovljena velika gostota jam in prevotljenost zgornjih plasti apnenca.

Na obravnavanem območju je bilo izvedenih več sledilnih poizkusov, katerih namen je bila določitev smeri odtoka podzemnih vod na zakraselem območju. Spodnja preglednica podaja deleže odtoka v smeri posameznih izvirov za območje T2, ki poteka v vodovarstvenem območju.

Preglednica 1. Delež odtoka v smeri posameznih izvirov z območja T2.

Od (km)	Do (km)	Delež odtoka v smeri posameznih izvirov z območja T2
0+000	7+050	99 % Notranjska Reka (Kočna jama - Labodnica); 1 % Boljunec
7+050	9+000	90 % Notranjska Reka (Kočna jama - Labodnica); 10 % Boljunec
9+000	10+750	100 % Glinščica
10+750	13+200	95,8 % Boljunec; 1 % Osapska reka; 3,2 % Rižana
13+200	14+000	2 % Boljunec; 49 % Osapska reka; 49 % Rižana
14+000	15+900	1 % Boljunec; 8,2 % Osapska reka; 90,8 % Rižana

Dolgoletno povprečje (1961-1990) količine letnih padavin na območju Brkinov znaša okrog 1.620 mm, od tega je delež površinskega odtoka med 50 in 65 %. Vsi površinski vodotoki z jugozahodnega dela Brkinov, ki ga zajema ožji vodovarstveni pas, ponikajo v slepih dolinah na obrobju Matarskega podolja in tako napajajo podzemlje s povprečno 2,0 m³/s vode. Infiltracija na območju skrasedlega pogorja Slavnika po podatkih hidrogeološke karte Slovenije dosega letno 800 mm. Tako znaša letno obnavljanje podzemne vode z apnenčevega območja okrog 100 milijonov (1 × 10⁸) m³, to je 3,17 m³/s. Skupna povprečna količina obnavljanja na območju Rižanskega zaledja tako znaša 5,17 m³/s (Feguš, et al., 2006).

Za potrebe izdelave analize tveganja je bilo vzdolž predvidenega poteka 2. tira potrebno oceniti in opredeliti vplivna območja posegov. Smeri toka podzemne vode in deleže podzemne, s katerimi se napajajo posamezni izviri iz posameznih območij, smo ocenili na podlagi (rezultatov sledilnih poizkusov, karte zakraselosti po IDPR, litološkega vzdolžnega profila trase drugega tira železnice in geološke ter hidrogeološke karte).

2. TIR ŽELEZNIŠKE PROGE

Predvidena trasa 2. tira železniške proge Divača - Koper poteka v trasi po površini, v 8 predorih in dveh viaduktih. Dva, najdaljša predora (T1 in T2) potekata pretežno v karbonatnih kamninah med Divačo in Črnim Kalom. Ostalih 6 predorov poteka po flišnih kamninah.

Z izjemo začetnega in osrednjega dela predora T1 ter osrednjega dela predora T2, se preostali deli predorov nahajajo pod gladino podzemne vode. V predoru T1 znaša skupna dolžina odsekov, ki se večino leta nahajajo pod gladino podzemne vode, okrog 4,5 km (5,8 km ali 88 % predora v času povišanih vodostajev). Največja višina vodnega stolpca nad nivoletu na območju predora T1 znaša 101 m. Pod gladino podzemne vode se v prevladujočem vodostaju nahaja 76 % predora T2, v maksimalnem pa 87 %. Največja višina vodnega stolpca na območju Beško-Ocizeljskega jamskega sistema je lahko 86 m nad nivoletu.

REZULTATI

Zaščitni ukrepi

Zaščitni ukrepi so bili oblikovani z vidika zaščite podzemne vode in vodnih virov ter usklajeni tekom obsežnih koordinacij v širokem krogu strokovnjakov z različnih področij (hidrogeologija, krasoslovje, projektiranje, gradnja predorov, rudarska dela, materiali, kemijska analitika, itd.).

Oblikovane ukrepe smo razdelili v naslednje skupine:

- Monitoring pred gradnjo
- Ukrepi med gradnjo
 - o Ukrepi za ohranjanje kemijskega stanja podzemne vode v času gradnje
 - Izkopni material in transport
 - Gradbena mehanizacija in cementarne
 - Gradbeni materiali
 - Nevarne in druge snovi, ki lahko povzročijo onesnaženje
 - Odvodnja odpadnih in zalednih vod
 - Dinamika izkopa predorov T1 in T2
 - o Ukrepi za zaščito ohranjanja količinskega stanja podzemne vode v času gradnje
- Ukrepi med obratovanjem
 - o Ukrepi za ohranjanje kemijskega stanja podzemne vode v času obratovanja
 - o Ukrepi za zaščito ohranjanja količinskega stanja podzemne vode v času obratovanja
- Hidrogeološka spremljava med gradnjo.

Oblikovani zaščitni ukrepi so bili pred dokončanjem analize tveganja vključeni v projekte predorov in trase ter upoštevani pri posameznih tehničnih rešitvah v času gradnje in obratovanja. Nekateri projektni podatki, ki lahko vplivajo na oceno tveganja za podzemne vode, v fazi PGD še niso bili opredeljeni, saj so običajno obdelani v PZI. Ti podatki so bili predpostavljeni glede na dosedanje izkušnje pri gradnji. Ukrepi, ki izhajajo iz tako predpostavljenih projektnih podatkov so navedeni kot smernice za izdelavo Projektne naloge za PZI ali PZR v prilogi B.

Opredelitev vplivov na vodni vir

Za značilen tok v obravnavanem vodonosniku ne moremo več predpostaviti, da je laminaren, saj se v širokih odprtih razpokah pojavi turbulenca, ki je matematično težko opisljiva. Prav tako tudi težje predvidimo pot onesnaževal skozi razpokan vodonosnik, saj so hitrosti potovanja med zrni precej različne kot v razpokah.

Pri izračunu je bil uporabljen matematični model napajanja Rižane (Janža, 2001), pri čemer so bile upoštevane naslednje glavne značilnosti območja:

- sistem se napaja neposredno iz ponikajočih potokov z območja Brkinov,
- v sistemu na splošno prevladujeta dva načina pretakanja podzemne vode – hitri tok po kraških kanalih in počasno precejanje po drobnih razpokah,
- ob visokih vodah del podzemne vode ne odteka proti izvira Rižane, temveč proti zahodu (prelivni izviri) in jugovzhodu,
- del podzemne vode odteka mimo izvira proti jugozahodu in obnavlja vodonosne plasti apnencev pod flišnim pokrovom.

Prav tako je bil pri izračunu uporabljen analitični model trenutnega vira onesnaženja z upoštevanjem enodimenzionalnega toka in tridimenzionalne disperzije s približkom po Beetsle-ju. Za primer izluževanja iz betona smo uporabili analitični model stalnega vira, za opredelitev vtoka v predor pa enačbi Sichardta in Hertz & Arndsta za horizontalni vodnjak.

Pri uporabi disperzijskih enačb smo izhajali iz rezultatov sledilnih poizkusov ter razlitja goriva pri Obrovu in nato z inverznim modeliranjem izračunali vrednosti posamezne komponente disperzije (longitudinalna, transversalna in vertikalna). Kot končni izračun smo izvedli izračun ocenjene koncentracije onesnaževala, ki bi doseglo vodni vir, če bi do onesnaženja prišlo na vodnemu viru najbližji točki gradnje (skrajni južni del predora T2) ter na najbolj oddaljenem mestu izgradnje predora T2 (v bližini severnega portala predora T2).

Primer razlitja pogonskega goriva in hidravličnega olja

Pri vseh teh izračunih smo uporabili interval hitrosti toka podzemne vode od 45 m/h (ugotovljena pri razlitju pri Obrovu) do hitrosti 100 m/h, ki se prav tako še lahko pojavlja v kraških okoljih. Pri slednji bi onesnaževalo dospelo od izvira Rižane v času 35 ur.

Preglednica 1. Rezultati Izračuna največje koncentracije onesnaževala, ki bi dospelo do izvira Rižane v primeru razlitja olj na južnem oziroma severnem portalu predora T2

	Južni portal predora T2	Severni portal predora T2
Razdalja (m)	3.485	8.985
C _{MAX} (mg/l)	0,1659	0,0399
t _{MAX} (h)	144	373

V primeru scenarija najslabše možnosti, smo upoštevali razlitje količine 2.975 kg mineralnih olj. Pri tem bi koncentracija onesnaževala v vodi upadla pod mejno vrednost za pitno vodo šele na razdalji večji od 23 km, do preseženega normativa za pitno vodo na izviru Rižane pa bi prišlo že pri razlitju 180 kg onesnaževala na območju južnega portala T2. To količino je potrebno upoštevati kot red velikosti (100), kar pomeni, da je lahko za zajetje kritična že količina enega manjšega rezervoarja.

Raztapljanje in prenos ostankov razstreliva

Pri miniranju ne izgori celotna količina razstreliva. Preostanek ostane v razpokah izven obsega predorske cevi. V poteku alternativnega in črnega scenarija upoštevamo, da pri razstreljevanju ostane 1 % nezreagirane razstreliva. Od te količine neizgorenega razstreliva se ga večino odvozi v razstreljenem materialu, 0,1 % celotnega uporabljenega razstreliva pa ostane v razpokah. Ta ostanek se spere v času precejanja padavinskih vod skozi vodonosnik. Glede na podatke padavinske postaje Kozina je 62 dni najdaljše obdobje, ko je količina padavin manjša od 7 mm/dan in ni presežen padavinski prag. V računu smo privzeli, da se ob deževnem dogodku, ki preseže padavinski prag lahko spere hkrati 37 kg ostankov na 300 m odseku, ki se odpira 60 dni.

Preglednica 2. Rezultati izračuna največje koncentracije onesnaževala, ki bi dospelo do izvira Rižane v primeru izpiranja razstreliva na južnem oziroma severnem portalu predora T2

	Južni portal predora T2	Severni portal predora T2
Razdalja (m)	3.485	8.985
C _{MAX} (mg/l)	0,0021	0,0005
t _{MAX} (h)	144	373

Izluževanje iz betona

Za primer izluževanja iz betona smo opravili izračun z analitičnim modelom stalnega vira onesnaženja v trajanju 60 dni. V tem času, bi se pri predvideni hitrosti napredovanja odprlo odsek v dolžini 300 m. Za ta odsek smo ocenili pretok glede na največji skupni izračunan dotok iz predora T2. Pri ocenjeni najvišji gladini podzemne vode, bi bil skupen iztok med gradnjo predora okoli 360 l/s, kar pomeni, da je ta pretok na 300 m odseku okoli 18 l/s. Kot začetno koncentracijo smo privzeli vsebnost 1 mg/l, kot vrednost, ki bi se v naravnih razmerah izluževala iz dokaj svežega betona. Koncentracije na vodnem viru pri onesnaženju v južnem delu predora T2 znašajo približno 6,6E-07 g/l.

Izračun vpliva na količinsko stanje vodonosnika

Izgradnja predorov T1 in T2 bo vplivala tudi na količinsko stanje vodonosnikov in vodnih virov, saj bo predor izveden v kombinirano drenirani-nedrenirani izvedbi. Ker je izvedba predora, ki bi bil v celoti nedreniran tehnično in finančno zelo zahtevna, je bil v fazi PGD podan okvirni predlog izvedbe predora v kombinirani izvedbi. S tem bi bilo mogoče bistveno razbremeniti hidrostatske tlake na posameznih odsekih, ki so vezani na kompaktno slabo prepustne kamnine. Zaradi slabe prepustnosti opredeljenih odsekov, naj tako iz teh delov predora ne bi odtekale pomembne količine podzemne vode. Večji del odtoka iz predora odpade na flišne in prehodne plasti, saj je večji del predora T2, ki se nahaja v zasičeni coni, predviden v nedrenirani izvedbi. Tako bi v primeru prevladujočih nivojev podzemne vode 58 - 70 % iztoka iz predora predstavljale vode iz flišnih plasti, v primeru minimalnega vodostaja pa 78 - 81 %. Pri opredelitvi vpliva predora na količinsko stanje vodnega vira Rižana je tako potrebno upoštevati predvsem podzemno vodo, ki bo odvedena iz kraško-rzopoklinskega vodonosnika, iz katerega se napaja tudi zajetje Rižana.

Preglednica 3. Vtok podzemne vode v predor T2 v času obratovanja pri prevladujočem in minimalnem vodostaju (razpon predstavlja vrednosti za srednjo in visoko vrednost koeficienta prepustnosti).

	Prevladujoči nivo pod. vode [l/s]	Minimalni nivo pod. vode [l/s]
Iztok iz celotnega predora	17,0 - 27,7	14,7 - 20,5
Iztok iz kraško razpoklinskega vodonosnika	5,0 - 11,5	2,8 - 4,4
Iztok iz flišnih in prehodnih plasti	12,0 - 16,2	11,9 - 16,1

Da bi prikazali učinek predora v kombinirani drenirano / nedrenirani izvedbi, smo izvedli primerjalni izračun, pri katerem iztok iz predora v kombinirani izvedbi primerjamo z iztokom iz v celoti dreniranega predora, pri čemer v obeh primerih zanemarimo razpoklinske cone. Slednje je namreč zaradi visokih prepustnosti v vsakem primeru potrebno izvesti v nedrenirani obliki.

Preglednica 4. Dotoki v predor pri različnih vrstah izvedbe.

Dotok v predor	V celoti dreniran	Kombinirana izvedba
Predor T1		
KRATKOROČNI VTOK (največji vtok pri vzpostavljenem depresijskem lijaku)	80 - 171	54 - 101 (68 % - 59 %)
DOLGOROČNI VTOK (enak napajanju na območju vpliva predorskih cevi)	28 - 69	20 - 41 (71 % - 59 %)
Predor T2		
KRATKOROČNI VTOK (največji vtok pri vzpostavljenem depresijskem lijaku)	150 - 307	80 - 134 (53 % - 44 %)
DOLGOROČNI VTOK (enak napajanju na območju vpliva predorskih cevi)	49 - 113	27,7 - 49 (57 % - 43 %)

Iz rezultatov izračunov sledi, da nižji kot je vodostaj, večji bo vpliv predora na količinsko stanje vodnega vira Rižana. Tako v najbolj kritičnem delu leta, torej ob poletni suši, ko je hkrati potreba po pitni vodi tudi največja, znaša vpliv 2,49 %. Kljub navidez majhnemu odstotku nizkega pretoka Rižane, ki ga predstavlja drenirana podzemna voda pa to ob povprečni porabi 200 l/osebo/dan predstavlja vodooskrbo za okoli 3.200 ljudi.

OPREDELITEV TVEGANJA ZA ONESNAŽENJE

Predor T2 delno poteka po tretjem vodovarstvenem pasu vodnega vira Rižana. Ta je zaščiten z Uredbo o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Rižane (Uradni list RS, št. 49/2008). V fazi načrtovanja je bilo preučenih vrsto variant, pri čemer je bilo ugotovljeno, da bi vse druge variante možnega poteka II. tira Divča Koper v večji meri ogrožale vodni vir, saj bi bile speljane še v večjem obsegu preko vodovarstvenih območij. Ob tem je potrebno opozoriti tudi na trenutno tveganje za podzemno vodo pri obstoječi progji, ki poteka večinoma po površini. Skupno poteka znotraj vodovarstvenega območja okrog 28 km obstoječe železnice (18 km VVO III, 5,5 km VVO II in 4,5 km VVO I, pri Podračju poteka le nekaj deset metrov vzhodno od območja zajetja). Po izgradnji drugega tira Divča – Koper se bo obstoječa železniška proga bistveno razbremenila tovora nevarnih snovi.

Glede na vrsto vodonosnika, načina gradnje in odvajanja odpadnih vod med gradnjo, sama izvedba predora v nezasičeni coni ne predstavlja manjšega tveganja za onesnaženje podzemne vode kot gradnja v zasičeni coni. Možnost onesnaženja podzemne vode je namreč na območjih, kjer trasa poteka nad gladino podzemne vode, lahko še večja, saj potencialna onesnaževala, ki bi v primeru neugodnega razvoja dogodkov zaobšla zaščitne ukrepe, odtekajo navpično proti zasičeni coni. V zasičeni coni pa predstavlja predor do ureditve sekundarne obloge drenažo, kar pomeni, da so hidravlični gradienti v vplivnem območju usmerjeni proti predoru, zaradi česar je mogoče lažje nadzorovati možna razlitja. Prav tako je lažje zagotoviti odtekanje vode iz predora pri izkopu navzgor, ko se vse vode težnostno odvaja s predorskega čela do začasnih zbiralnikov na portalnih območjih zunaj predora. Večja nevarnost je v primeru izkopa predora navzdol. V danem primeru je možno zagotoviti, da se vsaj pretežni del predora skozi vodovarstveno območje koplje navzgor.

Analiza tveganja je pokazala, da lahko v scenariju najslabše možnosti z razlitjem največje možne količine goriv v najbolj kritičnem odseku predora T2, to povzroči prekomerno onesnaženje na

zajetju Rižane. Tako onesnaženje bi najverjetneje vsaj za teden dni onesposobilo oskrbo z vodo. Da razlitje še ne bi ogrozilo oskrbe z vodo, bi se teoretično lahko razlila in odtekla približno 20-x manjša količina onesnaževala, to je približno 175 l. Ostanki razstreliv ne ogrožajo oskrbe z vodo, saj bi bile koncentracije snovi v izviru do 0,002 mg/l. Pomembno je zagotoviti, da razstreliva ne vsebujejo kakršnihkoli snovi, ki v vodi ne smejo presegati take koncentracije. Glede vpliva izluževanja betona iz sveže primarne obloge smo izračunali dopustno začetno koncentracijo izlužka, iz katere lahko sklepamo, da se tako visoke koncentracije snovi, ki bi ogrozile zajetje Rižane, v naravnih razmerah ne morejo izlužiti. Verjetnosti mikrobiološkega onesnaženja je dejansko velika v primeru, če večja količina vode ob izkopavanju vdre v kraške kanale in odteče proti izviru, enako pa velja tudi za motnost.

Glede na podane izračune dreniranih količin podzemne vode lahko ugotovimo, da bo s kombinirano izvedbo predorov na kraškem terenu v območju nihanja gladin podzemne vode v veliki meri mogoče ohranjati dobro količinsko stanje podzemne vode. Kljub temu velja opozoriti na nekatere možnosti optimizacije tehnične rešitve odvajanja zalednih vod, ki bi predstavljale boljše gospodarjenje s podzemno vodo kot virom pitne vode s ponovno uporabo drenirane vode.

Ker bodo drenirane podzemne vode z vidika kemijskega stanja ustrezne, jih je mogoče:

- Zajeti na južnem portalu predora T2 v ustrezni vodarni in priključiti na vodovod. Ob izvedbi zajetja je potrebno izvesti vse potrebne hidrogeološke analize, prav tako je potrebno prilagoditi vodovarstveno območje Rižane.
- Ponikati v predoru preko izpustov s povratno loputo. Pri tem je potrebno za potrditev ustreznosti ponikalnega mesta med gradnjo izvesti dolgotrajni ponikalni/sledilni poizkus za ugotavljanje smeri odtoka ponikane vode.

Dobljene vrednosti relativne občutljivosti za normalni in alternativni scenarij so nižje od vrednosti, ki jo predpisuje Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11; priloga 2), medtem ko vrednosti za scenarij najslabše možnosti presegajo dovoljene vrednosti. Glede na navedeno lahko zaključimo, da le ob doslednem upoštevanju vseh omejitev in zaščitnih ukrepov, ki so povzeti po projektni dokumentaciji, gradnja in obratovanje drugega tira železniške proge Divača-Koper, ne bo prekomerno vplivala na vire podzemne vode. Tveganje je ob upoštevanju navedenih zaščitnih ukrepov za varovanje vodnih virov za gradnjo 2. tira Divača – Koper sprejemljivo. Za oskrbo z vodo je zajet samo izvir Rižane. Le-ta bi lahko bil ogrožen le v primeru nesreče v scenariju najslabše možnosti. Z gradnjo posegamo v napajalno zaledje podzemne vode, ki odteka tudi v Italijo. S predlaganimi zaščitnimi ukrepi bodo enakovredno varovani tudi čezmejni vodni viri in zato pomembnih čezmejnih hidrogeoloških vplivov ne bo.

VIRI IN LITERATURA

- Feguš, et al., 2006: Pregled predloženih strokovnih podlag za pripravo Uredbe o vodovarstvenem območju vodnih virov na širšem območju Rižane, GeoZS.
- Kogovšek, J., Petrič, M., 2010: Rezultati sledilnega poskusa na območju nove dvotirne proge Trst-Divača v spodnjem delu odseka Črni Kal – Divača.
- Zini, L., et al., 2010: Transboundary Aquifers: Challenges and New Directions: Characterisation of a transboundary karst aquifer: the Classical Karst UNESCO-IAH-UNEP Conference, Paris, 6-8 December 2010.
- Janža, M., 2006: Modeliranje napajanja regionalnega vodonosnika z uporabo metod daljinskega zaznavanja, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, 2006.
- Prestor, J., 1992: Prispevek k proučevanju odnosov med padavinami in odtokom iz kraškega vodonosnika : magistrsko delo. FNT, Ljubljana, 1992.