



Finansirano u okviru posebnog sporazuma o dodjeli bespovratnih sredstava br. 2018/402-850 iz Višekorisničkog programa EU IPA II za Albaniju, Bosnu i Hercegovinu, Sjevernu Makedoniju, Kosovo*, Crnu Goru i Srbiju

Investicijski okvir za Zapadni Balkan Instrument za infrastrukturne projekte Tehnička pomoć 8 (IPF 8)

TA2018148R0 IPA

Mediteranski koridor CVC: Bosna i
Hercegovina – cestovna povezanost
sa Hrvatskom, poddionica: Konjic
(Ovčari) – tunel Prenj – Mostar sjever

Analiza neusklađenosti i Paket
dokumentacije za objavljivanje iz
Procjene utjecaja na okoliš i društvo
(PUOD)

WB20-BiH-TRA-02 Komponenta 1

Knjiga 1: Studija o procjeni utjecaja
na okoliš i društvo

Poglavlje 7 Geologija i podzemne
vode

Oktobar 2023.

Investicioni okvir za Zapadni Balkan (WBIF)

Instrument za infrastrukturne projekte

Tehnička pomoć 8 (IPF 8)

Infrastruktura: Energija, okoliš, društvo, saobraćaj i digitalna ekonomija

TA2018148 R0 IPA

Knjiga 1: Studija o procjeni utjecaja na okoliš i društvo

Poglavlje 7 Geologija i podzemne vode

Oktobar 2023. godine

Instrument za infrastrukturne projekte (IPF) je instrument tehničke pomoći Investicijskog okvira za Zapadni Balkan (WBIF) koji je zajednička inicijativa Europske unije, međunarodnih finansijskih institucija, bilateralnih donatora i vlada Zapadnog Balkana, a podržava društveno-ekonomski razvoj i pristupanje EU širom Zapadnog Balkana pružanjem finansijske i tehničke pomoći za strateška infrastrukturna ulaganja. Ova tehnička pomoć finansira se iz EU fondova.

Izjava o odricanju odgovornosti: Autori preuzimaju punu odgovornost za sadržaj ovog izvještaja. Iznesena mišljenja ne odražavaju nužno stav Europske unije ili Europske investicijske banke.

PROJEKT BR.

DOKUMENT BR.

WB20-BiH-TRA-02

VERZIJA

DATUM

OPIS

PRIPREMIO

PROVJERIO

ODOBRIO

1

25/09/2021

SPUOD

Tim eksperata

Irem Silajdžić
Konstantin Siderovski

Richard Thadani

2

21/11/2022

SPUOD – Poglavlje 7
Geologija i podzemne
vode

Tim eksperata

Irem Silajdžić

Richard Thadani

3

03/03/2023

SPUOD – Poglavlje 7
Geologija i podzemne
vode

Tim eksperata

Irem Silajdžić

Richard Thadani

4	18/04/2023	SPUOD – Poglavlje 7 Geologija i podzemne vode	Tim eksperata	Irem Silajdžić	Richard Thadani
5	10/10/2023	SPUOD – Poglavlje 7 Geologija i podzemne vode	Tim eksperata	Irem Silajdžić	Richard Thadani

SADRŽAJ

7	Geologija i podzemne vode	9
7.1	Uvod	9
7.2	Trenutno stanje	9
7.2.1	Geomorfologija	9
7.2.2	Geologija	15
7.2.3	Geofizika	31
7.2.4	Hidrogeologija	33
7.2.5	Hemijsko stanje podzemnih voda duž glavnog pravca autoceste	55
7.3	Procjena potencijalnih utjecaja	55
7.3.1	Pregled potencijalnih utjecaja	56
7.3.2	Procjena utjecaja podzemnih voda na izgradnju autoceste	58
7.3.3	Procjena utjecaja izgradnje na podzemne vode	60
7.3.4	Procjena utjecaja na javna izvorišta	74
7.3.5	Procjena ranjivosti podzemnih voda	78
7.3.6	Procjena hazarda od zagađenja podzemnih voda	85
7.3.7	Procjena rizika od zagađenja podzemnih voda	88
7.3.8	Zaključak o procjeni potencijalnih utjecaja	90
7.4	Mjere ublažavanja i poboljšanja	96
7.4.1	Faza prije izgradnje	96
7.4.2	Faza izgradnje	96
7.4.3	Faza korištenja	99

Popis slika

Slika 7-1: Genetski tipovi terena projektnog područja	10
Slika 7-2: Geološka karta predmetnog područja	16
Slika 7-3: Sedimenti donjeg trijasa južno od Konjica	20
Slika 7-4: Kampilski slojevi donjeg trijasa u dolini rijeke Šanice u blizini Jablanice	20
Slika 7-5: Anizijski dolomiti u Ovčarima kod Konjica	21
Slika 7-6: Dolomiti i krečnjaci srednjeg gornjeg trijasa na Prenju (fotografisano iz Bijeke)	22
Slika 7-7: Gornja jura u dolini Neretve	23
Slika 7-8: Gornja kreda u dolini Neretve	24
Slika 7-9: Glacijalne naslage u dolini Konjičke Bijeke	26
Slika 7-10: Siparske breče u dolini Konjičke Bijeke	27
Slika 7-11: Pregledna tektonska karta Mostara	28
Slika 7-12: Seizmotektonska karta šireg područja oko planirane trase	31
Slika 7-13: Položaj geofizičkih profila relevantnih za trasu tunela Prenj	32
Slika 7-14: Hidrogeološka karta	34
Slika 7-15: Izvorište Ljuta u blizini Konjica	37
Slika 7-16: Kaptirani izvor Gornje Bijele u blizini Konjica	39
Slika 7-17: Izvorište Šanica u blizini Jablanice	41
Slika 7-18: Izvorište Salakovac	42
Slika 7-19: Izvor Livčine	44
Slika 7-20: Mjesto ubacivanja trasera na ponoru Jezerce (0) i lokacije uzorkovanja (1-4)	46
Slika 7-21: Mjesto ubacivanja trasera na ponoru Jezero (0) i lokacije uzorkovanja (1-4)	47
Slika 7-22: Mjesto ubacivanja trasera na ponoru Vrutak (0) i lokacije uzorkovanja (1-6)	48
Slika 7-23: Mjesto ubacivanja trasera na ponoru Velike Bare (0) i lokacije uzorkovanja (1-6)	50
Slika 7-24: Utvrđeni smjer kretanja podzemnih voda	53
Slika 7-25: Prognostički hidrogeološki profil terena uz trasu budućeg tunela Prenj	59
Slika 7-26: Položaj kaptirane Bijeke, Gornje Bijeke i lokalnih izvora	63
Slika 7-27: Položaj izvorišta Strelišće u odnosu na poziciju autoceste	64
Slika 7-28: Kaptirani izvor Bijela	64
Slika 7-29: Predviđena regulacija i položaj kaptaže i rezervoara	66
Slika 7-30: Položaj kaptiranog lokalnog izvora	67

Slika 7-31: Kaptirani izvor u koritu Suhog potoka za potrebe lokalnog stanovništva	67
Slika 7-32: Pogled na ulazni portal tunela Prenj	68
Slika 7-33: Zone sanitarne zaštite izvorišta Salakovac i Bošnjaci	69
Slika 7-34: Izvor Klenovik	71
Slika 7-35: Odlagalište materijala iz iskopa u Humilišanima	73
Slika 7-36: Pogled na izlazni portal tunela Prenj	77
Slika 7-37: Karta ranjivosti	83
Slika 7-38: Karta hazarda od onečišćenja podzemnih voda	88
Slika 7-39: Karta rizika od onečišćenja podzemnih voda	90

Popis tabela

Tabela 7-1: Standardne vrijednosti za EPIK parametre	82
Tabela 7-2: Tabelarni prikaz vrijednosti težine hazarda (H), faktora rangiranja hazarda (Q_n) i rezultata hazarda (H_{score})	86
Tabela 7-3: Rangiranje stepena hazarda	87
Tabela 7-4: Dijagram određivanja intenziteta rizika za trasu autoceste	88
Tabela 7-5: Sažeti prikaz potencijalnih utjecaja na podzemne vode i ocjena njihovog značaja prije ublažavanja	94

7 Geologija i podzemne vode

7.1 Uvod

U ovom poglavlju predstavljene su rezultati procjene potencijalnih geoloških i hidrogeoloških utjecaja Projekta u fazi izgradnje i fazi korištenja.

Procjena Projekta izvršena je prvobitno kroz studiju dostupnih podataka vezanih za geologiju, geomorfologiju i hidrogeologiju. Metodologija je uključivala procjenu ranjivosti podzemnih voda i određivanje opasnosti i rizika od zagađenja podzemnih voda, kako je objašnjeno u Poglavlju 7.3.6, Poglavlju 7.3.7 i Poglavlju 7.3.8. Konačna procjena značaja utjecaja uzela je u obzir rezultate procjene ranjivosti i opasnosti/rizika. Procjena utjecaja mora se izvršavati oprezno, jer detaljnija istraživanja projektnog područja mogu povećati značaj utjecaja.

U ovom su poglavlju, gdje je to prikladno, identifikovane predložene mjere ublažavanja kako bi se smanjili ili kontrolisali mogući štetni utjecaji koji proizlaze iz Projekta.

Ovo poglavlje treba čitati zajedno sa sljedećim poglavljima:

- Poglavlje 1 Uvod
- Poglavlje 2 O Projektu
- Poglavlje 3 Detaljni opis Projekta
- Poglavlje 4 Politički, zakonodavni i institucionalni kontekst
- Poglavlje 5 Metodologija procjene utjecaja
- Poglavlje 8 Površinske vode
- Poglavlje 17 Kumulativni utjecaji
- Poglavlje 18 Rezidualni utjecaji
- Poglavlje 19 Plan za upravljanje okolišem i društvom (PUOD)

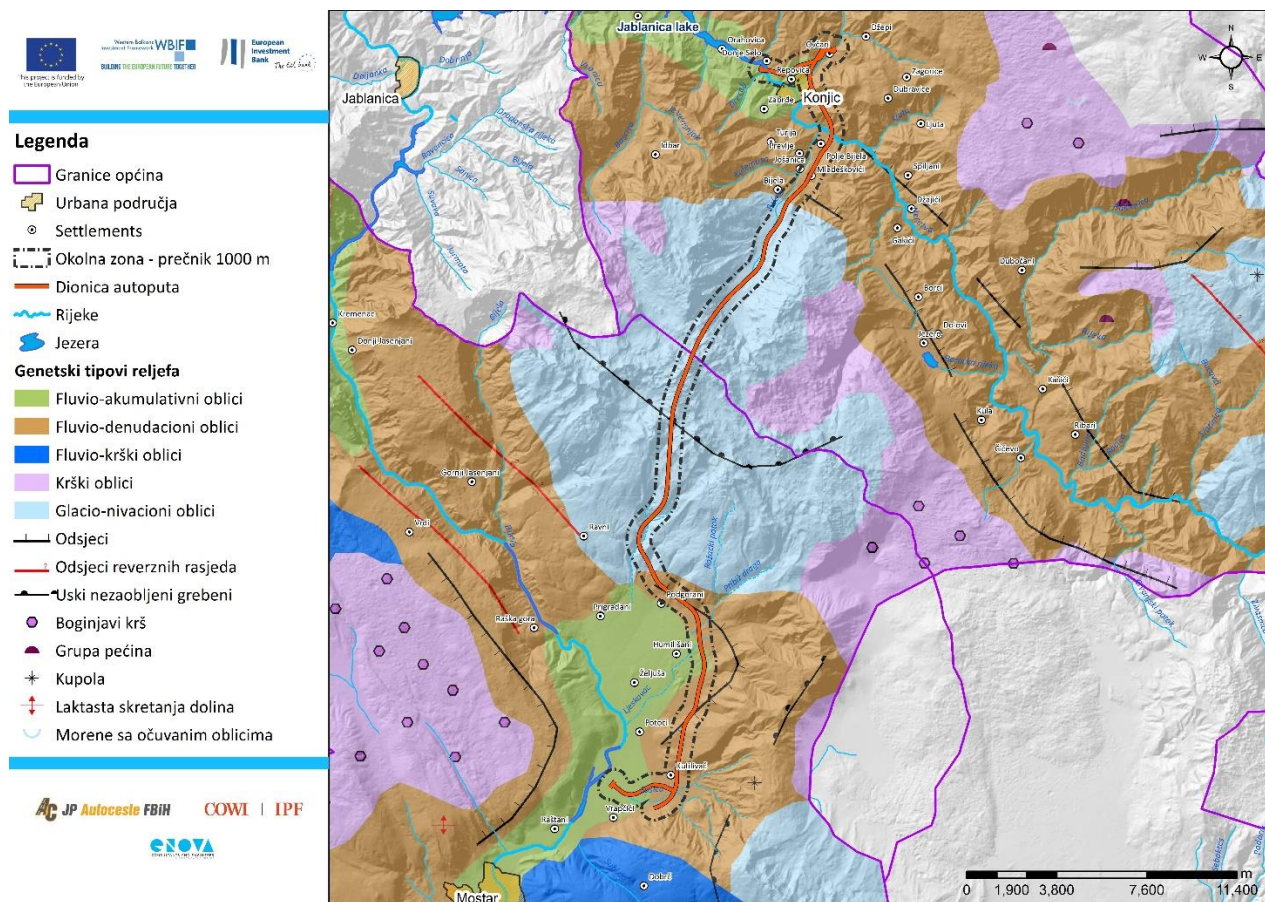
7.2 Trenutno stanje

7.2.1 Geomorfologija

Predmetno područje obuhvata karbonatnu platformu spoljašnjih Dinarida, sa izuzetkom najsjevernijeg dijela Konjica koji pripada zoni bosanskog fliša, tačnije mlađe grupe formacija iz karbonatne platforme spoljašnjih Dinarida.

Geomorfološka struktura terena duž projektnog područja je raznolika i morfološki neujednačena, zbog veoma složenog sastava geoloških formacija, složenih tektonskih odnosa i različitog ponašanja stijenskih masa u površinskoj zoni raspadanja. Trasa autoceste prolazi brdskim i planinskim područjima.

Generalno, oko 40% predmetnog područja pripada brdsko-planinskom terenu nadmorske visine preko 500 m n.m. (planine Prenj, Čvrsnica, Čabulja). Samo oko jedne trećine terena nalazi se na nadmorskoj visini od 200 do 500 m n.m., a ostatak je blago brdovit i ravničarski teren do 200 m n.m.



Slika 7-1: Genetski tipovi terena projektnog područja

Prema genetskim tipovima određuju se dvije kategorije terena, u zavisnosti od karakteristika tektonske aktivnosti, i to¹:

- > Geomorfološke jedinice u fazi spuštavanja neotektonike:
 - fluvijalno-akumulacioni teren
- > Geomorfološke jedinice u fazi tektonskog izdizanja:
 - gravitaciono-deluvijalni teren
 - erozijsko-denudacijski teren
 - kraško-erozioni teren
 - glacialno-nivalski teren

Fluvijalno-akumulacioni teren nastao je fluvijalno-akumulacionim procesima u dolinama riječnih tokova Trešavnice između Bradine i Konjica, te Neretve i Bijeje. U ovu kategoriju spadaju aluvijalni i terasasti platoi, terasasti dijelovi, aluvijalni čunjevi, bujični sedimenti, fluvioglacialne i limnoglacialne površine, kao i drugi oblici vezani za fluvijalni režim. Posebno su zanimljive fluvioglacialne terase u koritima Neretve i Bijeje, koje se jasno uočavaju kao relikti starih terasa nastalih taloženjem glacialnog morenskog materijala sa okolnih planina. Karakteristika

¹ Studija utjecaja na okoliš, dionica: Konjic (Ovčari)-Mostar sjever, Zagrebinspekt, Mostar, Septembar 2016.

ovog reljefa je travnati teren ispresijecan sekundarnom mrežom povremenih i stalnih potoka.

Gravitaciono–deluvijalni teren ima malu teritorijalnu rasprostranjenost. Nalazi se u podnožju planinskih masiva ili strmih padina planina Borašnice i Prenja, zatim u dolinama rijeka Bijele i Neretve. Ovaj teren karakterišu strme padine prislonjene na stjenovitu podlogu, sa ujednačenim nagibom izgrađenim od nagomilanog drobljenog materijala, pretežno krečnjačkog i dolomitnog sastava. Na padinama se ponegdje susreću sipari u obliku prostranih lepezastih i konusnih aluvijalnih čunjeva, aktivnih osulina ili klizišta, a ponekad osulinskih omotača koji pokrivaju većinu padina.

Eroziono–denundacioni teren je relativno malo zastupljen duž trase autoceste na području srednjeg toka Bijele. Ovu kategoriju terena karakteriše morfološka fragmentacija. Sastoji se od kristalnih škriljaca niske kristalnosti sedimenata donjeg trijasa. Padine su često sa stalnim padom.

Kraško–erozioni teren je goli krš (karst) bez ikakve vegetacije. Ova kategorija terena obuhvata područje planine Prenj. Građena je od karbonatnih stijena, krečnjaka i dolomita trijasko, jurske i kredne starosti. Ovaj teren karakteriše vrlo specifična struktura. Padine su veoma strme, klisurastog i kanjonskog tipa. Na krečnjačkim terenima mogu se uočiti sve kraške pojave. Najčešći oblici su vrtače i manje uvale, jaruge i ponori. Za razliku od krečnjaka, dolomiti su podložni procesima fizičke razgradnje grusifikacijom. Na područjima visoravni gdje su pretežno zastupljeni krečnjaci, vrtače imaju visok stepen učestalosti, tako da pojedini dijelovi terena imaju sve karakteristike krša sa vrtačama, tzv. "boginjavi karst".

Glacijalno–nivalski teren ima veoma ograničenu rasprostranjenost u dolini rijeke Bijele i na padinama Prenja, van projektnog područja. To su područja sa blago strmim padinama nastala tokom procesa akumulacije morenskog materijala iz starih gornjopleistocenskih glečera.

Autocesta na poddionici Konjic (Ovčari) - tunel Prenj - Mostar sjever projektovana je kroz tri (3) geomorfološke jedinice: Bjelašnica, Prenj i Velež, a koje se bitno razlikuju u pogledu geoloških i strukturno–tektonskih karakteristika:

- > Planina Bjelašnica je u ovom prostoru ograničena rijekom Neretvom na jugozapadu i Trešanicom na sjeverozapadu čije su doline ujedno i najvažniji geomorfološki oblici u ovom dijelu planine. Teren koji se uzdiže iznad ose autoceste u pravcu sjeveroistoka postepeno prelazi u kraški reljef koji je veoma izražen u višem dijelu planine Bjelašnice. U zoni ose autoceste nisu registrovani veći površinski i podzemni kraški oblici.
- > Prenj je u geomorfološkom pogledu veoma mlada planina, uzdignuta prije oko 18 miliona godina. Ima veliku površinu od oko 400 km². Prenj je sa svih strana, osim na jugoistoku, ograničen kanjonima rijeke Neretve.
- > Planina Velež je u zoni kojom prolazi autocesta ograničena dolinom Bijelo polje i rijekom Neretvom na zapadu. Teren koji se uzdiže iznad Bijelog polja u pravcu istoka postepeno prelazi u kraški reljef koji je veoma izražen na platou Veleža. U zoni ose autoceste koja je položena krajnjim zapadnim padinama

Veleža nisu registrovani veći površinski kraških oblici. Od podzemnih kraških oblika važno je pomenuti pećinu iz koje ističe vrelo "Bošnjaci", a koja je formirana u fluvioglacialnim sedimentima taloženim u Bijelom polju.

Geomorfologija karstnih terena Prenja

Karst je jedinstveni prirodni ambijent u kojem dominiraju karbonatne stijene, u najvećem dijelu krečnjaci, a sporedno mjesto zauzimaju dolomitične stijene. Zbog svoje izuzetne ispucalosti, rastvorljivosti, izražene poroznosti i prisustva otvorenih karstnih kanala i kaverni, karbonatne stijene u sebi akumuliraju znatnu količinu izdanskih voda. Zato u njima dominiraju podzemni oticaji. Direktna posledica toga je veoma rijetka i dezintegrirana površinska drenažna mreža ili njeno potpuno odsustvo. Na kontaktu karsta i nekarsta vodotoci nastaju na izvorima (vrelima), na kojima se dreniraju prostrane karstne izdani. Vrela su velike izdašnosti, nekad i više desetina m³/s vode.

Po dubini, ne postoji oštra granica između karstifikovanih i nekarstifikovanih stijena. Prelazna zona ispod koje se ne očekuje izrazito karstifikovana stijena se naziva *baza karstifikacije*. Na području spoljašnjih Dinarida, kojima pripada i masiv Prenja, baza karstifikacije se kreće do dubine od 250 m, što je i dokazano geofizičkim ispitivanjima.

Proces karstifikacije stvara i uslovljava u podzemlju i na površini krečnjačkih stijena specifičnu morfologiju ili karstne fenomene. Od morfoloških oblika, za karst su isključivo karakteristični: škrape, vrtače, uvale, jame, pećine, suve doline, karstna polja i karstne površi.

Hidrogeološke pojave su, i kao geomorfološki oblici, fenomeni koji se javljaju samo u karstnim terenima. Tu spadaju karstni izvori (vrela), estavele, vrulje, ponori. Oni su podjednako značajni za utvrđivanje hidrogeoloških i hidroloških karakteristika karsta.

Karstni izvori (vrela) su mjesta isticanja i dreniranja karstnih izdani. Vrijeme isticanja je stalno ili povremeno. Mjesta njihovog isticanja su najčešće "razbijena" zbog karaktera krečnjačkih stijena i njihove poroznosti. Uglavnom su raspoređeni po kontaktu karsta i vodonepropusnih stijena. Takvi su i izvori/vrela koja dreniraju masiv Prenja: Salakovac, Šanica, Bijela, Crno vrelo i dr.

Ponori su oblici nastali na mjestima uviranja površinskih voda u podzemlje. Za njihov nastanak presudnu ulogu imaju pukotinski sistemi, veći rasjedi, međuslojne pukotine i hemijsko-mehaničko dejstvo vode. Najviše ih ima duž povremenih rječnih tokova i na onim mjestima koja su bliža niže ležećem erozionom bazu. Prema karakteru javljanja razlikuju se ponori sa stalnim i povremenim gutanjem vode. Takvi su i ponori na masivu Prenja: Jezero, Jezerce, Veline bare i dr.

Cirkulacija podzemne vode u karstu odvija se na potpuno drugačiji način nego u nekarstnim terenima. Za razliku od drugih geoloških sredina u karstu je veoma teško utvrditi zakonitosti po kojima se odvija cirkulacija i akumuliranje podzemne vode.

Brzina kretanja podzemne vode u karstu Dinarida varira u dosta širokim granicama. Na osnovu analize velikog broja izvedenih opita bojenja „*utvrđeno da su to granice od 0,002–55,2 cm/s*“. Brzina cirkulacije se mijenja sa promjenom hidrološkog stanja na površini terena tj. sa promjenom režima u izdani. U sušnom periodu, pri niskim nivoima NPV-a, cirkulacija u karstnim kolektorima je veoma usporena. Tada se voda kreće u vidu sporih i potpuno izdvojenih podzemnih tokova zadržavajući se, nekad veoma dugo, u sifonskim akumulacijama podzemlja. Zato je obojenom talasu vode potrebno mnogo duže vrijeme da pređe put od ponora do izvora nego kad je vrijeme poplava i velike hidrološke aktivnosti.

Podzemni drenažni sistem u karstu sličan je površinskom drenažnom sistemu. To je dobro razrađen sistem sa glavnim drenovima i mrežom nižeg reda. Ova mreža ne drenira površinu već poroznu zapreminu kolektora. U sušnom periodu, veći dio ovog sistema je suh, i opstaju samo tokovi koji predstavljaju podzemne nastavke stalnih površinskih tokova i *bazni karstni tokovi*. Oni su povezani na kraju sa apsolutnim ili glavnim erozionim bazisom. Bazni tokovi po pravilu se završavaju sa velikim karstnim vrelima. Glavni tranzit vode odvija se kroz provodnike velikih dimenzija. Privilegovani ili dominantni pravci cirkulacije podzemnih voda u karstu najčešće su predisponirani oblicima razlomne tektonike. Velike rasjedne zone su najčešće zapunjene glinovitim materijalom pa ne predstavljaju pogodnu zonu za razvoj karstifikacije. U tom slučaju, prateća tektonika igra ključnu ulogu u formiranju privilegovanih pravaca cirkulacije. Pojedinačni karstni oblici su najčešće vezani za tektonske elemente nižeg reda, tzv. prateću tektoniku.

Naborni sklop Prenja čine blage naborne strukture sa velikim rasponom. Ose nabora generalno tonu prema JI sa statističkim elementima pada 140/14°. Nabori u bloku su razlomljeni sa dva jasna sistema rasjeda.

Prvi sistem sa azimutom pružanja 160-340° ima naglašen reversni, a dijelom i gravitacioni karakter kretanja blokova. Drugi sistem rasjeda ima azimut pružanja 45-225°. Terenskim istraživanjima utvrđeno je da se po ovim rasjedima odvijalo pretežno horizontalno kretanje blokova.

U pukotinskom sklopu najčešće se javljaju tenzione pukotine i pukotine smicanja. Relaksacione pukotine su zastupljene manje i obično su paralelne površinama slojevitosti. Obje familije pukotina često su u znatnoj mjeri karstifikovane, a površinski karstni fenomeni orjentisani su paralelno ovim familijama.

U užoj zoni tunelskog koridora od mehaničkih diskontinuiteta koji imaju penetrativan karakter značajne su površi slojevitosti, rasjeda i tri familije pukotina (treća familija subparalelna je rasjedima azimuta 45-225°).

Ovi elementi sklopa bitni su za ocijenu uslova iskopa i stabilnosti podzemnih objekata²:

- > Relativno blagi nagibi slojeva, uz relativno homogen sastav ukazuju da se ne očekuju česte i nepredvidive smjene različitih litoloških članova (izuzimajući T1 i dijelom T22 naslage).
- > Strmi i subvertikalni padni uglovi smičućih pukotina, rasjeda i tenzionih pukotina u sprezi sa ss pukotinama ukazuju na moguće pojave nestabilnosti (iz kalote) uz pojavu podzemnih pritisaka koji mogu biti različitog karaktera. Sa druge strane povoljna je okolnost da u dubokim dijelovima stijenske mase pukotine izvan rasjednih zona, nisu relaksirane, odnosno stisnute su.
- > Relativno strmi padni uglovi rasjeda ukazuju na mogućnost da se na relativno kratkom odstojanju prođe kroz tektonski oštećenu stjenjenu masu, pošto u zoni trase tunela nisu indicirane strukture kraljuštanja.

Planinski masiv Prenja pripada spoljašnjim Dinaridima koji imaju pravac pružanja SZ-JI. Reljef ovog područja poligenetski je oblikovan na okršenoj mezozojskoj karbonatnoj ploči spoljašnjih Dinarida koju litološki grade preko 7.000 m debele naslage mezozojskih krečnjaka i dolomita stvarane i u uslovima dugotrajne plitkovodne marinske sedimentacije od gornjeg trijasa do paleogena.

U morfogenetskom smislu na širem planinskom području Prenja preovladava padinski, krški i periglacialni reljef razvijen na okršenim karbonatnim stijenama. Mikrotektonski ispućala karbonatna podloga ovog područja u čijem sastavu dominiraju čisti krečnjaci pogodovala je razvoju kraškog reljefa i specifičnoj podzemnoj kraškoj hidrogeologiji. Viša područja planinskih masiva i hrbata na ovom terenu poligenetski su oblikovana kvartarnim glacijalnim, periglacialnim i derazijskim procesima na mezozojskim karbonatima.

Pojave poligonalnog karsta, vrtača sa uskim okršenim gredama česte su na ovom području. Reljefno su obilježene naglašenom gustom dubokih ljevkastih i kotlastih vrtača koje su oblikovane kombinovanim korozijskim djelovanjem snježnice, mehaničkom destrukcijom mraza, leda i soliflukcijskim tečenjem plitkog regolita planinskih karbonatnih tala. U ustrmljenijim stjenovitim stranama okršenih vrtača aktivni su derazijski procesi. Njihova uska dna zapunjena su oštrokutnim koluvijalnim nanosima. Relativno plitke zdjelaste vrtače pretežno ovalnog i cirkularnog oblika proširene su bočnom korozijom. Prevladavaju na visinama iznad 1500 m n.m., a usled vodonepropusne podloge neke su ispunjene manjim planinskim jezerima i periodičnim lokvama kao što su: Jezerce (1650 m n.m.) i Jezero (1500 m n.m.) na Prenju.

Goli krš ispresjecan je **škrapama** oblikovanim linijskom korozijom snježnice, sočnice i kišnice duž pukotina na otkrivenoj karbonatnoj podlozi. Na ovom području krša prevladavaju škrape različitih oblika (mrežaste, zdjelice, rebraste itd.) i dubina, od milimetarski plitkih žljebastih ulegnuća odvojenih ostrim korodiranim bridovima (čebelji) do višemetarski dubokih brazda (škripovi). Ogoljelije terene Prenja, iznad 1.600 m n.m. obilježava naglašena

² Izvođenje geotehničkih istražnih radova na trasi na dionici Konjic-Mostar sjever (tunel Prenj), Dokumentacija istražnih radova, Winner Project d.o.o. Sarajevo, 2016.

gustoća pojave škrapa koje grade prostrane škrapare dekametarskih mjestimično i hektometarskih površina.

Vrtače raznih površinskih dimenzija (od nekoliko hektometara do više kilometara kvadratnih) i oblika (zdelaste, ljevkaste, kotlaste) oblikovane su subkutanom korozijom na kontaktu zemljišnog horizonta sa karbonatnom stjenovitom podlogom u mikrotektonski ispucalnoj pripovršinskoj epikarstnoj zoni. Naglašena gustina pojave ovih kvartarnih egzokrških udubljenja geomorfološki se vezuje za rasjedne zone i pukotine položenijih terena planinskih površi, niskih zaravni i pedimenata. To su uglavnom vrtače ljevkastog oblika, ustrmljenih strana sa uskim dnom zapunjenim kvartarnim nanosima. Prekrivene su gustim bukovo-jelovo-smrčevim šumama pa se u njima dugo zadržava snježni pokrivač što rezultira pojačanom subkutanom korozijom. Vrtače ljevkastog i kotlastog tipa prekrivene niskom vegetacijom planinskih pašnjaka prevladavaju na visinama od 1.100-2.200 m n.m. Poligenetski su oblikovane u kvartaru korozijom agresivne snježnice i sočnice, mrazno-lednim raspadanjem stjenovito-zemljane podloge i padinskim procesima. Na masivu Prenja zastupljena je gustoća vrtača od 54/km².

Gustina vrtača posebno je naglašena na terenima čiju litološku podlogu predstavljaju okršeni jurski krečnjaci dok je na dolomitima manje izražena. Gustina vrtača ipak nije pravi pokazatelj karstifikacije određenog područja jer su prije svega zanemarene dimenzije vrtača i podzemni endokrški oblici. Teren na kojem su razvijene vrtače kilometarskih površina i hektometarskih dubina (jedna pojava po km²) slabije je karsifikovan od terena sa više vrtača dekametarskih dimenzija (desetine pojava po km²).

Prostorno jedna od najvećih je vrtača u Zakantaru na Prenju na visinama od oko 1.600 m n.m. Predstavlja cirkularno kraško ulegnuće duboko oko 60 m s promjerom dijametra od preko 500 m. Preoblikovana je korozijskim, periglacialnim, derazijskim i pedogenetskim procesima u holocenu na jurskim krečnjacima.

7.2.2 Geologija

7.2.2.1 Geološke i litostratifrafske karakteristike

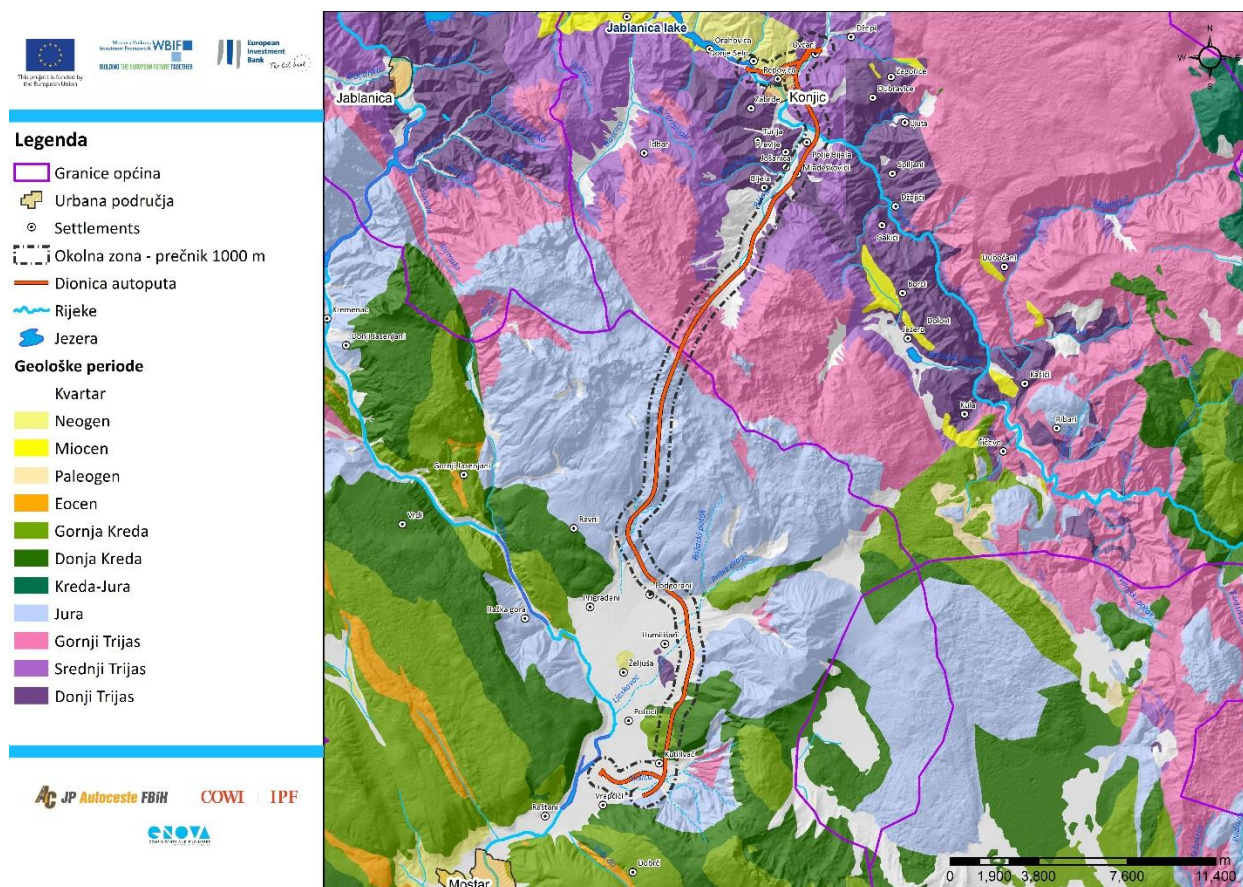
Geološke karakteristike terena užeg i šireg područja obuhvata autoceste prikazane su na osnovu rezultata do sada izvedenih geoloških istraživanja obavljenih za potrebe izrade studija utjecaja, elaborata zaštite izvorišta i analize svih drugih raspoloživih izvora podataka, dokumentacije i objavljenih radova o obavljanju geoloških istraživanja prostora na kojem je planirana poddionica autoceste.

Geološka karta terena sa ucrtanim položajem autoceste na poddionici Konjic (Ovčari) - tunel Prenj - Mostar sjever data je na slici 7-2.

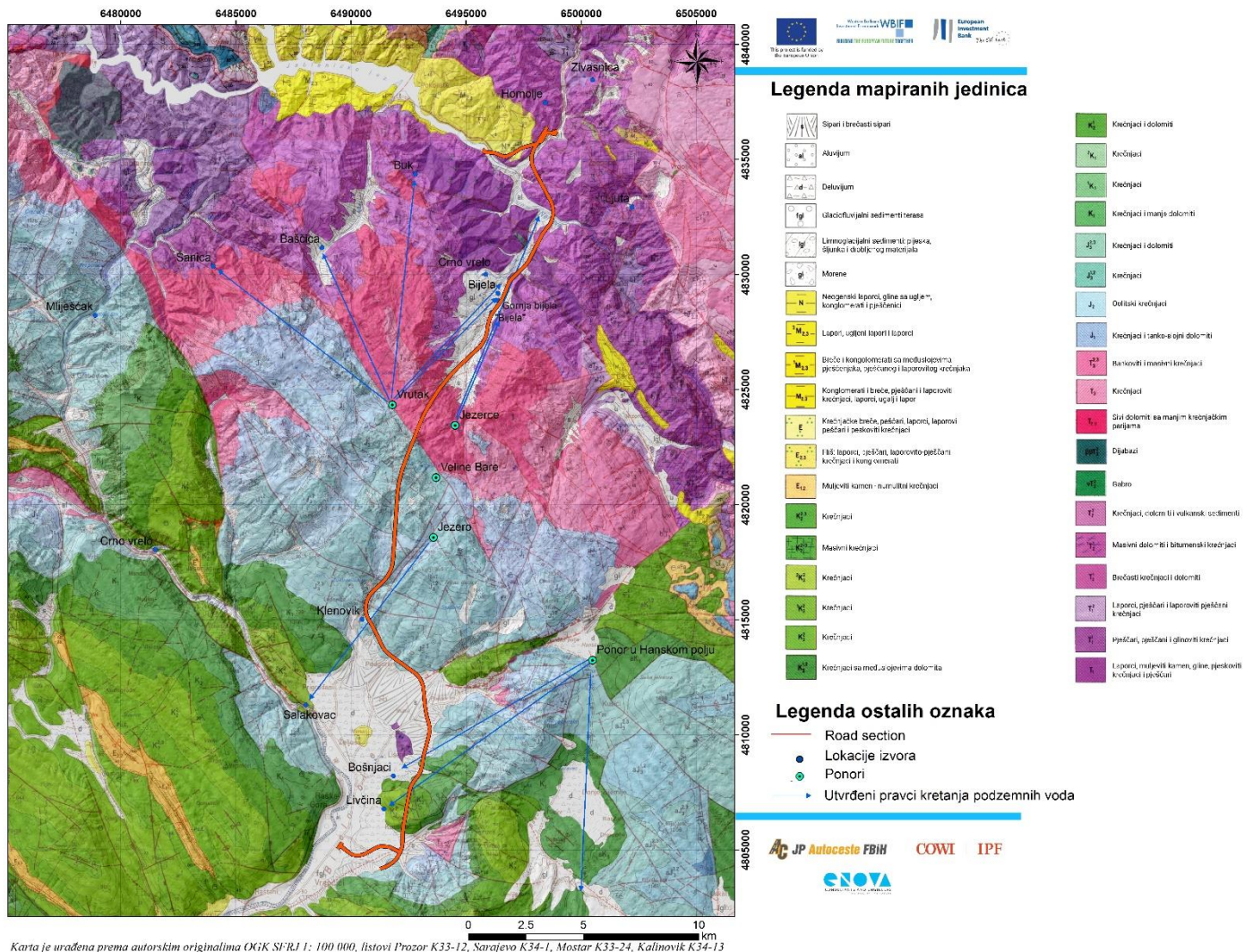
U geološkoj građi terena koji gravitira trasi autoceste i objektima na predmetnom području učestvuju stijene mezozojske i kenozojske starosti, odnosno naslage trijasa, jure, krede, paleogena, neogena i kvartara.

Trijas

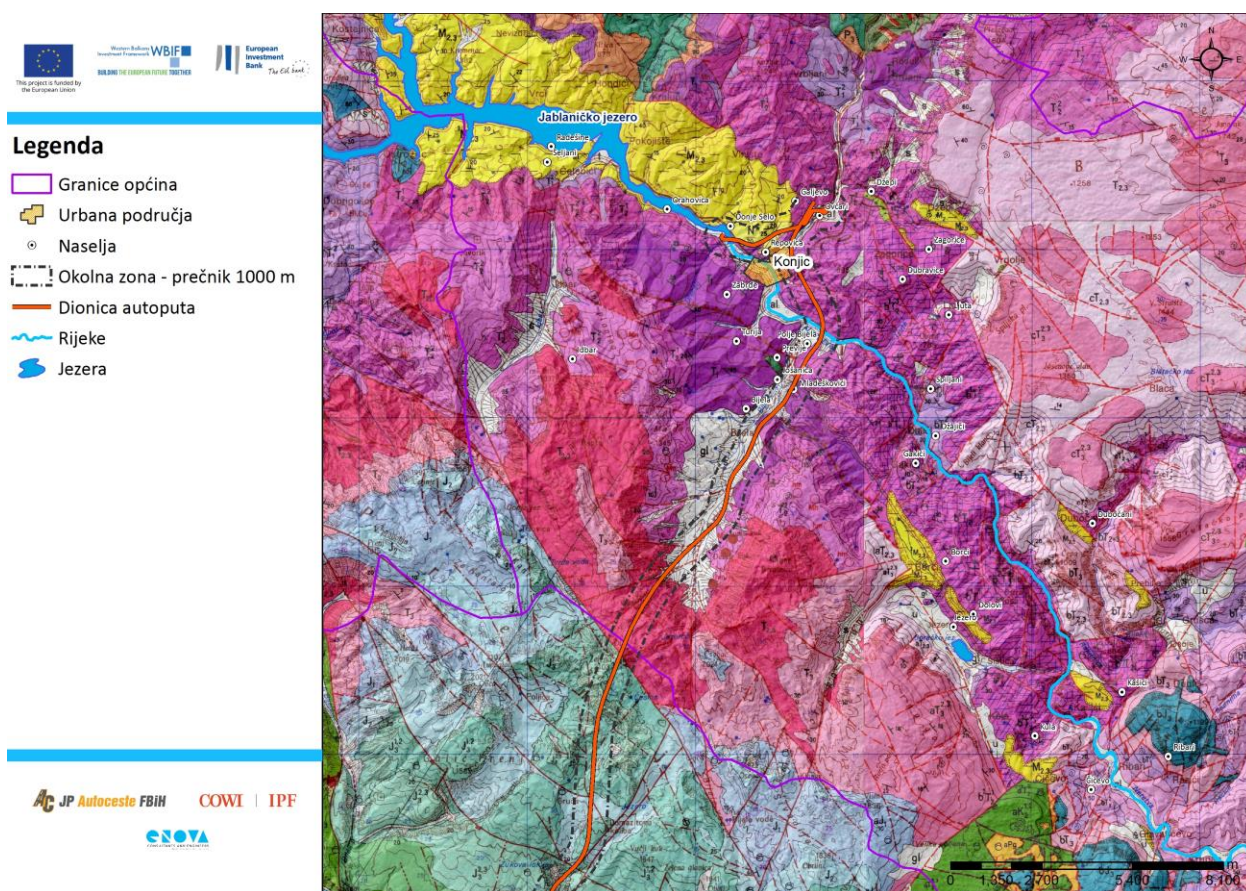
Trijas ima veliko rasprostranjenje posebno u sjeveroistočnom i sjeverozapadnom dijelu Prenja, na jugozapadnim dijelovima Bjelašnice te mjestimično na zapadnim padinama Veleža. U ovim terenima izdvojeni su skoro svi slojevi donjeg, srednjeg i gornjeg trijasa.



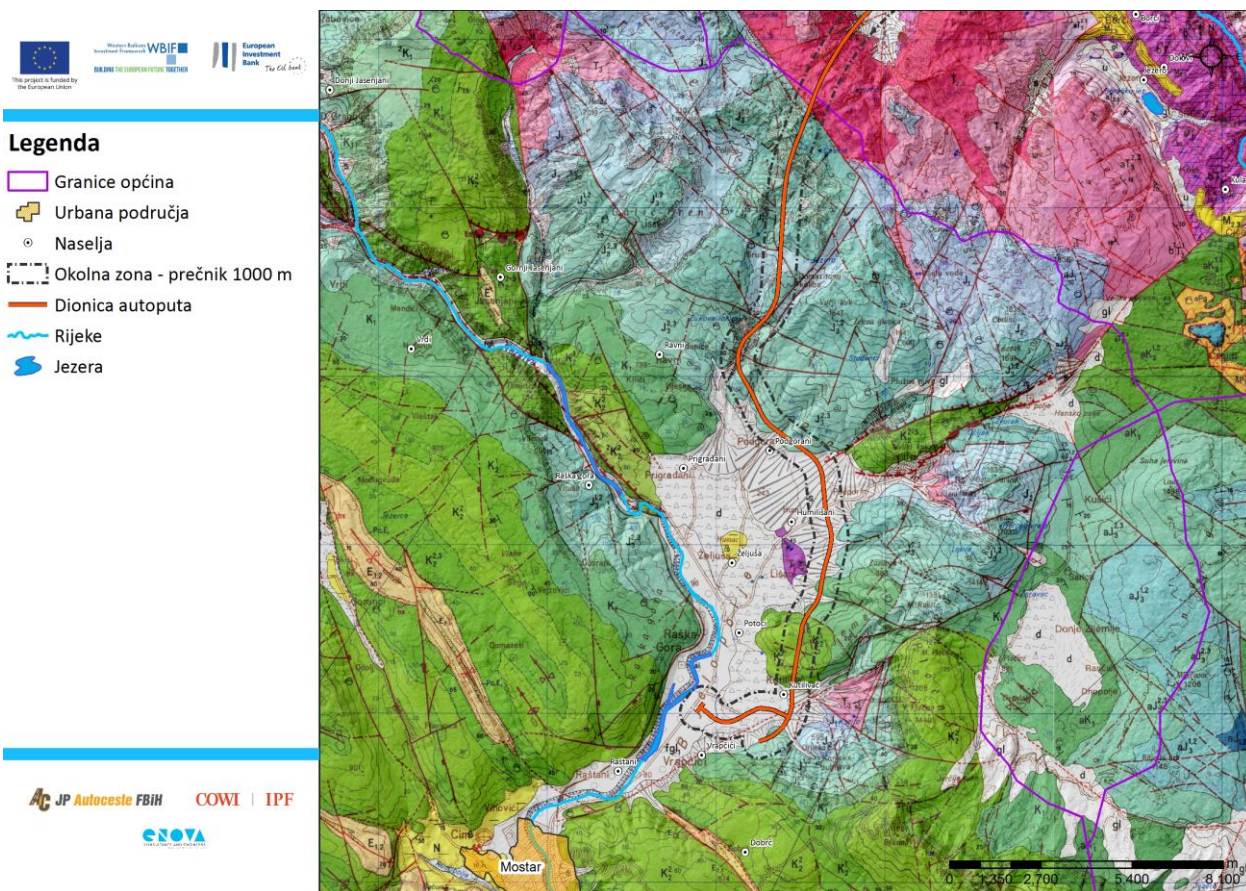
Slika 7-2: Geološka karta predmetnog područja



Slika 7-3: Geološka karta predmetnog područja sa tektonskim elementima



Slika 7-4: Geološka karta sa litografskim jedinicama – Konjic



Slika 7-5: Geološka karta sa litografskim jedinicama - Mostar

Donji trijas (T_1). Sedimenti donjeg trijasa izdvojeni su u području potoka Bijele južno od Konjica, kod Jablanice i manje partije kod sela Lišana u Bijelom polju. Na području Konjica, donjotrijaski sedimenti zastupljeni su škriljavim pjeskovitim laporcima, glinovitim alevrolitima, alevrolitskim glincima, pjeskovitim krečnjacima i pješčarima. Boje su sivozelene, sive i crvenomrke. Ukupna debljina donjotrijaskih sedimenata na ovom području ne prelazi 400 m.

Sedimenti sajskog podsloja (T_1^1) otkriveni su istočno od Jablanice. Predstavljani su pješčarima, pjeskovitim krečnjacima sa slojevima glinovitih i laporovitih krečnjaka. Sive su i crvenkaste boje. Debljina ovih sedimenata iznosi oko 200 m.



Slika 7-6: Sedimenti donjeg trijasa južno od Konjica

Preko prethodno opisanih sedimenata donjeg trijasa konkordantno leže pjeskoviti laporci, laporoviti krečnjaci i krečnjaci koji pripadaju Kampilskom podlsoju (T_2^1). Sive su, sivozelenkaste i ljubičaste boje. Ove naslage izdvojene su u široj okolini Jablanice gdje im se debljina kreće oko 260 m. Sličan razvoj donjotrijaskih sedimenata konstantovan je i u Bijelom polju kod sela Lišani. Debljina ovih sedimenata iznosi oko 150 m.



Slika 7-7: Kampilski slojevi donjeg trijasa u dolini rijeke Šanice u blizini Jablanice

Srednji trijas

Preko sedimenata donjeg trijasa konkordantno leže krečnjaci, brečasti krečnjaci, dolomiti i tvorevine vulkansko-sedimentne formacije. Srednji trijas predstavljen je naslagama anizijskog i ladinskog sloja.

Anizijski sloj (T_2^1) izdvojen je u okolini Konjica u jugozapadnom dijelu Bjelašnice, dolini Konjičke Bijele, kao i rijeka Idbar, Šanice i Šišćice. U njihovom sastavu su

pretežno raznorodni krečnjaci i dolomiti. Važna osobina dolomita je da su često intenzivno grusificirani. Debljina anizika u ovim terenima je od 50 do 250 m.



Slika 7-8: Anizijski dolomiti u Ovčarima kod Konjica

Donji sloj Anizika ($^1T_2^1$) izdvojen je samo na području Konjica, Zlatara, Paklene i Orahovice. Konkordantno preko donjotrijaskih naslaga leži serija sedimenata zastupljena u nižim dijelovima predstavljenim crnim pločastim, mjestimično bituminoznim krečnjacima čija debljina varira od 0-10 m, a zatim dolaze sivi i svjetlosivi masivni dolomiti, na površini često raspadnuti u dolomitski grus. Dalje dolaze svijetlosivi i bijeli usoljeni dolomiti. Dolomiti koji leže preko pločastih krečnjaka, vjerovatno jednim dijelom pripadaju i gornjotrijaskoj starosti. Debljina ovih sedimenata na ovom dijelu iznosi oko 180 m.

Ladinski sloj (T_2^2) veće rasprostranjenje ima u slivu Konjičke Bijele, Idbra i Šanice. U njegovom sastavu su dolomiti, krečnjaci i tvorevine vulkanogeno-sedimentne formacije. Ukupna debljina ladinika je oko 300 m.

Gabro (UT_2^2) u donjem toku rijeke Doljanke nedaleko od Jablanice, konstatovane su stijene gabromagme, koje čine južni obod gabro masiva Jablanice. To su stijene sivozelenkaste boje sa uočljivim listićima biotita.

Dijabazi ($\beta\beta T_2^2$) su otkriveni na Rujištu i lijevoj obali konjičke Bijele gdje se javljaju u kontaktu sa verfenom. Ove stijene su izvršile metamorfne promjene na okolne sedimente.

Srednji i Gornji trijas ($T_{2,3}$) je na većim površinama izdvojen na Prenju u slivu konjičke Bijele, Idbra, Šanice, Šišćice i mostarske Bijele. Izgrađen je pretežno od dolomita sa rijetkim međuslojevima krečnjaka. Debljina ovih sedimenata iznosi oko 400 m.

Gornji trijas (T_3) je izdvojen na području Prenja i istočno do Bijelog polja, a predstavljen je krečnjacima sa megalodonima čija je ukupna debljina oko 400 m.



Slika 7-9: Dolomiti i krečnjaci srednjeg gornjeg trijasa na Prenju (fotografisano iz Bijele)

Dio *norika i reta* ($T_3^{2,3}$) na obroncima Bjelašnice predstavljeni su masivnim i bankovitim krečnjacima, vrlo rijetko sa dolomitima. Njihova debljina na ovom području je od 600 do 800 m. Na području Prenja i Boračke drage predstavljeni su bankovitim i masivnim krečnjacima, mjestimično sa dolomitima, debljine oko 400 m.

Jura

Jura je u najvećoj mjeri rasprostranjena u centralnom dijelu Prenja i na dijelu terena koji gravitira prema Neretvi između Glogošnice i Grabovice. U ovim terenima izdvojene su skoro sve faze donje, srednje i gornje jure.

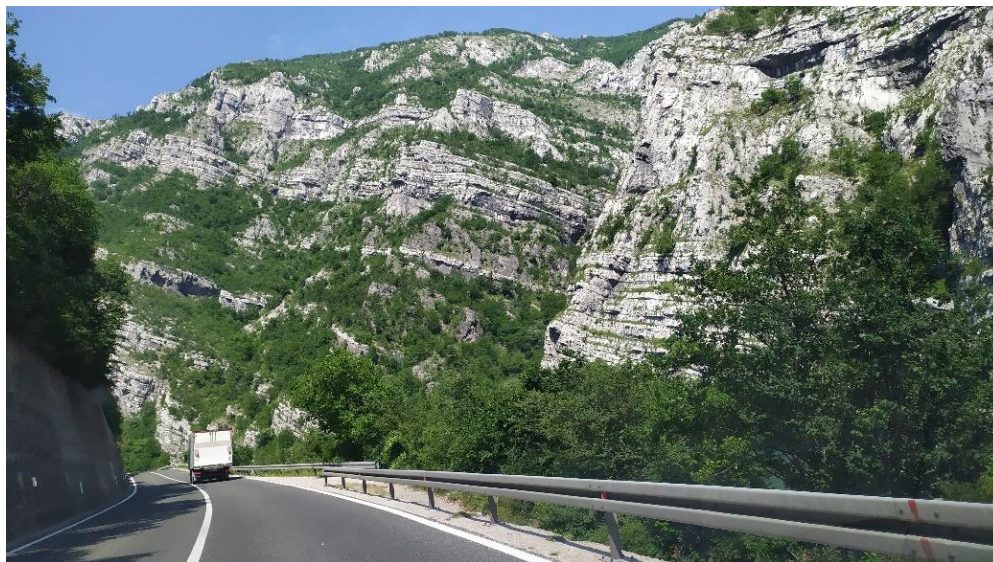
Prema osnovnoj geološkoj karti Mostara, donja jura (J_1) leži konkordantno preko krečnjaka i dolomita gornjeg trijasa. Izdvojena je na Prenju u rejonu Sivadije, Zakantaru, Rujištu, Kuti, gornjem dijelu toka mostarske Bijele i drugim lokalitetima. Izgrađena je pretežno od krečnjaka sa tankim slojevima dolomita ukupne debljine oko 280 m.

Srednja jura (J_2) leži kontinuirano preko donje jure i izdvojena je skoro na svim prethodno navedenim lokalitetima. Izgrađena je od oolitčnih krečnjaka sa manjim proslojcima dolomitičnog krečnjaka i dolomita. Debljina naslaga srednje jure na ovom prostoru iznosi oko 300 m.

Gornja jura (J_3) izdvojena je u dva sloja: oksford-kimeridž ($J_3^{1,2}$) i kimeridž-portland ($J_3^{2,3}$).

Naslage *oksford-kimeridž* izdvojene su na Prenju u rejonu Vučji kuk i Obalj, Vjetrena brda i Galića Prenja, zatim na Konjskoj Dubravi, u okolini Zijemlja i u dolini Neretve jugozapadno od Salakovca. U njihovom su sastavu pretežno krečnjaci čija je ukupna debljina oko 250 m.

Naslage *kimeridž-portlanda* izdvojene su na Prenju iznad Podgorana i Ravni, u slivu mostarske Bijele, između Glogošnice i Grabovice, u okolini Rujišta i u dolini Neretve jugozapadno od Salakovca (Slika 7-10). U njihovom su sastavu krečnjaci i dolomiti čija je ukupna debljina oko 300 m.



Slika 7-10: Gornja jura u dolini Neretve

Kreda

Kreda je široko rasprostranjena u zapadnom i jugozapadnom dijelu Prenja, zatim u rejonu Rujišta, na Velikom kuku i zapadnim padinama Veleža. U ovim terenima izdvojena su oba podkata krede: donja i gornja kreda.

Donja kreda (K_1) leži konkordantno preko jurskih sedimenata. Izdvojena je na Veležu u terenima između Vrapčića i Donjeg Zijemlja, na Prenju u rejonu Prigrađana i na području Čabulje. Izgrađena je pretežno od krečnjaka sa interkalacijama dolomita ukupne debljine oko 700 m.

Donja kreda je u jugozapadnim dijelovima terena uglavnom rasčlanjena na niže (1K_1) i više (2K_1) dijelove. Niži dijelovi, izdvojeni u području Stajskog gvozda i Donje Grabovice, predstavljani su krečnjacima i rjeđe dolomitima ukupne debljine oko 280 m. Viši dijelovi prate razvoj nižeg razvoja krede na navedenim lokalitetima, a izgrađeni su prvenstveno od krečnjaka, rjeđe od dolomita čija je ukupna debljina oko 350 m.

Gornja kreda izdvojena je na Veležu i Prenju. Na jugozapadnim padinama Veleža gornja kreda se pojavljuje iznad Kuta, na Pločnom i na Šljemenu, a na Prenju od Salakovca preko Jasenjane do Glogova (Slika 7-11). Rasčlanjena je na cenoman, turon i senon.



Slika 7-11: Gornja kreda u dolini Neretve

Cenoman (K_2^1) leži konkordanto preko donje krede i sastavljen je od sivih i smeđih krečnjaka i dolomita. Zastupljen je na području Čabulje, Šljemena, Jasenskog gvozda, Jasenjane i Drežnice. Debljina ovih sedimenata se kreće oko 250 m.

Cenoman i turon ($K_2^{1,2}$) na području Gornjeg Zijeplja predstavljeni su krečnjacima sa proslojcima dolomita debljine od 250 do 500 m.

Turon (K_2^2) leži preko sedimenata cenomana na području Čabulje, Jasenjane, Jasenskog gvozda, Salakovca, Pločna, Šljemena i zapadnih padina Veleža. Predstavljen je bankovitim krečnjacima i podređeno dolomitima. Rasčlanjen je na niže djelove ($^1K_2^2$) i više djelove ($^2K_2^2$). Njihova ukupna debljina je oko 1.000 m.

Turon-senon (K_2^{2+3}) nalazi se u tankom sloju od Salakovca preko Jasenjane do Drežnice i na Porimu. Predstavljen je 450 m debelim naslaganim masivnim krečnjacima.

Turon-senon ($K_2^{2,3}$) javlja se na jugozapadnim padinama Veleža i na Čabulji. Predstavljen je bankovitim krečnjacima, debljine oko 250 m.

Paleogen

Naslage paleogena leže diskordantno i transgresivno preko gornjokrednih sedimenata (turona i senona). Otkrivene su u više izolovanih zona dinarskog smjera. Izdvojeni su slijedeći članovi: alveolinsko-numulitski krečnjaci, klastični sedimenti eocena i krečnjačke breče sa klastitima eocena.

Alveolinsko-numulitski krečnjaci ($E_{1,2}$) javljaju se na prostoru Goranaca. Predstavljeni su uslojenim bankovitim i često masivnim krečnjacima. Debljina ovih sedimenata se kreće oko 200 m.

Klastični sedimenti eocena ($E_{2,3}$) javljaju se u vidu uzane flišne zone na prostoru Goranaca. Izgrađeni su od pješčara, laporaca, laporovitih i pjeskovitih krečnjaka i konglomerata. Debljina im je oko 100 m.

Breče i klastiti eocena (E) utvrđeni su na području Jasenjane, Drežnice i kod Salakovca. Predstavljene su krečnjačkim brečama, pješčarima, laporcima, laporovitim i pjeskovitim krečnjacima. Debljina im je oko 200 m.

Srednji i gornji miocen ($M_{2,3}$) zastupljen je u Džepima. Izgrađen je od krupnozrnih konglomerata i breča, pjeskovitih i laporovitih krečnjaka, laporaca, ugljeva i lapora. Niži djelovi ($^1M_{2,3}$) izdvojeni su u Borcima i u dolini Neretve nizvodno od Konjica. Predstavljani su debelouslojenim brečama i konglomeratima sa proslojcima pješčara i pjeskovitih i laporovitih krečnjaka. Debljina ovih sedimenata iznosi do 50 m. Viši djelovi ($^2M_{2,3}$) izdvojeni su u Borcima i izgrađeni su od laporaca, ugljevitih laporaca i lapora. Debljina ovih sedimenata je do 50 m.

Neogen

Neogen (N) je izdvojen u Bijelom polju kod Mostara, kod Konjica, u Borcima i u okolini Jablaničkog jezera. Ove naslage leže diskordantno i transgresivno preko starijih mezozojskih (trijaskih, jurskih i krednih) naslaga.

Na području Ovčara i na desnoj obali doline Trešanice nalaze se slojevi breče, odnosno konglomerati breče i pješčara. Ukupna debljina neogena u kotlini Konjica iznosi oko 150 m.

Najniži članovi neogena u Mostarskom bazenu su krečnjački konglomerati, pješčari i gline, a zatim laporci i ugljevi koji su podina ugljenih slojeva. Ukupna debljina neogena u Mostarskom bazenu se procjenjuje na oko 800 m.

Kvartar

Kvartar je predstavljen raznovrsnim sedimentima, a najviše rasprostranjene su glacijalne naslage (morene), fluvioglacijalni materijali, deluvij, aluvij i sipari.

Glacijalne naslage – morene (gl) registrovane su na Prenju i Veležu. Izgrađene su od slabozaobljenih komada krečnjaka sa žućkastim humusnim i drobinskim materijalom (Slika 7-12). Najznačajnije morene su kod Klenove drage, Gornje Grabovice, Bijele, Obalja, Borca i Velike poljane. Pored morenskog materijala konstantovana su ljevkasta udubljenja koja predstavljaju cirkove (Poljice i Gruce na Prenju), zatim glečerski valovi (Klekova draga, Velika draga i valovi od Poljica prema Bijeloj).



Slika 7-12: Glacijalne naslage u dolini Konjičke Bijeje

Limnoglacijalni sedimenti (lgl) izdvojeni su na prostoru Boračkog jezera. Predstavljani su bjeličastim dolomitskim i krečnjačkim pijeskovima, zatim šljunkovima i drobinskim materijalom u kojima se zapaža slojevitost.

Fluvioglacijalni sedimenti (fgl) su izdvojeni kod Jablanice, u dolini Neretve sve do Salakovca i u Bijelom polju. U njihovom sastavu su obluci i nezaobljeni komadi stijena najčešće čvrsto vezani kao konglomerati, a mjestimično i nevezani. Njihova je debljina mjestimično 60 m (Jablanica).

Deluvijalni sedimenti (d) imaju veće rasprostranjenje oko Prigrađana, u Bijelom polju, u Donjem i Gornjem Zijeplju, i brojnim drugim lokalitetima na manjim površinama. U njihovom sastavu su komadi i drobinski materijal koji vodi porijeklo od stijena koje izgrađuju obode ovih polja, a transportovan je riječnim tokovima kao i spiranjem sa okolnih terena.

Fluvijalno-deluvijalni sedimenti (el-dl) građeni su od lomljeno-pjeskovito-glinastog materijala debljine 1 m. S obzirom da je trasa uglavnom prekrivena travnatom i šumskom vegetacijom, slojevi geološke podloge na području petlje Ovčari gotovo su potpuno skriveni, osim dijelova gdje se izdižu osnovne stijene (trijaski dolomiti i miocenski klasti), ili gdje se nalaze fluvioglacijalni i proaluvijalno-aluvijalni sedimenti.

Aluvijalne naslage (al) deponovane su koritima rijeka Neretve, Idbra, Trešanice, konjičke Bijeje, mostarske Bijeje i Drežnice. U njihovom sastavu su pretežno šljunak i pijesak sa promjenjivim sadržajem gline. Debljina im je manja od 10 m.

Sipari i siparske breče (s) nalaze se na obroncima Prenja i Veleža. Sastoje se od komadića i krhotina stijena nataloženih na strmim padinama, kao i od komada

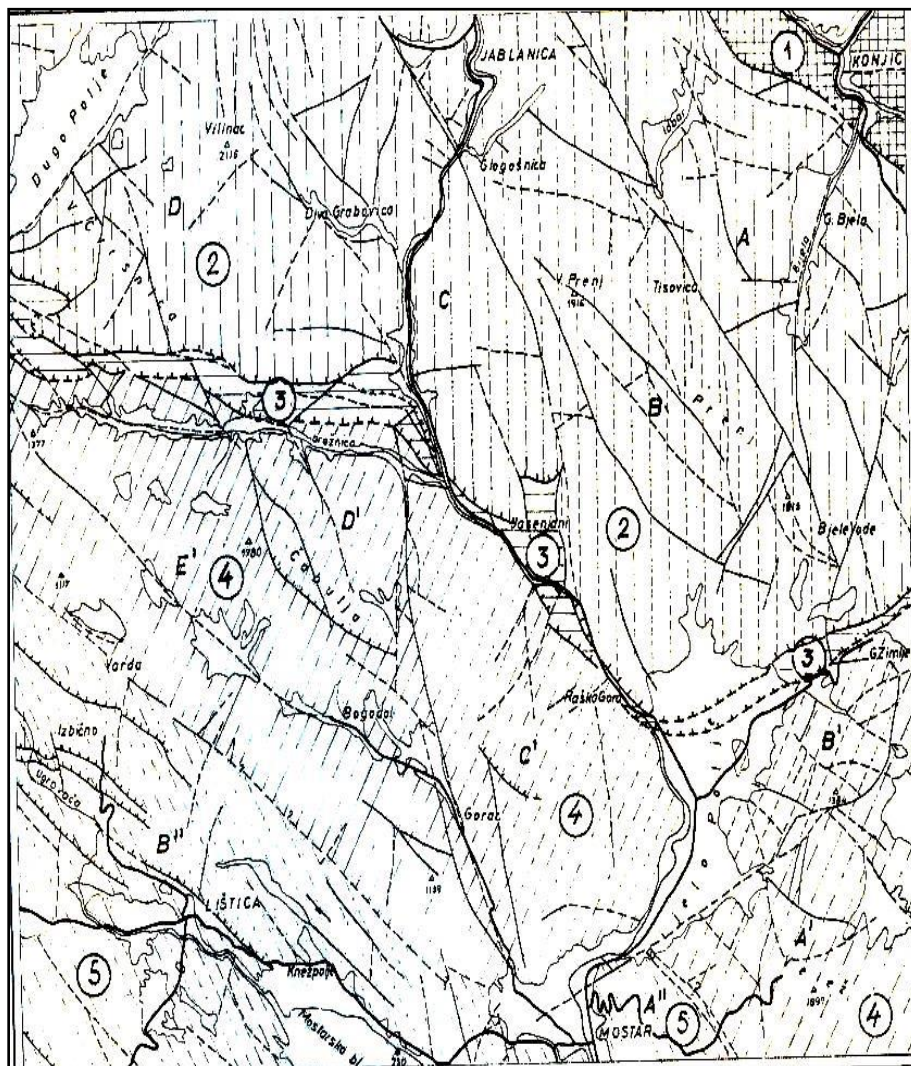
vapnenačkih stijena različite granularnosti taloženih na obroncima Prenja koji su pomiješani s glinom. U slučaju breče, sedimenti su vezani krečnjacima.



Slika 7-13: Siparske breče u dolini Konjičke Bijele

7.2.2.2 Tektonske karakteristike terena

Projektovana autocesta Konjic (Ovčari) - tunel Prenj - Mostar sjever, prolazi kroz sljedeće strukturno-tektonske jedinice: Spiljani-Konjic, Konjic-Glavatičevo, Čvrsnica-Prenj, Drežnica-Porim i Velež-Čabulja (Slika 7-14).



Slika 7-14: Pregledna tektonska karta Mostara³

(Legenda)

1. Tektonska jedinica Konjic-Glavatičevo; 2. Tektonska jedinica Čvrstica-Prenj (A. Blok Ibar-Bijela-Sivadija, B. Blok Jablanica-Prenj, C. Blok Plasa-Jesenjski Gvozd, D. Blok Čvrstica); 3. Tektonska jedinica Drežnica-Porim; 4. Tektonska jedinica Velež-Čabulja (A'. Blok Velež, B'. Blok Zimlje-Potoci, C'. Blok Raska Gora, D'. Blok Čabulja, E'. Blok Bogodol-Rosne Poljane); 5. Tektonska jedinica Udrežnje-Mostar (A". Blok Opine-Mostar, B". Blok Knešpolje-Lištica).

Tektonska jedinica Spiljani - Konjic nalazi se u okviru strukturno-facijalne jedinice Bjelašnica. U geološkoj građi ovog bloka učestvuju uglavnom dolomiti i dolomitični krečnjaci, rijetko krečnjaci srednjeg trijasa-anizika.

Tektonska jedinica Konjic - Glavatičevo izdvojena je na krajnjim sjeveroistočnim padinama Prenja uz rijeku Neretvu. Karakteriše je specifičan razvoj donjeg i srednjeg trijasa koji se ne pojavljuje na ostalim dijelovima terena. Donji trijas je razvijen u faciji pješčara, laporaca, pjeskovitih i laporovitih krečnjaka preko kojih dolaze djelimično bituminozni krečnjaci, a zatim dolomiti srednjeg trijasa. Jugozapadna granica ove jedinice nije sa sigurnošću

³ Arhivski podaci Federalnog zavoda za geologiju, prof.dr. Ferid Skopljak

dokumentovana ali se pretpostavlja da predstavlja dislokaciju koja se pruža od Uloga i Glavatičeva, preko Boračkog jezera, ušća Bijele u Neretvu do donjeg toka Idbra, odakle vjerovatno nastavlja dalje prema Prozoru. Ova dislokacija ima reversan karakter, jer su sedimenti donjeg trijasa jugozapadno od Konjica dijelom navučeni na tvorevine srednjeg i gornjeg trijasa.

Tektonska jedinica Čvrsnica - Prenj izgrađena je od sedimenata trijaskе, jurske i kredne starosti, a konstatovane su i gabroidne stijene. Sjeverna granica ove tektonske jedinice je prethodno opisana dislokacija jugozapadno od Konjica. Južna granica ove tektonske jedinice je dislokaciona ravan kojom su kredni i jurski sedimenti planine Čvrsnice i Prenja u području Drežnice, Salakovca i Zijeplja navučeni preko eocenskih i gornjokrednih naslaga. Najdublje otkriveni dijelovi ove tektonske jedinice predstavljeni su sedimentima donjeg trijasa. U okviru ove tektonske jedinice izdvojeni su tektonski blokovi koji su se posebno rotirali:

- a) blok Idbar - Bijela - Sivadija,
- b) blok Jablanica - Prenj i
- c) blok Plasa - Jasenski gvozd.

a) Blok Idbar - Bijela - Sivadija izdvojen je od jugozapadnog dijela terena velikim rasjedom koji se pruža od Zijeplja na jugoistoku preko Bijelih voda, Otiša, Zelene glave i Tisovice do izvorišnog dijela Idbra i dalje na sjeverozapad. Ovaj rasjed ima dinarski smjer pružanja, a na nekim mjestima, Zelena glava i Jezerce, zapaža se inverzan jugoistočni položaj trijaskih sedimenata prema jurskim. U Bijelim vodama kao i na ostalim mjestima ovaj rasjed ima vertikalni karakter. Ovim rasjedom došlo je do rotiranja ovog bloka, tako da se sjeverozapadno krilo dizalo, dok je područje oko Zijeplja relativno mirovalo. Razmještaj jurskih sedimenata na jugozapadnom i sjeveroistočnom krilu rasjeda ukazuje na horizontalno kretanje ova dva krila, a dijelom i navlačenja, što govori o rasjedanju u vrijeme nabiranja. Granica ovog bloka na jugoistoku je rasjed Baktijevica-Grušča koji je ujedno odvojio tektonsku jedinicu Prenj od tektonske jedinice Velež.

b) Blok Jablanica - Prenj na sjeveroistoku ima granicu sa blokom Idbar - Bijela - Sivadija duž navedene velike dislokacije, dok je na jugozapadu izdvojen rasjedom koji se pruža od Donje Jablanice i Glogošnice dolinom mostarske Bijele. Ovim rasjedom dovedeni su u kontakt sedimenti trijasa na sjeveroistočnom krilu sa jurskim i krednim sedimentima na jugozapadu. I ovdje, kao i u prethodnom slučaju, došlo je do znatnijeg smicanja jugoistočnog krila u pravcu jug-jugoistok, a dijelom i do rotiranja ovog bloka, tako da je sjeverozapadno krilo više dignuto.

c) Blok Plasa - Jasenski gvozd na Prenju je ograničen prethodno navedenim rasjedom Donja Jablanica - Glogošnica - dolina mostarske Bijele na sjeveroistoku i rijekom Neretvom na jugozapadu do iznad Jasenjane, gdje je ovaj blok u kontaktu sa tektonskom jedinicom Drežnica - Porim.

Tektonska jedinica Drežnica - Porim izgrađena je od sedimenata gornje krede i eocena. Gornja kreda je predstavljena uglavnom krečnjacima, a eocen flišnim naslagama. Prostorno je malih razmjera i predstavlja uzani pojas obodom

Prenja, od Jasenjane preko Salakovca do Porima. Cijela jedinica je ispresijecana upravnim rasjedima. Sjeverna granica ove jedinice prema jedinici Čvrstica - Prenj je tektonska, duž koje je došlo do navlačenja jurskih i krednih sedimenata preko eocena i gornje krede. Južna granica je, također tektonska, jer su kredni sedimenti ove jedinice navučeni preko starijih sedimenata.

Tektonska jedinica Velež - Čabulja, t.j. blok Zijemlje - Potoci izdvojen je velikim rasjedom koji se pruža od Gornjeg Zijemlja, preko Kuta i vjerovatno dalje obodom Bijelog polja do Mostara. Sjeverozapadno krilo ovog bloka je rotirano, tako su se sjeveroistočni dijelovi dizali, a jugozapadni spuštali, čime su gornjokredni sedimenti dovedeni u kontakt sa gornjim trijasom. Ovaj blok sa sjeverozapadne strane graniči jednim pretpostavljenim vertikalnim rasjedom južno od Lišana duž koga su, također, spuštani njegovi jugozapadni dijelovi, na što ukazuju donjotrijaski sedimenti u Lišanima, koji svakako čine dublje dijelove antiklinale Veleža.

7.2.2.3 Seizmička aktivnost

Na širem projektnom području nalazi se 45 lokacija na kojima su u periodu od 1904. do 2001. godine zabilježeni zemljotresi različite magnitude. U 21. vijeku zabilježeno je 5 zemljotresa, u periodu 1999-1991. 6 zemljotresa, u periodu 1979-1970. 9 zemljotresa, te 5 zemljotresa u periodu 1969-1960. godina, itd.

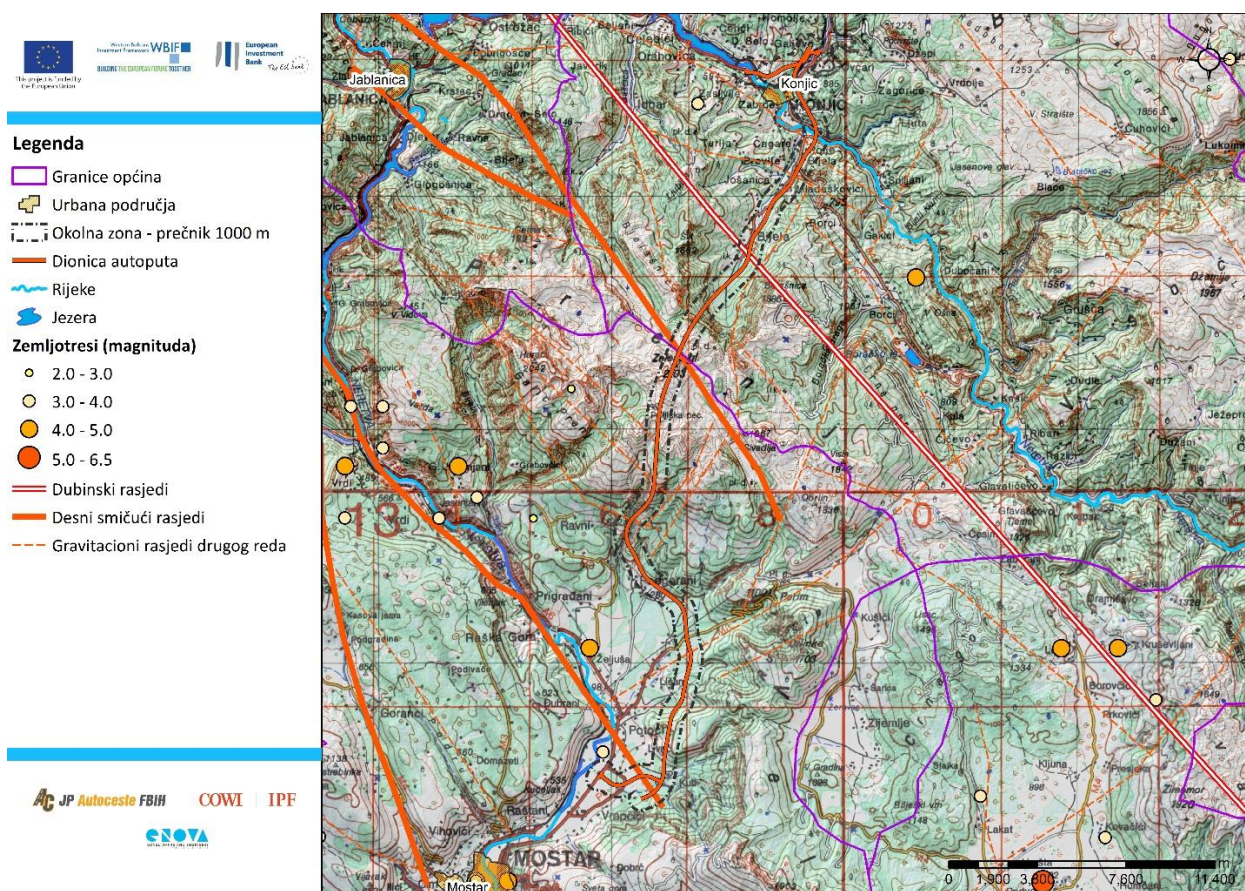
Najveći broj zemljotresa u BiH se događa na dubinama od 0 do 10 km, dok se zemljotresi najveće magnitude (zona Treskavice i Banje Luke) događaju na dubinama od 10-20 km⁴. Na osnovu seizmotektonske karte Bosne i Hercegovine, na širem području radijusa od 10 kilometara od dionice, zabilježeno je 27 zemljotresa različitih magnitude i dubina.

Tabela 7-1: Lista zabilježenih zemljotresa u širem području oko planirane dionice

Intenzitet prema MCS*	Magnituda	Dubina	Lokacija	Broj zemljotresa
IV	3,0 – 3,5	10-20 metara	Hodbina, Polog	2
V	3,5 – 4	10 metara	Mostar, Potoci, Blagaj, Hodbina, Buna	14
VI	4 – 4,5	10-20 metara	Mostar, Jasenica, Hodbina, Podvelež, Polog	7
VII	4,5 – 5	5-10 metara	Mostar, Hodbina	2
VIII	6,5 – 7	12-20 metara	Jasenica, Blagaj	2

*Intenzitet u stepenima prema MCS skali (Mercalli-Cancani-Sleberg); IV (umjeren zemljotres), V (prilično jak zemljotres), VI (jak zemljotres), VII (vrlo jak zemljotres), VIII (razoran zemljotres)

⁴ Prof. dr Hazim Hrvatović, Identifikacija i procjena geoloških hazarda-zemljotresa, 2010.

Slika 7-15: Seizmotektonska karta šireg područja oko planirane trase⁵

Ovo područje je granica između unutrašnjih i vanjskih Dinarida, iznad kojih se uzdižu planinski lanci Dinare, Vitoroga, Raduše, Veleža, Bjelašnice, Leliče, Zelengore i drugih. U podnožju ovih planina nalaze se nizine i kraška polja. Tektonsko kretanje i rast planina stvaraju rasjede i pukotine.

U prošlosti su u neposrednoj blizini trase registrovana tri zemljotresa:

- > 1970. godine zemljotres jačine 4,2 stepena Rihterove skale pogodio je južni dio dionice, u blizini naselja Zeljuša
- > 1965. godine zemljotres magnitude 3,8 pogodio je naselje Turije kod Konjica
- > 1931. godine zemljotres magnitude 3,9 pogodio je naselje Vrapčići na mostarskoj strani.

Zemljotrese ove jačine ljudi obično osjete, ali ne izazivaju štetu na objektima.

7.2.3 Geofizika

U svrhu utvrđivanja geotehničkih slova za izgradnju tunela Prenj izvršena su geofizička istraživanja terena⁶. Cilj je bio identifikovati i definisati zone karstifikacije po dubini prenjskog masiva, kao i značajne rasjedne zone koje

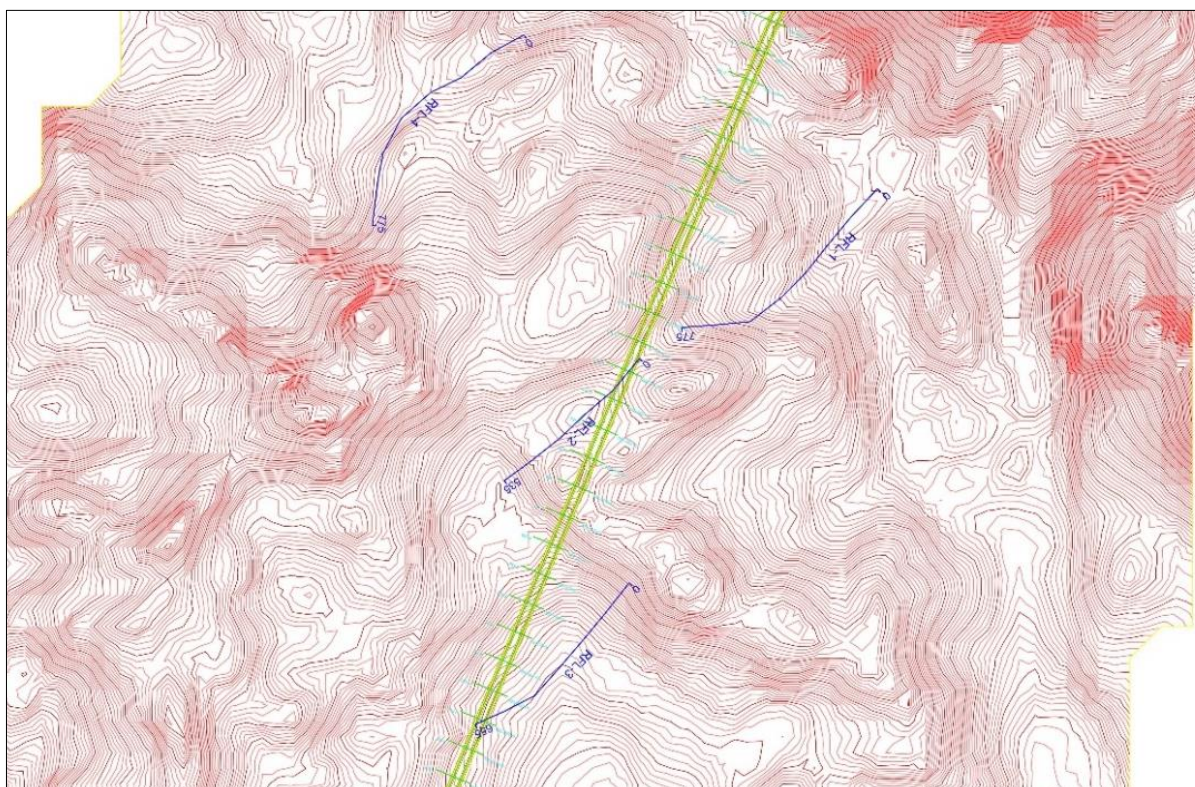
⁵ Prof. dr Hazim Hrvatović, Identifikacija i procjena geoloških hazarda-zemljotresa, 2010.

⁶ Winner Project, Koridor Vc Dionica Konjic-Mostar Sjever, Tunel Prenj, Projekat detaljnih geoloških, inženjerskogeoloških, geotehničkih, geofizičkih i hidrogeoloških istraživanja, juni 2021.

mogu uzrokovati prodor vode u zonu izgradnje tunela. Geofizička istraživanja obavljena su metodom reflektivne seizmičnosti na minimalnoj dubini od 1000 m, odnosno minimalno 10 m ispod nivoa tunela. Identifikovana su i definisana četiri profila seizmičke refleksije ukupne dužine 3000 m (Slika 7-16).

Sažetak rezultata relevantnih za ovu Studiju predstavljen je u nastavku:

- > **Baza karstifikacije uz tunel je na dubini od 150-250 metara od površine terena**, što je u skladu sa uobičajenom dubinom karstifikacije u hercegovačkom kršu. **Unutar ove zone vrši se infiltracija i kretanje podzemnih voda, dok je dublje prodiranje podzemnih voda do nivoa tunela moguće mjestimično duž povremeno prisutne pukotine i rasjeda.** To znači da je karakteristika terena takva da su rizici od prodiranja podzemnih voda, kao i mogućeg onečišćenja podzemnih voda u toku izgradnje tunela, svedeni na minimalni i prihvatljivi nivo.
- > Položaji glavnog rasjeda R1 i pratećih rasjeda relevantnih za trasu tunela određuju se zajedno s tačkama sjecišta s tunelom. Ovo omogućava tačnije pozicioniranje (prema predviđenoj stacionaži) potencijalnih dionica povremenog prodora vode duž tunela.



Slika 7-16: Položaj geofizičkih profila relevantnih za trasu tunela Prenj⁷

Nema naznaka prisutnosti nepovoljnih klastičnih sedimenata donjeg trijasa u zoni tunela. Odsustvo ovih vodonepropusnih, ali slabo klastičnih stijena dublje ispod nivoa tunela znači da će se **tunelski iskopi vršiti pretežno u**

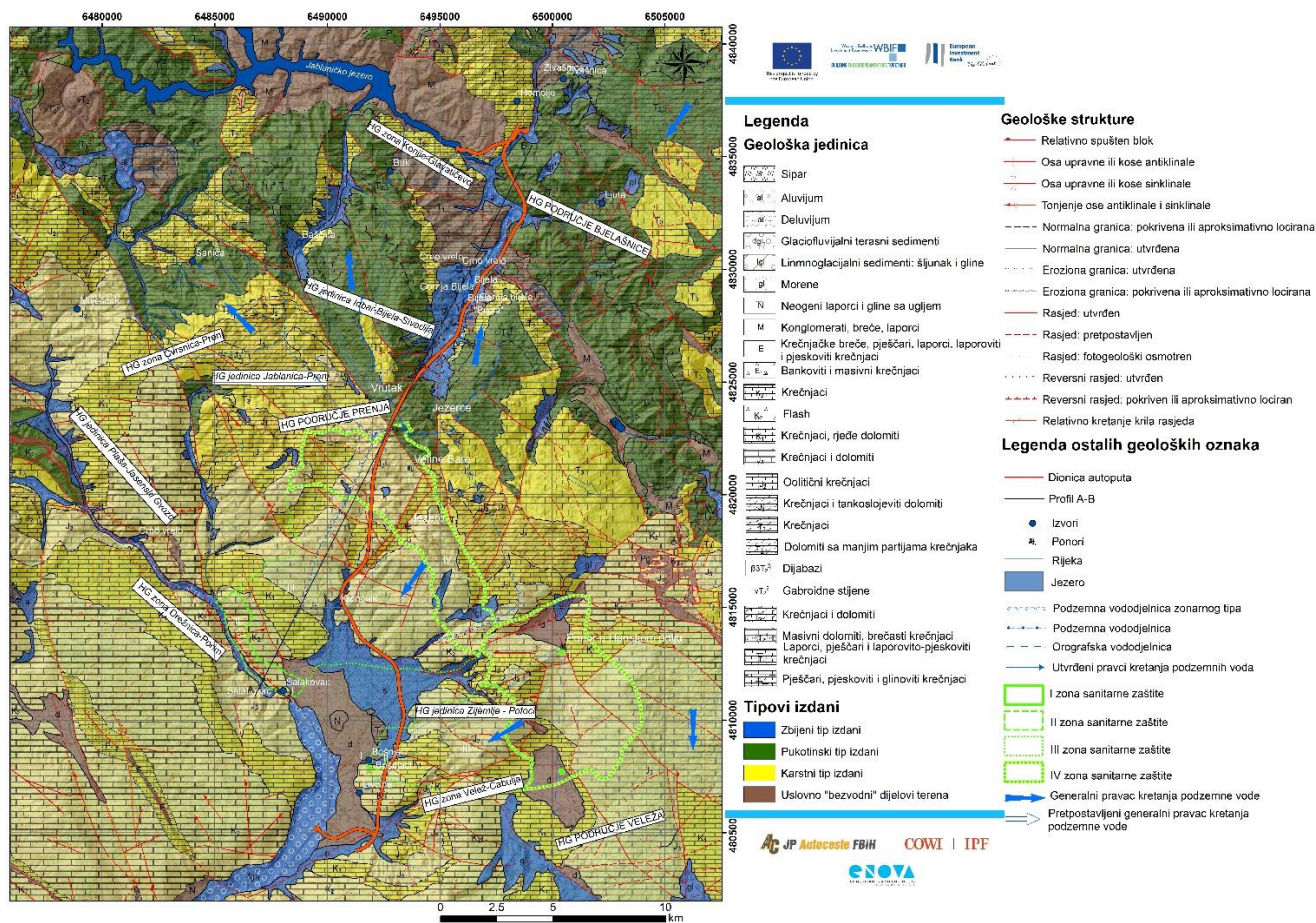
⁷ Winner Project, Koridor Vc Dionica Konjic-Mostar Sjever, Tunel Prenj, Projekat detaljnih geoloških, inženjerskogeoloških, geotehničkih, geofizičkih i hidrogeoloških istraživanja, juni 2021.

kompaktnim i čvrstim nekarstificiranim vapnencima i dolomitima sa slojem koji je mjestimično dublji od 1.000 m.

7.2.4 Hidrogeologija

7.2.4.1 Hidrogeološka karta projektnog područja

Slika 7-17 daje prikaz složenih hidrogeoloških odnosa na području zahvata. Kartu treba koristiti za razumijevanje hidrogeološke situacije opisane u sljedećim poglavljima. Karta visoke rezolucije u punoj veličini također će biti dostupna kao zasebna datoteka. Karta je preuzeta iz Projekta detaljnih geoloških, inženjerskogeoloških, geotehničkih, geofizičkih i hidrogeoloških istraživanja koji je izradio Winner Project u junu 2021. godine.



Karta je izrađena prema autorskim originalima (OK-SFRJ 1: 100 000, listovi Prozor K33-12, Sarajevo K34-1, Mostar K33-24, Kalinovik K34-13)

Slika 7-17: Hidrogeološka karta

7.2.4.2 Vrste izdani u projektnom području

Sljedeće vrste izdani mogu se naći u području projekta (Slika 7-17):

- > zbijeni tip izdani,
- > karstni tip izdani,
- > karstno-pukotinski tip izdani,
- > pukotinski tip izdani i
- > uslovno "bezvodni" dijelovi terena.

Zbijeni tip izdani formiran je u stijenama sa intergranularnom poroznošću i ima značajno rasprostranjenje u dolinama Neretve, konjičke Bijele, Baščice, Trešanice, Ravančice, mostarske Bijele, Dubrave i Bijelog polja. Na istražnom prostoru zbijeni tip izdani formiran je u okviru glacijalnih, fluvio-glacijalnih i aluvijalnih sedimenata. U okviru limnoglacijalnih sedimenata Boračkog polja formiran je zbijeni tip izdani ograničenog rasprostranjenja.

Zbijena izdan prihranjuje se padavinama na čitavoj površini, površinskim vodotocima, vodama iz akumulacija na Neretvi i direktno vodama karstne izdani. U periodu visokih voda, kada se nivo izdanskih voda u krečnjacima visoko podigne, dolazi do dreniranja karstne izdani u vidu povremenih ili stalnih izvora manje ili veće izdašnosti. Dio voda karstne izdani se direktno infiltrira u zbijenu izdan bez prethodnog isticanja na površinu terena. Na ovaj je način zbijena izdan direktno vezana za karstnu izdan i njeno kolebanje u toku godine je u direktnoj zavisnosti od kolebanja karstne izdani. Zbijena izdan u glacijalnim sedimentima prihranjuje se infiltracijom od padavina i vodama iz karstne izdani.

Karstni tip izdani ima najveće rasprostranjenje na ovom području. Razvijen je u okviru krečnjaka, dolomitičnih krečnjaka i dolomita mezozojske starosti (najčešće jurske i kredne). Najveće rasprostranjenje imaju krečnjaci, a u manjoj mjeri dolomitični krečnjaci, dok su pojave čistih dolomita veoma rijetke. Za krečnjake su vezane, uglavnom, sve značajnije hidrogeološke pojave i odlikuju se visokim stepenom karstifikacije, kako na površini tako i u podzemlju. Od krečnjačkih stijena izgrađen je najveći dio masiva Prenja, Bjelašnice (dijela koji gravitira predmetnoj autocesti), Veleža i Čabulje.

Karstna izdan na ovom području prazni se preko mnogobrojnih povremenih i stalnih vrela i izvora kao što su: Konjička Bijela, Baščica, Šanica, Mliješćak, Crno vrelo, Salakovac, Bošnjaci, Livčina i drugi. Jedan broj vrela i izvora je potopljen izgradnjom akumulacija na Neretvi. Izdašnost prethodno navedenih vrela i izvora varira od nekoliko l/s u hidrološkom minimumu do više desetina m³/s u hidrološkom maksimumu.

Karstno-pukotinski i pukotinski tip izdani zastupljeni su u manjoj mjeri od karstne izdani. Uglavnom su zastupljeni u dolomitičnim krečnjacima, krečnjacima i dolomitima trijasko starosti. Zastupljeni su na sjeveroistočnom krilu glavnog rasjeda, okolini Konjičke Bijele, dolini Neretve do Konjica, kao i na padinama Bjelašnice. Vode ove izdani su često u direktnoj vezi sa vodama karstne izdani zbog složenih strukturno-tektonskih i hidrogeoloških odnosa na ovom prostoru i često ih je teško razdvojiti.

Ove izdani se prazne preko većeg broja stalnih i povremenih izvora od kojih su najznačajniji Ljuta, Živašnica, Homolje, Buk, izvori u Konjičkoj Bijeloj, izvori u okolini Borca i dr. Izdašnost ovih izvora varira od nekoliko l/s u hidrološkom minimumu do više m³/s u hidrološkom maksimumu.

Uslovno "bezvodni" dijelovi terena uglavnom se sastoje od:

- > donjotrijaskih sedimenata,
- > magmatske stijene srednjeg trijasa,
- > flišnih sedimenata paleogena,
- > sedimenata neogenske starosti,
- > vodonepropusnih sedimenata kvartarne starosti.

Uslovno bezvodni dijelovi terena često predstavljaju barijere kretanju podzemnih voda na ovom području i uslovljavaju pojavu pojedinih izvora na površini terena.

Donjotrijaski sedimenti predstavljeni su pješčarima, laporcima, glincima, laporovitim krečnjacima i dr. Zastupljeni su jugozapadno od Konjica, na području Konjičke Bijele, okolini Jablanice, kod Lišana i Borca.

Magmatske stijene srednjeg trijasa zastupljene su okolini Jablanice (gabrovi), na Rujištu i Konjičkoj Bijeloj (dijabazi).

Flišni sedimenti paleogena predstavljeni su pješčarima, laporcima, laporovitim krečnjacima i brečama. Zastupljeni su na području Jasenjane, Drežnice i Salakovca. U dolini Neretve nizvodno od Konjica, na području Borca i u Džepima paleogeni (miocenski) sedimenti su predstavljeni raznorodnim konglomeratima, brečama, pjeskovitim i laporovitim krečnjacima, laporcima, laporim, pješčarima i ugljevima.

Neogeni sedimenti su zastupljeni u Bijelom polju kod Mostara, kod Konjica, u Borcima i u okolini Jablaničkog jezera. Predstavljeni su konglomeratima, pješčarima, glinama, laporcima i ugljevima.

U vodonepropusne sedimente kvartara svrstani su limnoglacialni i deluvijalni sedimenti.

7.2.4.3 Hidrogeološko zoniranje

Prema geomorfološkim, geološkim, hidrogeološkim i strukturno-tektonskim karakteristikama terena na širem području poddionice autoceste Konjic (Ovčari) - tunel Prenj - Mostar sjever, mogu se izdvojiti tri glavna hidrogeološka područja, u okviru kojih se mogu izdvojiti hidrogeološke zone i jedinice nižeg reda:

- > Hidrogeološko područje Bjelašnice,
- > Hidrogeološko područje Prenja i
- > Hidrogeološko područje Veleža.

Hidrogeološko područje Bjelašnice

Hidrogeološko područje Bjelašnice ograničeno je rijekom Neretvom na jugozapadu i rijekom Trešanicom na sjeverozapadu. Dominantno ga izgrađuju krečnjaci, dolomitični krečnjaci i dolomiti. Ova karstna izdan se najvećim dijelom prazni preko izvora Ljuta (Slika 7-18).



Slika 7-18: Izvorište Ljuta u blizini Konjica

Izvor Ljuta ($Q_{\max}=11 \text{ m}^3/\text{s}$) javlja se na kontaktu propusnih krečnjaka gornjeg trijasa i manje propusnih dolomita srednjeg trijasa ispod kojih se nalaze vodonepropusni sedimenti donjeg trijasa. Izvor Ljuta nalazi se istočno od Konjica, iznad sela Ljuta, na visini 366 m n.m. Izvor je kontaktni, pukotinski izvor - teče iz pećine uzlaznim mehanizmom isticanja. Prema dostupnim podacima iz višegodišnjeg posmatranja, izdašnost izvora Ljute je $Q=1,5-11 \text{ m}^3/\text{s}$ i kaptiran je kao javna česma.

Sjeverno od Konjica nalaze se još dva značajna izvora Živašnica (na 438 m n.m) i Homolje (541 m n.m). Živašnica je pukotinski izvor sa silaznim mehanizmom isticanja koji drenira dolomite i krečnjake srednjeg trijasa. Izdašnost izvora je $Q=0,005-0,015 \text{ m}^3/\text{s}$ i kaptiran je za potrebe vodosnabdijevanja Konjica. Homolje je kontaktni izvor sa uzlaznim mehanizmom isticanja koji takođe drenira dolomite i krečnjake srednjeg trijasa. Izdašnost izvora je $Q=0,0001-0,001 \text{ m}^3/\text{s}$ i kaptiran je kao javna česma.

Podzemne vode hidrogeološkog područja Bjelašnice kao i prethodno navedenih izvora, po hemijskom sastavu, su izrazito i isključivo *hidrokarbonatno-kalcij-magnezijskog* ($\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$) i *hidrokarbonatno-magnezij-kalcijskog* ($\text{HCO}_3\text{-Mg-Ca}$) tipa.

Hidrogeološko područje Prenja

Hidrogeološko područje Prenja omeđeno je sa svih strana kanjonima rijeke Neretve, osim na jugoistoku. Njegovi vrhovi dosežu visine od 2.100 m n.m., dok su kanjoni Neretve usječeni na nadmorskim visinama do 100-300 m n.m., što predstavlja izuzetno veliku visinsku razliku, a time i velike gradijente toka podzemnih voda koji su imali snažan utjecaj na kraške formacije na ovoj planini. Planina je uglavnom građena od karbonatnih stijena (krečnjaci i dolomiti), a karstifikacija je posebno izražena kod velikog broja površinskih i podzemnih kraških oblika; vrtače, jame, ponori, pećine i kraški izvori.

Na području Prenja mogu se izdvojiti tri hidrogeološke zone:

1. hidrogeološka zona Konjic-Glavatičevo,
2. hidrogeološka zona Čvrsnica-Prenj i
3. hidrogeološka zona Drežnica-Porim.

1) Hidrogeološka zona Konjic - Glavatičevo nalazi se na krajnjim sjeveroistočnim padinama Prenja uz rijeku Neretvu. Karakteriše je specifičan razvoj nepropusnih naslaga donjeg i srednjeg trijasa koji se ne javlja na drugim dijelovima terena. Jugozapadna granica ove zone nije sa sigurnošću dokumentovana, ali se pretpostavlja da se radi o dislokaciji koja se proteže od Uloga i Glavatičeva, preko Boračkog jezera, ušća Bijele u Neretvu, do donjeg toka Idbra, odakle vjerovatno nastavlja prema Prozoru. U ovoj hidrogeološkoj zoni, zbog geološkog sastava terena, kojim dominiraju vodonepropusni sedimenti donjeg trijasa, nema nijedne značajnije pojave izvora podzemnih voda.

2) Hidrogeološka zona Čvrsnica - Prenj sa sjevera je ograničena prethodnom zonom Konjic-Glavatičevo, a južna granica je dislokacijski plato kroz koji su kredni i jurski sedimenti planina Čvrsnice i Prenja na području Drežnice, Salakovca i Zijemlja navučeni na eocenske i gornjokredne naslage. Ova zona je izgrađena od mezozojskih sedimenata, a pronađene su i magmatske stijene (dijabazi). Najdublje otkrivene dijelove ove hidrogeološke zone predstavljaju nepropusni sedimenti donjeg trijasa.

U okviru ove hidrogeološke zone mogu se definisati sljedeće hidrogeološke cjeline:

- a) Idbar - Bijela - Sivadija,
- b) Jablanica - Prenj i
- c) Plaša - Jasenski Gvozd.

a) Hidrogeološka cjelina Idbar - Bijela - Sivadija je od jugozapadnog dijela terena odvojena velikim rasjedom koji se proteže od Zijemlja na jugoistoku preko Bijelih Voda, Otisa, Zelene Glave i Tisovice do izvorišnog područja Idbara i dalje prema sjeverozapadu. Granica ove hidrogeološke cjeline na jugoistoku je rasjed Baktijevica-Grušća, koji je odvojio hidrogeološko područje Prenja od hidrogeološkog područja Veleža.

U hidrogeološkom smislu, najveći dio ove hidrogeološke cjeline čine propusne stijene karstno-pukotinske poroznosti (krečnjaci, dolomitični krečnjaci i dolomiti)

srednjeg i gornjeg trijasa. Karbonatne stijene srednjeg trijasa najvjerojatnije predstavljaju akvifer ove hidrogeološke cjeline. Po svemu sudeći, akvifer je formiran u strukturi sinklinalnog tipa sa podnim slojem koji se sastoji od nepropusnih naslaga donjeg trijasa, a vodopropusne karbonatne naslage srednjegornjeg i gornjeg trijasa nalaze se iznad akvifera. Ova sinklinalna struktura uglavnom ponire prema sjeveroistoku, a smjer njenog poniranja uglavnom određuje lokaciju ispuštanja akvifera. Akvifer se skoro redovno ispušta u kontaktu sa vodonepropusnim naslagama donjeg trijasa ili na mjestima gdje je akvifer otkriven erozijom, kao što je slučaj u dolinama Konjičke Bijele i Idbara (Baščica). Granica akvifera formiranog u karbonatima srednjeg trijasa gotovo se može povući preko tačaka toka najvećih karstnih izvora u ovom bloku (kote 420-550 m n.m.). Izdašnost ovih izvora se procjenjuje na oko $Q_{\max}=2,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Akvifer koji se formira u ovoj hidrogeološkoj cjelini prazni se na izvorištima Konjička Bijela, od kojih su najveća Bijela (465 m n.m.), Gornja Bijela (465 m n.m.) i Crno vrelo (457 m n.m.), na izvorištima Idbara, od kojih su najveća Baščica (555 m n.m.) i Buk (420 m n.m.). Akvifer formiran u ovom bloku se dijelom ispušta u male izvore u slivu Šistice, od kojih je veći na području Boračkog jezera i sela Borci – Draganića vrelo, Milakovac i drugi manji izvori.



Slika 7-19: Kaptirani izvor Gornje Bijela u blizini Konjica

Gornja Bijela je pukotinski izvor sa uzlaznim mehanizmom isticanja. Ima sekundarni tok iz morenskog materijala, a primarni tok iz srednjotrijaskih dolomita i krečnjaka. Izdašnost izvora je $Q=0,01-0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ i kaptirano je za potrebe vodosnabdijevanja Konjica.

Crno vrelo je pukotinski izvor sa uzlaznim mehanizmom isticanja. Ima sekundarni tok iz morenskog materijala, a primarni tok iz srednjotrijaskih dolomita i krečnjaka. Izdašnost izvora je $Q=0,01-0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ i kaptirano je za potrebe vodosnabdijevanja naselja Glavatičevo.

Baščica je kontaktni izvor sa silaznim mehanizmom isticanja. Teče iz srednjotrijaskih dolomita i krečnjaka. Prema dostupnim podacima, izdašnost izvora je $Q=0,01-0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Izvor nije kaptiran.

Izvor Buk nalazi se u Orahovici. To je kontaktni izvor sa silaznim mehanizmom isticanja koji drenira srednjotrijaske dolomite i krečnjake. Prema dostupnim podacima, procijenjena izdašnost izvora je $Q=0,1-1 \text{ m}^3/\text{s}$, i dijelom je kaptirano za potrebe vodosnabdijevanja.

Izvor Draganića vrelo nalazi se pored Boračkog jezera. To je difuzni izvor sa uzlaznim mehanizmom isticanja koji drenira srednjotrijaske dolomite i krečnjake. Izdašnost izvora je $Q=0,001-0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ i kaptiran je za potrebe vodosnabdijevanja.

Izvorište Milakovac nalazi se u Borcima. To je pukotinski izvor sa silaznim mehanizmom isticanja. Teče iz dolomita i krečnjaka srednjeg trijasa. Izdašnost izvora je $Q=0,001-0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ i kaptiran je za potrebe vodosnabdijevanja.

Podzemne vode ove hidrogeološke cjeline koje se dreniraju preko prethodno navedenih izvora, po hemijskom sastavu, su izrazito *hidrokarbonatno - kalcij - magnezij* tipa ($\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$).

b) Hidrogeološka cjelina Jablanica - Prenj na sjeveroistoku graniči sa hidrogeološkom cjelinom Idbar – Bijela – Sivadija duž pomenute velike dislokacije, dok je na jugozapadu odvojena rasjedom koji se proteže od Donje Jablanice i Glogošnice duž doline mostarske Bijele.

U hidrogeološkoj cjelini Jablanica - Prenj evidentno su formirane dvije hidrogeološke cjeline; jedna na sjeverozapadu, a druga na jugoistoku, na što ukazuju različiti hidrohemijski tipovi vode i izdašnost izvora. Iz fotogeološke perspektive, granica ove dvije hidrogeološke cjeline je vjerovatno u pravcu mostarska Bijela - Idbar.

U hidrogeološkom smislu, sjeverozapadni dio hidrogeološke cjeline Jablanica - Prenj čine propusne stijene karstne i karstno-pukotinske poroznosti (karbonatne naslage srednjeg, srednjeg gornjeg i gornjeg trijasa, kao i donje i srednje jure). Prema dostupnim podacima, akvifer u ovom dijelu hidrogeološke cjeline Jablanica - Prenj predstavljaju karbonatne stijene srednjo-gornjeg trijasa, koji se najvećim dijelom prazni na izvoru Šanice.

Šanica (377 m n.m.) je pukotinski izvor sa uzlaznim mehanizmom isticanja. Teče iz malog "jezera podzemne vode" iz srednjo-gornjo trijaskih dolomita i krečnjaka. Izdašnost izvora Šanice je od 0,39 do 1,01 m^3/s . Izvor je kaptiran za potrebe vodosnabdijevanja Jablanice. Izvor Šanica se muti nakon svakih jačih kiša ili naglog topljenja snijega. Po hemijskom sastavu, vode izvora Šanica su *hidrokarbonatno - kalcij - magnezij* tipa ($\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$).

Za izvorište Šanica uspostavljene su zaštitne zone u skladu sa postojećom zakonskom regulativom.



Slika 7-20: Izvorište Šanica u blizini Jablanice

Podzemne vode u sjeverozapadnom dijelu ove cjeline su *hidrokarbonatnog - kalcij - magnezijskog* tipa ($\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$), a u jugoistočnom dio ove cjeline su *hidrokarbonatno-kalcijskog* tipa ($\text{HCO}_3\text{-Ca}$), što na prvi pogled ukazuje na postojanje dva odvojena rezervoara podzemnih voda.

U hidrogeološkom smislu, jugoistočni dio hidrogeološke cjeline Jablanica - Prenj čine propusne stijene kavernožno-pukotinske poroznosti (karbonatne naslage srednjeg i gornjeg trijasa, te donje, srednje i gornje jure). U ovom dijelu hidrogeološke cjeline formiran je akvifer vrlo bogat vodom, koji se prazni na izvorištu Salakovac (100 m n.v.).



Slika 7-21: Izvorište Salakovac

Izvorište Salakovac nalazi se na samoj dodirnoj tački između bloka Jablanica - Prenj i tektonske jedinice Drežnica - Porim, što dodatno otežava hidrogeološke odnose. Prema elaboratu zaštite, veličina sliva vrela Salakovac⁸ je 91 km². Podzemne vode iz Prenja dopiru do neogenih sedimenata Bijelog Polja, gdje skreću na zapad i izlivaju se na Salakovačka vrela (izvorište Salakovac)⁹. Izvorište Salakovac bilo je predmet opsežnih hidrogeoloških istraživanja i ispitivanja, posebno zbog toga što je pogođeno gubicima iz akumulacije HE Salakovac, te zato što je izvorište kaptirano za potrebe vodovoda u Mostaru.

Prema raspoloživoj dokumentaciji, ne postoje tačni podaci o izdašnosti izvora, jer nikada nisu vršena osmatranja samog izvora. Antunović i dr. (2007.) navode da je bilo gotovo nemoguće izvršiti mjerenje ovog izvorišta zbog difuznosti i djelimične uronjenosti izvora u određenim hidrološkim situacijama. Stoga je izdašnost utvrđena na osnovu mjerenja toka rijeke Neretve na uzvodnom i nizvodnom profilu (Salakovac i Mostar). Male, srednje i velike količine vode izvorišta Salakovac procijenjene su na osnovu razlike u protoku rijeke Neretve na vodomjernim stanicama Salakovac i Mostar: minimalne količine vode u 20-godišnjem rasponu pojave $Q_{\min}=0,5$ (m³/s); srednja količina vode $Q_{\text{sr}}=3,6$ m³/s; velika količina vode $Q_{\text{vv}}> 20$ m³/s. Ova procjena se odnosi na period prije izgradnje akumulacije Salakovac.

Prema dostupnim podacima, izvorište Salakovac pokazuje velike oscilacije u izdašnosti, pa se mogu pretpostaviti i značajne oscilacije nivoa podzemnih voda u akviferu. U analizi oscilacija nivoa podzemnih voda na primjeru brane HE

⁸ Zavod za vodoprivredu (2020) Elaborat zaštite izvorišta Salakovac

⁹ Sliskovic, I. i dr. (1983) Studija o hidrogeološkom zoniranju i bilansu podzemnih voda u pukotinskim i karstno-pukotinskim stijenama u BiH, Geoinženjering, Sarajevo.

Salakovac, utvrđeno je da se minimalni nivoi spuštaju veoma duboko s obzirom na riječni tok (ponekad ispod nivoa rijeke), što jasno pokazuje da se cirkulacija podzemnih voda odvija u smjeru paralelnom s rijekom¹⁰.

c) Hidrogeološka cjelina Plaša - Jasenski gvozd na Prenju ograničena je rasjednom dolinom Donja Jablanica - Glogošnica - Mostarska Bijela na sjeveroistoku i rijekom Neretvom na jugozapadu do područja iznad Jasenjane, gdje je ova cjelina u kontaktu sa hidrogeološkom zonom Drežnica - Porim.

Ova cjelina je izgrađena dominantno od krečnjaka i rjeđe od dolomitičnih krečnjaka i dolomita kredne i jurske starosti. Ove stijene su veoma propusne sa karstnom poroznošću u okviru kojih je formiran akvifer koji se, prema dostupnim podacima, najvećim dijelom prazni na povremenom kraškom izvoru Crno vrelo i na kraškom vrelu Mliješćak kod Aleksinog Hana. Maksimalna izdašnost Crnog vrela je veća od 20 m³/s, mada vrelo presuši 3-4 mjeseca godišnje¹¹. Prosječna izdašnost izvora Mliješćak je oko 0,85 m³/s¹². Oba vrela su potopljena akumulacijom HE Salakovac.

Strukturni položaj hidrogeološke cjeline Plaša - Jasenski gvozd u ovom dijelu Prenja uslovio je pojavu izvora u kanjonu Neretve, a vjerovatno i razdvojio akumulaciju podzemnih voda koja se ispušta na izvorištima Šanica i Salakovac.

3) Hidrogeološka zona Drežnica - Porim je mala površinom i predstavlja uzak pojas uz rub Prenja, od Jasenjane preko Salakovca do Porima. Sa hidrogeološkog stanovišta, ovu zonu uglavnom čine propusne stijene karstne poroznosti (karbonatne naslage krede) gdje se formira akvifer koji se, zajedno sa akviferom formiranim u bloku Plaša - Jasenski gvozd, vjerovatno ispušta u karstno Crno vrelo ($Q_{\max.} > 20 \text{ m}^3/\text{s}$) koje se nalazi u hidrogeološkoj cjelini Drežnica - Porim, što otežava hidrogeološke odnose do te mjere da ih je nemoguće riješiti na sadašnjem nivou istraženosti i stanju okruženja.

S obzirom na to da ova hidrogeološka zona potiskuje trijaskie karbonate, ne može se isključiti da oni zajedno predstavljaju akvifer koji je veoma bogat vodom i koji se ispušta na Crnom vrelu. To potvrđuje i velika izdašnost ovog povremenog kraškog izvora koji izvire iz špilje s inverznim nagibom pećinskog prolaza, koji je dijelom speleološki istražen.

Također je važno napomenuti da je akvifer u ovoj hidrogeološkoj zoni možda pod pritiskom jer postoje podaci da je prije izgradnje HE Salakovac, nakon intenzivnih i dugotrajnih padavina, Crno vrelo izbacivalo vodu iz pećine do sredine korita Neretve, a danas nakon intenzivnih padavina u akumulaciji je dugačak trag mutne vode koja teče od izvora do jezera.

¹⁰ Ivankovic, T. (1984) Hidrogeološka pitanja akumulacija podzemnih voda u kršu na primjeru HE Salakovac, doktorski rad, Rudarsko-geološki fakultet Tuzla

¹¹ Sliskovic, I. et. al (1983) Studija o hidrogeološkom zoniranju i bilansu podzemnih voda u pukotinskim i kraško-pukotinskim stijenama u BiH, Geoinženjering, Sarajevo

¹² Ibid.

Hidrogeološko područje Veleža

Šire područje uz koje je položena autocesta na ovoj dionici dio je hidrogeološke zone Velež - Čabulja, odnosno *hidrogeološke cjeline Zijemlje - Potoci*. Ova cjelina je ograničena velikim rasjedom koji se proteže od Gornjeg Zijemlja, preko Kuta i vjerovatno dalje po obodu Bijelog Polja do Mostara. Sa sjeverozapadne strane ova cjelina je ograničena rasjedom južno od Lišana.

U hidrogeološkom smislu, cjelina se odlikuje relativno jednostavnim odnosima gdje se akvifer formiran u jurskim i krednim karbonatnim naslagama ispušta na zapadu, u izvorštima Bošnjaci ($Q_{\max}=1,95 \text{ m}^3/\text{s}$) i Livčina ($Q_{\max}=1,8 \text{ m}^3/\text{s}$). Ova kraška vrela nastaju na kontaktu između akvifera i neogenih vodonepropusnih slojeva nataloženih u Bijelom Polju. Podzemne vode u cjelini Zijemlje - Potoci i gore pomenutim izvorima tipično su *hidrokarbonatno-kalcijskog tipa* ($\text{HCO}_3\text{-Ca}$).



Slika 7-22: Izvor Livčine

Pri iskopu građevinske jame za vodozahvatni objekat, u julu 2002. godine, utvrđen je pećinski kanal unutar konglomerata i zaglinjenih šljunkova, ispitane dužine 250 m. Ovaj kanal je predisponirao pravac kretanja podzemnih voda iz zone intenzivne karstifikacije kroz zonu karstifikacije fluvioglacialnih naslaga do kontakta sa nekarstifikovanim stijenskim masama neogene starosti i omogućio položaj isticanja vrela Bošnjaci. Duž pružanja pećinskog kanala, na površini terena su na dva mjesta uočene jame-ponori koji se uglavnom nalaze bliže kontaktu sa masivom i gdje je manja jačina povlatnih naslaga iznad kanala. Jama-ponor "Lazine" je prečnika 3 m i dubine oko 2 m, dok je jama-ponor "Jamurine" značajno veća i ima prečnik oko 10 m sa dubinom oko 3,5 m¹³.

¹³ Univerzitet u Sarajevu – Građevinski fakultet, Institut za geologiju (2003). Zaštita vrela Bošnjaci - Mostar

Zona prihranjivanja vrela Bošnjaci i Livčina jeste područje boginjavog karsta (plato Crna Gora), zone intenzivne karstifikacije (područje zaravni Pločno depresije Donje-Gornje Zijeplje), i zona slabe karstifikacije (područje Malog i Velikog Rujišta).

Prihranjivanje akumulacije podzemnih voda formirane u karstnom akviferu sa slobodnim tokom koja se prazni na izvoristu Bošnjaci, vrši se infiltracijom padavina. Padavine dijelom formiraju lokalne povremene tokove ili plave vodonepropusnim materijalom pokrivene površine Hanskog polja, Gornjeg i Donjeg Zijeplja. Direktno poniranje oborinskih voda vezano je za: zone boginjavog karsta (područje platoa Crna Gora); zone intenzivne karstifikacije (područje zaravni Pločno depresije Donje-Gornje Zijeplje), i zonu slabe karstifikacije (područje Malog i Velikog Rujišta).

7.2.4.4 Pravci kretanja podzemnih voda

Cirkulacija podzemne vode u karstu odvija se na potpuno drugačiji način nego u nekarstnim terenima. Za razliku od drugih geoloških sredina u karstu je veoma teško utvrditi zakonitosti po kojima se odvija cirkulacija i akumuliranje podzemne vode.

Ovo potpoglavlje daje pregled svih poznatih provedenih ispitivanja opita bojenja (eng. *dye-tracer*) na području projekta i zaključke o protoku podzemne vode (smjer i brzina) koji su relevantni za procjenu utjecaja na podzemne i površinske vode.

Posljednje opite bojenja proveo je Winner Project d.o.o u periodu 2021-2022. godina¹⁴ radi utvrđivanja mogućnosti utjecaja podzemnih voda na izgradnju tunela Prenj, kao i utjecaja izgradnje tunela na izvorišta vode za javno vodosnabdijevanje Konjica, Jablanice i Mostara. S obzirom na konfiguraciju terena i hidrogeoloških zona koje okružuju projektno područje, boja je ubrizgana u ponore na četiri lokacije: Jezerce, Jezero, Vrutak i Veline Bare. Rezultati i mape predstavljene u sljedećim potpoglavljima preuzeti su iz izvještaja koji je pripremio Winner Project 2022. godine¹⁵.

Opiti bojenja na lokaciji Jezerce

Ponor Jezerce nalazi se na Prenju iznad sjevernog portala tunela na nadmorskoj visini od 1.680 m n.m. Ponor je obojen sa 10 kg Na-fluoresceina. Za pojavu boje uspostavljen je monitoring na četiri objekta:

- > Na izvorima Konjičke Bijele (lijevi i desni krak),
- > U nizvodnom stalnom vodotoku Konjičke Bijele i
- > Vrelu Baščica, odnosno Idbru.

¹⁴ Rezultati geofizičkih, hidrogeoloških i hidroloških istraživanja u okviru dopunskih detaljnih geoloških, inženjersko-geoloških, geotehničkih, geofizičkih, hidroloških i hidrogeoloških istraživanja i istraživanja na dionici Konjic (Ovčari) – ulaz u tunel Prenj, Winner Project, 2022

¹⁵ ibid.



Slika 7-23: Mjesto ubacivanja trasera na ponoru Jezerce (0) i lokacije uzorkovanja (1-4)

Praćenje pojave boje vršeno je dva mjeseca od njenog ubacivanja u ponor. Rezultati opita bojenja su da se boja pojavila na izvoru Konjička Bijela lijevo i u vodotoku Konjičke Bijele. Na ova dva objekta boja se pojavila istog dana i to 22 dana nakon usipanja boje u ponor. Na izvorima Konjička Bijela desno i Baščica boja nije pojavila. Dobijeni rezultati su potvrda rezultata bojenja koje je izvedeno početkom 20. vijeka od strane austrougarskih geologa.

Na osnovu dobijenih rezultata izvršen je proračun brzine kretanja podzemnih voda između ponora Jezerce i izvora Konjička Bijela. Izračunata je prividna brzina kretanja podzemnih voda od 0,3054 cm/s (približno 264 m/dan), odnosno za slučaj pravolinijskog kretanja fiktivna brzina tečenja od 0,3001 cm/s (približno 260 m/dan).

Opiti bojenja na ponoru Jezerce otkrili su vezu sa izvorom Konjička Bijela (lijevi krak). Dobivena fiktivna brzina podzemne vode uzrokovana je geologijom terena (dolomiti i krečnjaci). Dolomiti su manje propusni, a voda se sporije kreće kroz pukotine koje se zbijaju i grusificiraju (razlažu).

Kako podzemna veza sa izvorištem Baščica nije utvrđena, može se zaključiti da se podzemne vode u zoni ponora Jezerca kreću sjeveroistočno prema Konjičkoj Bijeloj, a ne sjeverozapadno prema Baščici. Kao rezultat toga, ovisno o hidrološkoj situaciji (količina padavina), podzemne vode se mogu pojaviti u zoni južnog portala tunela Prenj u obliku vlažnih mrlja ili kapanja vode.

Opiti bojenja na lokaciji Jezero

Ponor Jezero nalazi se na Prenju sjeveroistočno od južnog portala tunela na

nadmorskoj visini od oko 1.520 m n.m. Ponor je obojen sa Na-fluoresceinom. Za pojavu boje uspostavljen je monitoring na četiri objekta:

- > Vrelo Klenovik,
- > Salakovačka vrela,
- > Vodotok Mostarske Bijele i
- > Vrelo Bošnjaci.



Slika 7-24: Mjesto ubacivanja trasera na ponoru Jezero (0) i lokacije uzorkovanja (1-4)

Praćenje pojave boje vršeno je dva mjeseca od njenog ubacivanja u ponor. Rezultati opita bojenja su da se boja pojavila samo na Salakovačkim vrelima i to 11 dana nakon ubacivanja u ponor, a pojava boje je trajala 12 dana. Najveća koncentracija boje bila je 5 dana nakon prve pojave.

Na osnovu dobijenog rezultata bojenja izvršen je proračun brzine kretanja podzemnih voda u zoni od ponora Jezero do Salakovačkih vrela. Dobijena je fiktivna brzina kretanja podzemnih voda od 0,964 cm/s (približno 833 m/dan). Ispitivanja bojenja na ponoru Jezero pokazala su direktnu hidrauličku vezu sa izvorima Salakovac. Dobivena fiktivna brzina podzemne vode uzrokovana je geologijom terena (gornjojurski krečnjaci) kao i visinskom razlikom između ponora i izvora (oko 1.425 m).

Krečnjaci gornjejurske starosti na ovom području veoma su karstificirani sa razgranatom mrežom podzemnih kanala i pukotina po kojima se kreću podzemne vode. Dominantni pravac toka podzemnih voda na ovom području usmjeravaju dva podparalelna rasjeda orijentacije sjeveroistok – jugozapad koji se nalaze između ponora Jezero i vrela Salakovac. S obzirom na to da se boja ne

izdvaja iz izvora Klenovik, može se zaključiti da podzemne vode u zoni Klenove Drage teku ispod kote trase, a ne prema južnom portalu tunela Prenj.

Opiti bojenja na lokaciji ponora Vrutak

Ponor Vrutak nalazi se na Prenju zapadno od sjevernog portala tunela na nadmorskoj visini od 1.500 m n.m., u zoni glavnog rasjeda. Ponor je obojen sa Na-fluoresceinom. Za pojavu boje uspostavljen je monitoring na šest objekata:

- > Na izvorima Konjičke Bijele (lijevi i desni krak),
- > U koritu vodotoka Konjičke Bijele,
- > Vrelu Baščica, odnosno Idbru,
- > Vrelu Buk i
- > Vrelu Šanica.



Slika 7-25: Mjesto ubacivanja trasera na ponoru Vrutak (0) i lokacije uzorkovanja (1-6)

Praćenje pojave boje vršeno je mjesec dana od njenog ubacivanja u ponor. Rezultati opita bojenja su da se boja prvo pojavila na vrelu Baščica 14 dana nakon ubacivanja u ponor i da je trajala 16 dana, sa maksimalnom koncentracijom 12 dan od prve pojave.

Nakon toga boja se pojavila na vrelu Šanice i Konjičke Bijele (desno) 15 dana nakon ubacivanja. Na Šanici je isticanje trajalo 10 dana, a na Konjičkoj Bijeloj (desno) 13 dana. Maksimalna koncentracija trasera na Šanici je bila prvi dan, tj. istoga dana kada je i bila prva pojava, a na Konjičkoj Bijeloj (desno) maksimalna koncentracija pojavila se peti dan od prve pojave boje.

Najzad, 23 dana od bojenja Vrutka traser se pojavio i na Konjičkoj Bijeloj (Ijevo), kao i na vrelu Buk. Isticanje vode u Konjičkoj Bijeloj (Ijevo) trajalo je 5 dana, a na Buku 6 dana. Zanimljivo je da su se na oba isticajna mjesta maksimumi koncentracije pojavili treći dan, u približno jednakim koncentracijama.

Na osnovu dobijenog rezultata bojenja izvršen je proračun brzine kretanja podzemnih voda ustanovljenih hidrauličkih vodnih veza ponora Vrutak i posmatranih objekata. Izračunate su sljedeće vrijednosti fiktivnih brzina kretanja podzemnih voda: Šanica 0,766 cm/s (približno 662 m/dan); Baščica 0,611 cm/s (približno 528 m/dan); Buk 0,508 cm/s (približno 439 m/dan); Konjička Bijela (desno) 0,481 cm/s (približno 416 m/dan) i Konjička Bijela (Ijevo) 0,332 cm/s (približno 287 m/dan).

Testiranje tragova boja na ponoru Vrutak otkriva složene hidrogeološke odnose na ovom području. Ponor Vrutak nalazi se na glavnom rasjedu sa srednjo- i gornjetrijaskim krečnjacima i dolomitima (T2,3) u sjeveroistočnom i srednjejurskim krečnjacima (J2) u jugozapadnom krilu rasjeda. Ovaj tektonski sklop i litostratigrafski sastav stijena definiše hidrogeološke odnose uključujući položaj ponora Vrutak i lokacija za dobivanje boje (izvora) i njihov položaj unutar podslivova. Vrutak se nalazi na najvišem dijelu bazena (Idbar), Šanica je u podslivu Glogošnice, a Buk se nalazi na granici između podsliva Idbar na zapadu i Konjičke Bijeje na istoku.

Maksimalna fiktivna brzina podzemne vode od 0,766 cm/s (662 m/dan) dobijena je između Vrutaka i Šanice. Budući da je najveća koncentracija boje uočena tek dan nakon prve pojave, to jasno ukazuje da se cirkulacija podzemnih voda odvija u epikarstnoj zoni (tanka zona u blizini krške površine). Poznata je i činjenica da obilne kiše i naglo otapanje snijega uzrokuju zamućenje vrela Šanice, što potvrđuje ovaj zaključak. Dominantni hidraulički priključci uspostavljeni su i prema Baščici (Idbar) i Buku, dok je kretanje vode prema Konjičkoj Bijeloj manje izraženo i zavisi od hidroloških uslova.

Kako se ponor Vrutak nalazi na granici između nekoliko podslivova, a zbog složene geološko-tektonske strukture terena i hidrogeoloških odnosa, može se zaključiti da je prisutna podzemna bifurkacija (kretanje vode iz jednog sliva u drugi pod različitim hidrološkim uslovima).

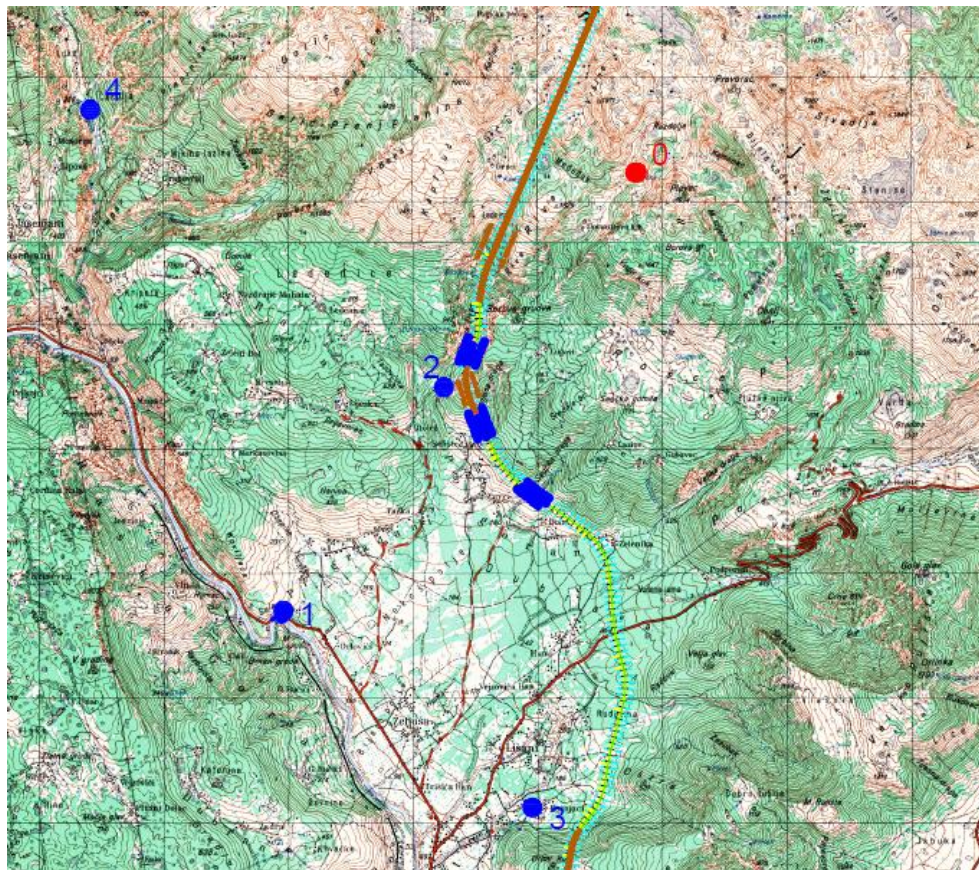
Ovi rezultati nesumnjivo ukazuju da se podzemne vode sa ovog područja uglavnom odvede na zapad i sjever prema rijeci Neretvi, a ne prema tunelu Prenj. Budući da glavni rasjed prelazi trasu tunela Prenj, očekuje se da će se podzemne vode pojavljivati duž zone rasjeda u količinama koje će ovisiti o hidrološkoj situaciji.

Opiti bojenja na ponoru Veline Bare

Ponor Veline bare nalazi se na Prenju istočno od trase tunela na nadmorskoj visini od 1.560 m n.m., u zoni glavnog rasjeda. Ponor je obojen sa Na-fluoresceinom. Za pojavu boje uspostavljen je monitoring na četiri objekta:

- > Salakovačka vrela,

- > Vrelo Klenovik,
- > Vodotok Mostarske Bijele i
- > Vrelo Bošnjaci.



Slika 7-26: Mjesto ubacivanja trasera na ponoru Velike Bare (0) i lokacije uzorkovanja (1-6)

Monitoring je trajao mjesec dana. Boja nije pronađena ni na jednoj lokaciji.

Opit bojenja na golom ponoru Veline nije otkrio podzemnu vezu ni sa jednom od četiri lokacije za praćenje. Razlog može biti nizak nivo podzemnih voda u masivu Prenja tako da je boja ostala zarobljena u podzemnim pećinama sve dok jake kiše ne nahrane podzemne sisteme i ispuste obojenu vodu na izvore. Bilo bi preporučljivo nastaviti praćenje sve dok se hidrološka situacija ne promijeni i padavine ne isprazne kaverne. S druge strane, ovaj rezultat ukazuje da u periodu niskih i srednjih proticaja nema značajnijeg protoka podzemnih voda u zoni tunela Prenj.

Monitoring je trajao mjesec dana. Boja nije pronađena ni na jednoj lokaciji.

Opit bojenja na golom ponoru Veline nije otkrio podzemnu vezu ni sa jednom od četiri lokacije za praćenje. Razlog može biti nizak nivo podzemnih voda u masivu Prenja tako da je boja ostala zarobljena u podzemnim pećinama sve dok jake kiše ne nahrane podzemne sisteme i ispuste obojenu vodu na izvore. Bilo bi preporučljivo nastaviti praćenje sve dok se hidrološka situacija ne promijeni i padavine ne isprazne kaverne. S druge strane, ovaj rezultat ukazuje da u

periodu niskih i srednjih proticaja nema značajnijeg protoka podzemnih voda u zoni tunela Prenj.

U sljedećim sekcijama prikazani su rezultati testova opita bojenja u periodu 1980–2000. godina.

Opit bojenja ponora u Hanskom polju

U okviru hidrogeoloških istraživanja vrela Bošnjaci 1981. godine obavljen je opit bojenja ponora u Hanskom polju. Na-fluoresceinska boja je ubrizgana u ponor u Hanskom polju, koje se nalazi istočno od trase tunela na nadmorskoj visini od 840 m. Ovaj test je pokazao direktnu vezu između ponora i vrela Bošnjaci, privremenog izvora Livčina i vrela Bune (udaljeno 23 km od ponora).

Na vrelu Bošnjaci boja se pojavila nakon 21 dan, na Livčinama nakon 22 dana i na vrelu Bune nakon 13 dana.

Na osnovu dobijenog rezultat bojenja izvršen je proračun brzine kretanja podzemnih voda u zoni od ponora u Hanskom polju do vrela Bošnjaci i Livčina. Dobijena je fiktivna brzina kretanja podzemnih voda od 0,7 cm/s, odnosno 2 cm/s ka vrelu Bune.

Tokom izvođenja detaljnih hidrogeoloških istraživanja vrela Bošnjaci 1999. godine izveden je opit bojenja podzemnih voda u zaleđu vrela. Bojenje je vršeno sa Na-fluoresceinom koji je ubačen u bušotinu NB-3 koja je udaljena 25 m od vrela. Boja se pojavila na vrelu nakon 65 minuta, tako da je sračunata fiktivna brzina kretanja podzemnih voda od 0,65 cm/s. Ova brzina odgovara brzinama kretanja podzemnih voda koje teku iz pravca Hanskog polja ka vrelu Bošnjaci.

Opit bojenja na Hanskom polju pokazuje da je dominantan smjer toka podzemnih voda od Hanjskog polja preko Donjeg Zijemlja prema izvoru Bune, dok se određene količine vode ispuštaju i na izvorima Bošnjaci i Livčina. Podzemne vode se dominantno kreću u pravcu jugoistoka duž normalnog rasjeda koji se pruža prema izvoru Bune. Dio ovih voda otiče preko okomitog rasjeda na izvorima Bošnjaci i Livčina. Dobivena fiktivna brzina podzemne vode od 0,7 cm/s (605 m/dan) je pod utjecajem geologije terena, koji se sastoji od krečnjaka jurske i kredne starosti koji su visoko karstificirani i puni rasjeda. U literaturi se mogu naći i opći podaci o historijskim ispitivanjima bojenjem na području Bošnjaci, ali bez detaljnijih opisa. U Studiji o zaštiti vrela Bošnjaci, koju je izradio Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu 2003. godine, pominje se da „dio vode koji teče od Donjeg Zijemlja do izvora Bošnjaci u Bijelom polju, otiče prema privremenom izvoru Livčina u naselje Livac (utvrđeno opitima bojenja). Podzemne vode koje postoje u karstificiranim fluvioglacialnim stijenama Bijelog polja (naselje Bošnjaci) kreću se od sela Gatali prema izvoru Bošnjaci (utvrđeno opitima bojenja).“

Opiti bojenja u zoni izvorišta Salakovac

U cilju utvrđivanja veze akumulacije HE Salakovac sa vrelom Salakovac, odnosno definisanja gubitaka vode kroz lijevi bok novoformirane akumulacije,

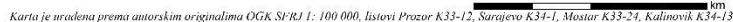
80-tih godina prošlog vijeka, izvedeni su opiti bojenja podzemnih voda. Bojenja su vršena ubacivanjem Na-fluoresceina na ponoru koji se nalazi 200 m uzvodno od pregradnog profila brane i u pijeziometre u neposrednoj blizini akumulacije (Integra, 2007). Bojenjem ponora utvrđena je direktna veza podzemnih voda sa Salakovačkim vrelima (vrela kod strojare, središnja vrela na "S" krivini i najnižvodnija vrela). Bojenja su vršena prije prve sanacije ponora, nakon prve sanacije i nakon druge sanacije. Na osnovu rezultata dobijenih bojenjem sračunate su fiktivne brzine podzemnih voda u zoni između ponora i središnjih vrela kod "S" krivine od 6,33 cm/s prije prve sanacije do 1,86 cm/s nakon druge sanacije ponora¹⁶.

Opit bojenja otkrio je direktnu vezu između rezervoara HE sa izvorima Salakovac. Izdašnost izvora u velikoj mjeri zavisi od nivoa vode u akumulaciji i utvrđena je kriva zavisnosti nivo vode-protok. Prema Izvještaju kojeg je izradila Integra 2007. godine, kada je akumulacija puna i u hidrološkoj situaciji ekstremno niskih proticaja u slivu, iz sliva otiče 0,5 m³/s vode, a iz akumulacije 24,5 m³/s. To znači da se u nepovoljnim hidrološkim uslovima malih proticaja samo 2% drenira iz sliva. Kada je akumulacija puna i u situaciji srednjih proticaja u slivu, iz sliva otiče 3,35 m³/s ili 13,4% vode, a iz rezervoara 21,65 m³/s. U situaciji ekstremno velikih proticaja u slivu, hidrodinamički odnosi znatno se razlikuju što utječe na smjer toka vode. Hidrodinamički pritisak u kraškom masivu raste, tako da se i izvori i akumulacija napajaju iz kotline.

Opći smjer toka podzemnih voda na planini Prenj (šire područje oko trase autoceste) uslovljen je položajem glavnog dinarskog rasjeda koji se pruža u smjeru sjeverozapad-jugoistok i sporednih rasjeda koji su okomiti na glavni. Ovu rasjednu zonu u sjeveroistočnom krilu predstavljaju krečnjaci gornjeg trijasa, te dolomit (T2,3) i srednjojurski krečnjak (J2) u jugozapadnom krilu. Podzemne vode sjeveroistočnog krila uglavnom gravitiraju prema Konjičkoj Bijeloj, Buku i Šanici u pravcu sjeverozapada, sjevera i sjeveroistoka, a ne u pravcu tunela Prenj. Podzemne vode jugozapadnog krila gravitiraju prema Salakovcu i Crnom vrelu u pravcu jugozapada, a ne u pravcu tunela Prenj. Dakle, **ova rasjedna zona uzrokuje da se podzemne vode na planini Prenj uglavnom pomjeraju prema izvorima Konjička Bijela i Salakovac**. Budući da je tok podzemnih voda na ovom području pod direktnim utjecajem hidrološke situacije, ne može se isključiti mogućnost da se u periodu velikih proticaja podzemne vode prelijevaju iz jednog sliva u drugi i počnu se kretati prema tunelu Prenj.

Karta smjera kretanja podzemnih voda utvrđenih opitima bojenja data je na slici 7-27.

¹⁶ Integra d.o.o Mostar (2007). Projekat dodatnih istražnih radova i izrada stručne studije i projekta zaštite izvorišta izvorišta Salakovac.



7.2.4.5 Bilans podzemnih voda

Prema hidrološkim proračunima koje je sproveo Winner Project¹⁷, prosječna količina vode koja se odvodi prema sjevernom portalu tunela Prenj (na području Konjičke Bijele) iznosi 0,81 m³/s, dok prosječna količina vode koja otiče prema južnom portalu (na području izvora Salakovac) iznosi 3,35 m³/s. Izraženo u procentima u odnosu na bilans srednjih voda koje se pojavljuju sa Prenja iznosi 23,3%. U srednjim vodama iz dijela masiva Prenja kroz koji će biti građen tunel, a koji pripada slivu Konjičke Bijele i Salakovačkim vrelima ističe količina od 4,16 m³/s. U malim vodama (dvogodišnje vode) prema sjevernom portalu ističe količina od 0,149 m³/s (Konjička Bijela), a prema južnom portalu količina od 0,5 m³/s (Salakovačka vrela).

SLUŽBENA UPOTREBA

Ukupne maksimalne vode koje otiču sa planinskog masiva Prenj, ranga dvogodišnjih voda, iznose $95 \text{ m}^3/\text{s}$. Iz sliva Konjičke Bijele i Salakovačkih vrela kroz čije je slivove projektovana trasa tunela, ističe količina od $32,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ili 34,5% ukupnih velikih voda koje se pojavljuju svake godine na Prenju.

Sa povećanjem ranga pojave velikih voda, odnosno prilikom pojave ekstremno velikih voda, neće se značajnije povećati podzemno oticanje na dionici tunela. To je zato, što je podzemno oticanje ograničeno dimenzijom kraških kaverni i kanala, te se u tom smislu povećani priliv velikih voda u slivu manifestira i povećanim površinskim oticanjem sa prostora Prenja.

Određena količina velikih voda na vrelu Konjičke Bijele i Salakovačkim vrelima se još neznatno može povećati u odnosu na prikazanu količinu, ali bez obzira koliko se velike vode mogu u određenom trenutku pojaviti na Prenju, ograničena propusna moć kraških kanala kroz koje se ove vodne pojave prihranjuju i prazne, sprječava povećanje doticanja u iskop, istovremeno produžavajući trajanje oticanja iz iskopa tunela.

Bez obzira na moguću pojavu sračunatih količina velikih voda na području Prenja, naprijed definisano podzemno oticanje iz vrela Konjička Bijela i Salakovačkih vrela, neće se bitno promijeniti, jer je kapacitet podzemne akumulacije ograničen, kao i isticanje kroz kraške provodnike. U slivu Konjičke Bijele doći će do povećanja površinskog oticanja, ali to neće imati bitnog utjecaja na podzemne vode.

Područje Prenja u kojem je smješten istoimeni tunel je sa vrlo oskudnom površinskom hidrografskom mrežom i oticanje se dominantno odvija podzemno i to, na dvije isticajne tačke: Konjička Bijela i Salakovačka vrela. Istina, u slivu Konjičke Bijele nailazi se i na površinsko oticanje, ali je dominantno podzemno. Na tom prostoru ima pojava i manjih izvora koji se prihranjuju iz tog dijela masiva, međutim, beznačajni su po kapacitetu. U tom dijelu ističe i Crno vrelo, doduše nešto zapadnije od Salakovačkih vrela i na višoj koti od njih.

Konjička Bijela i Salakovačka vrela izviru na dvije suprotne strane, iz zone Prenja gdje je lociran tunel; Konjička Bijela na sjeveru, a Salakovačka vrela na jugu. Kote isticanja Konjičke Bijele su u rasponu 400-500 m n.m., a s obzirom da se izvorište pojavljuje dispergovano, dok Salakovačka vrela također imaju razbijenu zonu isticanja u rasponu kota 90-100 m n.m.

Prema rezultatima provedenih analiza, mjerenih podataka izvršenih na vodnim pojavama Prenja, najveće podzemno oticanje odvija se na Salakovačkim vrelima i Crnom vrelu. Ova vrela su najdominantnije tačke izviranja podzemnih voda i locirane su u južnom dijelu Prenja na kotama: Crno vrelo 115 m n.m. i Salakovačka vrela oko 90 m n.m.

Izvorište Bošnjaci

Na osnovu uporedne analize vrela Bošnjaci sa vrelom Radobolja (koji je po karakteristikama sliva veoma sličan vrelu Bošnjaci) utvrđena je njegova izdašnost.

Prosječni godišnji proticaj vrela iznosi 0,325 m³/s, pri tome je maksimalna izdašnost 0,445 m³/s, a minimalna 0,204 m³/s¹⁸.

Mjerenje izdašnosti izvorišta Bošnjaci vršeno je više puta, u različitim hidrološkim uvjetima. Tokom septembra i oktobra 1988. godine u periodu malih voda vršeno je testiranje raskopa koji je izveden u zoni pojave glavnog vrela. Za sniženje nivoa od 181 cm dobijena je izdašnost od 0,24 m³/s, a pri tome je u isto vrijeme isticanje vrela iznosilo 0,147 m³/s.

U periodu kraj juna – početak jula 1999. godine takođe je vršeno testiranje raskopa na glavnom vrelu. Tada je za sniženje nivoa od 131 cm dobijena izdašnost od 0,249 m³/s. Prije testa je izmjerena izdašnost vrela i bunara u neposrednoj blizini vrela od 0,201 m³/s.

Uporednom analizom ova dva testa jasno je uočljiva zavisnost izdašnosti vrela od hidroloških uvjeta.

Tokom septembra i oktobra 2002. godine, tokom izvođenja radova na kaptiranju vrela Bošnjaci, izvršeno je mjerenje proticaja vrela u otvorenom kanalu. U zavisnosti od hidroloških uvjeta izdašnost vrela je varirala od 0,205 do 0,43 m³/s.

7.2.5 Hemijsko stanje podzemnih voda duž glavnog pravca autoceste

Posljednji izvještaj o hemijskom stanju podzemnih voda u FBiH objavljen je 2021. godine¹⁹. Utvrđivanje hemijskog stanja podzemnih voda izvršeno je prema kriterijima datim u Prilogu 8 *Odluke o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uslovima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoring voda i biotičkih karakteristika rijeka za vodno područje Jadranskog mora*²⁰, koje je usklađeno s EU Okvirnom direktivom o vodama.

Monitoring je proveden na izvorima Bošnjaci i Salakovac, ali i na izvorima Ljuta i Šanica za koje je utvrđeno da neće biti pod utjecajem Projekta.

Opće hemijsko stanje sva četiri izvora utvrđeno je kao "dobro".

7.3 Procjena potencijalnih utjecaja

7.3.1 Smjernice za analizu utjecaja

Prilikom analize utjecaja na podzemne vode koja je provedena u ovom poglavlju posebno se vodilo smjernicama koje su date u Odluci o provođenju Plana

¹⁸ Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Institut za geologiju (2003). Zaštita vrela Bošnjaci - Mostar

¹⁹ Izvještaj o stanju kvalitete površinskih i podzemnih voda na vodnom području Jadranskog mora u FBiH za 2020. Godinu (Agencija za vodno područje Jadranskog mora, Mostar decembar 2021.)

²⁰ Službene novine FBiH, br.1/14

posebnih obilježja od značaja za Federaciju BiH „Autocesta na Koridoru Vc“ za razdoblje od 20 godina (Službene novine FBiH br. 100/17), odnosno članom 2. točka 4. i članom 20 kojima se propisuju uslovi korištenja, uređenja, izgradnje i zaštite prostora u obuhvatu Plana te potencira primjena važećih propisa u BiH i FBiH iz oblasti zaštite voda. Članom 20. se navodi da posebnu pažnju treba posvetiti izvorištima koja se koriste ili se planiraju koristiti za javno vodosnabdjevanje i njihovim zonama zaštite, pri čemu se zaštitne zone određuju u skladu s podzakonskim aktom u FBiH koji propisuje uslove za određivanje zona sanitarne zaštite za izvorišta koja se koriste ili se planiraju koristiti za piće, a na osnovu istražnih hidrogeoloških radova, te traži da se kroz tehničku dokumentaciju definiraju rješenja odvodnje i zaštite prilagođena zahtjevima datog stepena vodozaštite.

Osim toga, u definiranju zona sanitarne zaštite te analizi utjecaja i definiranju odgovarajućim mjera zaštite korišteni su podaci i smjernice dati u recentnim Elaboratima o zaštiti izvorišta Salakovac i Bošnjaci (Zavod za vodoprivredu Sarajevo, 2022), Odluci o zaštiti izvorišta Salakovac koja je objavljena u Službenim novinama Grada Mostara 2023. godine (br. 14/23) te Prethodnoj vodnoj saglasnosti izdanoj od strane Agencije za vodno područje Jadranskog mora Mostar (br UP/40-1/21-2-129/21 od 15.3.2022.)²¹.

Potrebno je napomenuti da je Odluka o zaštiti izvorišta Bošnjaci u procesu donošenja na Vijeću Ministara obzirom da se radi o međuentitetskom izvorištu. Izvorište Konjička bijela koje je u nadležnosti vodovodnog preduzeća iz Konjica ne posjeduje Elaborat o zaštiti niti Odluku o zaštiti ovog izvorišta.

Ista dokumentacija je korištena prilikom analize utjecaja na površinske vode u poglavlju 5.4.4.

7.3.2 Pregled potencijalnih utjecaja

U **fazi izgradnje**, mogu se očekivati dvije vrste utjecaja:

- > utjecaj podzemnih voda na izgradnju autoceste i
- > utjecaj izgradnje autoceste na resurse podzemnih voda.

Glavni utjecaji podzemnih voda na izgradnju autoceste vezani su za interferenciju tunelske konstrukcije sa podzemnim vodama. Probijanje tunela ispod nivoa podzemnih voda može uzrokovati promjene u stanju napona i režimu pritiska. Dotok podzemnih voda tokom tuneliranja značajno otežava tunelske radove, što rezultira povećanjem troškova izgradnje. Također, promjena režima pritiska vode tokom procesa tuneliranja može utjecati na stabilnost tunela. To dovodi u opasnost stabilnost lica iskopa i može uzrokovati urušavanje šupljine tunela, što je također sigurnosni rizik za radnike.

²¹ Elaborati odnosno Odluke o zaštiti se mogu pronaći kod uprave Grada Mostara odnosno vodovodnog preduzeća iz Mostara „Gospodarsko Društvo „Vodovod“ d.o.o. Mostar“.

Glavni utjecaji izgradnje autoceste na resurse podzemnih voda odnose se na potencijalni utjecaj građevinskih radova na protok, punjenje i kvalitet podzemnih voda.

Prilikom izvođenja tunelskih radova moguće je naići na pukotine ili šupljine kroz koje se kreću podzemne vode i time utjecati na promjene u režimu protoka vode. Ovo zauzvrat može utjecati na zapreminu i kvalitet podzemnih voda, što je posebno važno ako voda napaja izvore koji se koriste za vodosnabdijevanje.

Drugi potencijalni utjecaj na podzemne vode su utjecaji miniranja. Ovim Projektom planira se miniranje prilikom izrade usjeka i zasjeka u stijenskim masama, iskopavanje temeljnih jama za stubove mostova i miniranje u tunelima. Aktivnosti miniranja se mogu dovesti u vezu sa narušavanjem tokova podzemnih voda, te su stoga razmatrane kao potencijalni utjecaj.

Neplanirano ispuštanje emisija s gradilišta u neposrednoj blizini izvora može negativno utjecati na kvalitet podzemnih voda. To uključuje sljedeće vrste ispusta:

- > Slučajna izlivanja prilikom npr. promjene mašinskih ulja i maziva na gradilištu, izlivanja sa skladišta itd.
- > Otpadne vode iz fabrike betona i fabrike za miješanje asfalta,
- > Sanitarne vode iz radničkih kampova i
- > Neprikladno odlaganje raznih vrsta otpada.

U **fazi korištenja**, glavni utjecaji na resurse podzemnih voda povezani su sa potencijalnim negativnim utjecajem korištenja autoceste na protok, prihranu i kvalitet podzemnih voda. Ovi su utjecaji uzrokovani trajnim presijecanjem površinskih i podzemnih tokova izgradnjom autoceste i nekontrolisanim ispuštanjem otpadnih voda u neposrednoj blizini izvorišta kao što su:

- > prekinuto površinsko otjecanje koje je obično kontaminirano curenjem goriva, ulja i maziva, gumama, prašinom, česticama koje se prenose vjetrom, različitim zagađivačima koji se talože iz atmosfere i solima za odmrzavanje i šljunkom sitne granulacije koji se koristi u zimskim aktivnostima održavanja,
- > izlivanje površinskog oticaja koji nije presretnut i tretiran drenažnim sistemom, obično se javlja u slučaju poplava,
- > direktno ispuštanje sanitarne vode sa naplatnih stanica i odmarališta,
- > slučajno izlivanje opasnih materija (npr. nafte i naftnih derivata, opasnih hemikalija, itd.) koje su rezultat saobraćajnih nesreća. Ovaj utjecaj je procijenjen kao cjeloživotni utjecaj projekta.

Detaljna procjena potencijalnih utjecaja data je u narednom poglavlju.

Ovdje treba napomenuti da zagađivanjem podzemnih voda, zagađujuće materije mogu dospjeti i u otvorene tokove, i obrnuto. Iz tog razloga, ovo poglavlje se mora čitati zajedno sa *Poglavljem 8 Površinske vode*.

7.3.3 Procjena utjecaja podzemnih voda na izgradnju autoceste

Velika dubina karstifikacije i nivo podzemnih voda u mnogim, posebno kraškim područjima, omogućava izgradnju podzemnih objekata iznad nivoa podzemnih voda, gdje su površinski tokovi ograničeni i dolazi do brze infiltracije oborinskih voda.

U kršu istočne Hercegovine osnova karstifikacije se nalazi na dubinama od oko 250 do 300 m, gdje je stijenska masa najintenzivnije karstificirana i sa najvećom poroznošću od površine do dubine od 20 m (epikarst zona).

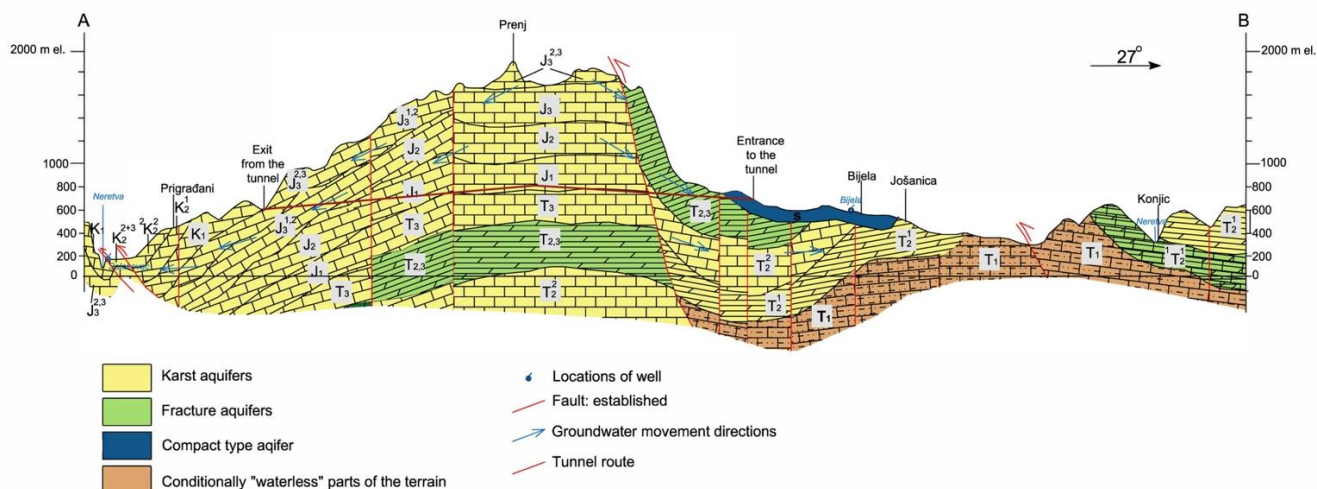
Iskustva u iskopavanju saobraćajnih i hidrauličkih tunela na kraškim terenima Dinarida (primjeri iz Crne Gore, Hercegovine i Hrvatske) pokazuju da su u neposrednom zaleđu kraških izvora prisutni razvijeni kraški kanali sa dominantnim stalnim ili povremenim protokom podzemnih voda. Presijecanjem tih kraških kanala, tunelska cijev će odvoditi podzemne vode i često će biti poplavljena. To se uglavnom dešava tokom obilnih padavina i traje dok padavine ne prestanu.

Kada su iskopi tunela na znatno višim kotama od zona isticanja podzemnih voda tada su i značajnije pojave podzemnih voda u tunelima veoma rijetke. U takvim uslovima pojave podzemnih voda su u vidu vlaženja ili prokapljavaanja, a baš rijetko u vidu slabijeg curenja. Zone sa ovakvim pojavama podzemnih voda isključivo su vezane za izražene rasjedne zone u karstnim terenima.

Presijecanjem podzemnih kaverni i karstnih kanala na kotama višim od zone isticanja podzemnih voda one uglavnom budu suhe, a samo u vrijeme obilnih padavina javi se pojava podzemnih voda u vidu vlaženja ili prokapavanja.

Pri iskopu tunela Prenj debljina nadsloja će biti i do 1.350 m, a niveleta tunela je ispod pretpostavljene zone karstifikacije. Na osnovu prognostičkog hidrogeološkog profila terena²² duž trase budućeg tunela Prenj (Slika 7-28) kompletan iskop tunela biće kroz karstifikovane krečnjake mezozojske starosti, osim ulaznog portala koji će jednim dijelom biti i u siparskim sedimentima. Iskop tunela Prenj će dominantno biti u stijenama sa karstnim tipom poroznosti, a jednim manjim dijelom kroz stijene karstno-pukotinske poroznosti (Slika 7-28).

²² Rezultati geofizičkih, hidrogeoloških i hidroloških istraživanja u okviru dopunskih detaljnih geoloških, inženjersko-geoloških, geotehničkih, geofizičkih, hidroloških i hidrogeoloških istraživanja i ispitivanja na dionici Konjic (Ovčari)-ulaz u tunel Prenj, WINNER PROJECT, 2022



Slika 7-28: Prognostički hidrogeološki profil terena uz trasu budućeg tunela Prenj²³

Prema do sada izvedenim inženjersko-geološkim istraživanjima za potrebe projektovanja tunela Prenj, a koja su bila ograničena na portalne zone i površinsko kartiranje terena (bez izvedenih istražnih bušotina duž trase tunela) i dostupne stručne dokumentacije može se reći da će niveleta tunela biti iznad vodonepropusne podloge koja je na ovom području predstavljena donjotrijaskim flišnim sedimentima, a koja predstavlja barijeru kretanju podzemnih voda. Uslovnu barijeru kretanju podzemnih voda duž trase tunela mogu predstavljati dolomiti srednjeg i donjeg trijasa, posebno u zoni ulaznog portala.

Ulazna trećina iskopa tunela (ulaz u Konjic) obaviti će se u sjeveroistočnom krilu velikog rasjeda čije podzemne vode gravitiraju ka izvorima u Konjičkoj Bijeloj, Idbru i Šanici, što je i dokazano opitima bojenja (Slika 7-17). Preostale dvije trećine iskopa tunela obaviti će se u jugozapadnom krilu velikog rasjeda čije podzemne vode dominantno gravitiraju Salakovačkim vrelima i vjerovatno Crnom vrelu (Slika 7-17).

Ovako prikazan hidrogeološki model terena tunela Prenj ukazuje da ne bi trebalo biti značajnijih prodora podzemnih voda tokom njegovog iskopa osim u zoni glavnog rasjeda gdje je za očekivati pojavu podzemnih karstnih oblika (kaverni, jama, karstnih kanala) sa pojavom podzemnih voda slabijeg intenziteta u vidu vlaženja, kapljanja ili sabijeg curenja, i to isključivo u periodu obilnijih padavina i naglog topljenja snijega na masivu Prenja.

Pri iskopu tunela Orlov kuk koji se nalazi u zaleđu izvorišta Bošnjaci može doći do presijecanja podzemnih karstnih kanala kojima se podzemne vode kreću iz pravca Zijeplja ka Bošnjacima. U slučaju ovakvog scenarija neophodno je spriječiti da dođe do zagađivanja podzemnih voda izvorišta Bošnjaci odakle se

²³ Rezultati geofizičkih, hidrogeoloških i hidroloških istraživanja u okviru dopunskih detaljnih geoloških, inženjersko-geoloških, geotehničkih, geofizičkih, hidroloških i hidrogeoloških istraživanja i istraživanja na dionici Konjic (Ovčari) - ulaz u tunel Prenj, Winner Project, 2022

vodosnabdijeva dio stanovništva grada Mostara. Ukoliko bi došlo do pojave zamućenja podzemnih voda na izvoru potrebno je prekinuti vodosnabdijevanje naselja dok kvalitet vode ne bude u zakonom propisanim vrijednostima.

U slučaju presijecanja podzemnih tokova pri iskopu tunela, potrebno je sprovesti odgovarajuće inženjerske mjere kako je objašnjeno u poglavlju 7.4.

7.3.4 Procjena utjecaja izgradnje na podzemne vode

Trasa autoceste prelazi kroz zone sanitarne zaštite dva značajna i vrlo osjetljiva izvorišta, Salakovac i Bošnjaci, kao i u neposrednoj blizini izvorišta Konjička Bijela, gdje bi u fazi izgradnje moglo doći do negativnih utjecaja na podzemne vode.

Utjecaj s najvećom vjerovatnoćom pojave tokom izvođenja građevinskih radova je potencijalno povećanje **mutnoće vode na izvoru za opskrbu pitkom vodom**. Dodatno, moguće je **slučajno onečišćenje** uzrokovano aktivnostima na gradilištu u blizini izvora vode (iako se to može ublažiti strogim upravljanjem materijalima i planom sprječavanja onečišćenja).

Treba naglasiti da ova vrsta onečišćenja (mutnoća) nije trajna, pa bi se nakon prestanka radova, uz primjenu odgovarajućih mjera zaštite iskopa, uz odgovarajuću odvodnju, ova pojava smanjila ili potpuno nestala.

Drugi potencijalni utjecaj na podzemne vode su **utjecaji miniranja**. Ocjena ovog utjecaja u fazi izgradnje može se dati samo općenito, na temelju iskustvenih saznanja.

Na predmetnoj dionici imamo minerske radove, tj. izradu usjeka i zasjeka u stijenskim masivima, iskope temeljnih jama za stubove mostova i minerske radovi u tunelima. Minerski radovi se često dovode u vezu sa mogućim poremećajem podzemnih vodotoka. Međutim, pod normalnim uslovima miniranja ovo je malo vjerovatno.

Vodotoci se formiraju u dovoljno poroznim i propustljivim stijenskim masivima, koji omogućavaju nesmetano doticanje i protok vode. Punjenje vodosabirnika se uglavnom dešava tako što se atmosferske padavine (kišnica, snježanica) procjeđuju u poroznu stijensku masu ispod površine.

Opći efekat utjecaja miniranja na izvorišta koja se nalaze u blizini, je da može doći do privremenog zamućenja. Ovo je privremena pojava i može biti okarakterisana kao privremena smetnja. Nivoi vibracija ispod 5 cm/s su beznačajni i ne mogu nanijeti oštećenja izvorištima, odnosno vodonosnim slojevima (akviferima).

U poglavlju 7.2.4.3 prikazano je hidrogeološko zoniranje terena šireg područja trase autoceste Konjic (Ovčari) - tunel Prenj - Mostar sjever, gdje se izdvajaju tri glavna hidrogeološka područja na osnovu geomorfoloških, geoloških, hidrogeoloških i strukturno-tektonskih karakteristika terena, unutar kojeg su izdvojene hidrogeološke zone i jedinice nižeg reda. Naredna potpoglavlja odnose

se na procjenu utjecaja u odnosu na prethodno prikazanu hidrogeološku rejonizaciju terena.

Hidrogeološko područje Bjelašnica

Početak trase autoceste Konjic (Ovčari) - tunel Prenj - Mostar sjever je sjeverno od Konjica u okviru hidrogeološke oblasti Bjelašnica. Ova hidrogeološka oblast trase autoceste obuhvata petlju Ovčari, zatim zaobilazi gradsko urbano naselje sjeveroistočnom stranom i mostom M1 prelazi preko Trešanice i industrijske zone. Zatim trasa nastavlja ka jugozapadu i sa dva tunela T1 i T2, između kojih je nasip dužine oko 200 m, zaobilazi Konjic, nakon čega trasa izlazi iznad Gornjeg polja i mostom M2 prelazi preko Neretve Vijaduktom 4.

Hidrogeološku oblast Bjelašnice karakterišu relativno jednostavni odnosi gdje se podzemne vode iz trijaskih izdani prazne na izvoru Ljuta. Kako trasa autoceste kroz ovu oblast nije u slivnom području karstnog vrela Ljuta, što je ranije i potvrđeno opitom bojenja podzemnih voda²⁴, izgradnja i korištenje autoceste neće imati utjecaja na ovo vrelo. Prije početka trase, predmetne dionice autoceste, nalaze se izvorišta vode za piće Živašnica i Homolje ali na njih izgradnja i korištenje autoceste neće imati utjecaja jer su im slivna područja morfološki situirana iznad i izvan ose autoceste bez mogućeg međusobnog utjecaja.

Osim prethodno navedenih izvorišta koja se koriste za vodosnabdijevanje, na dijelu trase autoceste kroz hidrogeološku oblast Bjelašnica, ne postoje značajniji izvori i bunari koji se koriste za vodosnabdijevanje. Postoji mogućnost da se pri iskopu tunela T1 i T2, koji se nalaze u ovoj oblasti, pojave kratkoročna neznatna zamućenja vode na izvorima koji se nalaze ispod trase tunela na desnoj obali Neretve. U slučaju postojanja bunara na ovom području i kod njih je moguća pojava kratkoročnog zamućenja vode pod uslovom da kaptiraju podzemne vode trijaskih dolomita i dolomitičnih krečnjaka iz masiva kroz koji se probijaju tuneli a ne podzemne vode iz aluviona Neretve. Da li će doći do zamućenja i u kojoj mjeri, prethodno opisanih objekata, zavisi i od trenutnog nivoa podzemnih voda, odnosno da li je u pitanju sušni ili kišni period godine. Ovakav scenario je moguć pod uslovom da su dolomiti i dolomitični krečnjaci veoma izrasjedani i ispucali što je malo vjerovatno.

Predlaže se Investitoru da prije početka radova na ovom dijelu trase izvrši obilazak terena i evidentira sve hidrogeološke pojave u zoni utjecaja izgradnje autoceste i napravi katastar pojava sa utvrđenim nultim stanjem. Ove radnje obuhvaćene su Planom za upravljanje okolišem i društvom (poglavlje 19.2, mjera 19.2.1).

U dijelu trase nakon izlaza iz tunela T2 prema desnoj obali Neretve pojavljuje se niz manjih povremenih i isprekidanih izvora koji dreniraju podzemne vode iz

²⁴ Rezultati geofizičkih, hidrogeoloških i hidroloških istraživanja u okviru dopunskih detaljnih geoloških, inženjersko-geoloških, geotehničkih, geofizičkih, hidroloških i hidrogeoloških istraživanja i istraživanja na dionici Konjic (Ovčari) - ulaz u tunel Prenj, Winner Project, 2022.

južnih obronaka Vrtaljice i to u kišnom periodu godine. Izgradnja autoceste na ove izvore neće imati utjecaja jer isti nisu u gradilišnoj zoni.

Pri izgradnji obilaznice oko Konjica, koja je u okviru autoceste, neće biti utjecaja na podzemne vode. U zoni utjecaja izvođenja radova nema evidentiranih izvora za vodosnabdijevanje, a trasa većim dijelom prolazi kroz vodonepropusne sedimente miocena.

Hidrogeološko područje Prenj

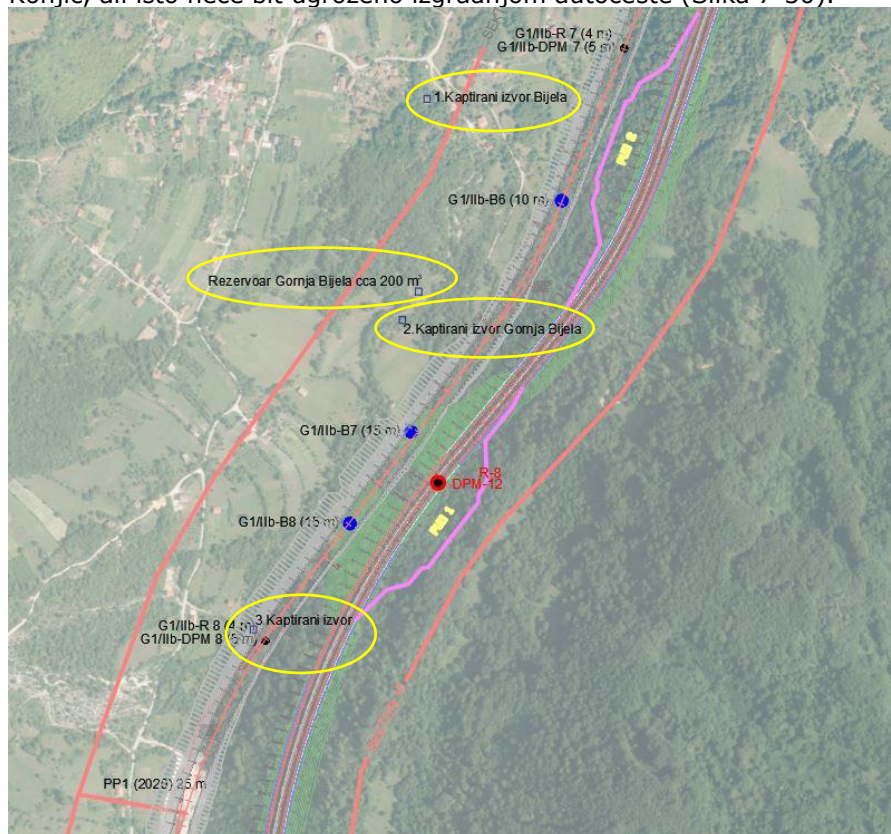
Nakon što trasa autoceste pređe na lijevu obalu Neretve dalje nastavlja prema jugu paralelno sa selom Glavičine, zatim prolazi preko sela Lupoglav, gdje vijaduktom M3 prelazi preko regionalnog puta za Boračko jezero. Trasa dalje nastavlja prema jugu paralelno sa dolinom Konjičke Bijele preko istočnog obronka doline, gdje se kod sela Mladeškovići na trasi nalazi petlja Konjic jug. Dalje, prema jugu, trasa nastavlja u nasipu paralelno sa selom Bijela, a zatim dolinom Bijele do obronaka planine Prenj gdje počinje tunel Prenj.

Od Vijadukta 4 preko Neretve pa do Vijadukta 5 iznad puta za Borce trasa autoceste je u zasjeku, odnosno nasipu. Na ovom dijelu autocesta neće imati negativnih utjecaja na podzemne vode usljed razvoja vodonepropusnih naslaga trijasa u kojem nema niti jedne veće pojave izvora podzemnih voda, a samim tim ni izvora koji su kaptirani za potrebe vodosnabdijevanja stanovništva. U slučaju postojanja povremenih izvora ili bunara, koji se nalaze uz projektovanu trasu, može doći do neznatnog i sporadičnog zamućenja vode i to isključivo u periodu obilnih padavina, kada usljed velike količine atmosferske vode može doći do spiranja materijala iz zasjeka ili sa nasipa i njegovo transportovanje ka nižim kotama. Kako bi se spriječilo spiranje materijala sa trase autoceste ka nižim kotama potrebno je obezbijediti adekvatnu zaštitu u vidu iskopa vodosabirnika sa taložnicama i separatorima.

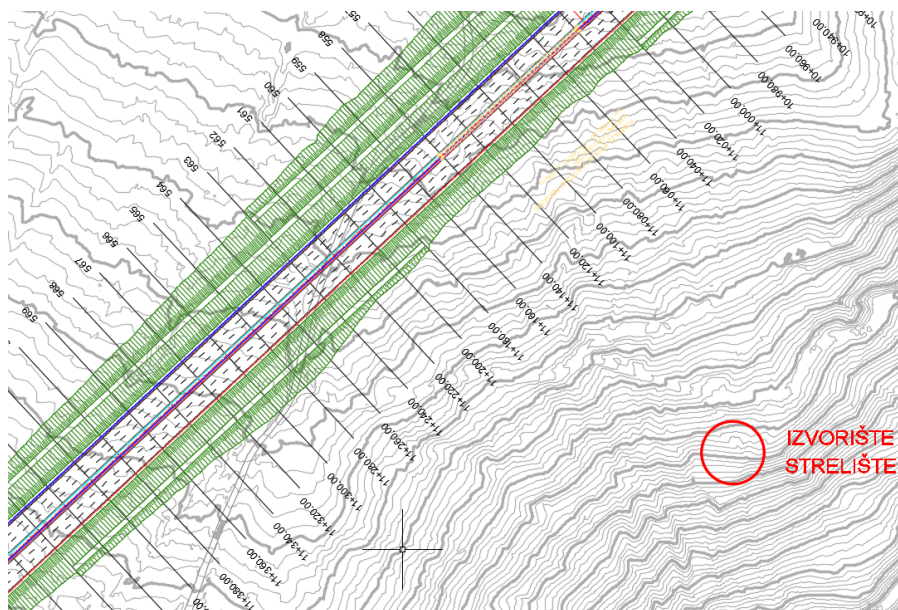
Slični hidrogeološki uslovi su i u zoni izgradnje petlje Konjic jug, gdje su također prisutni trijaski vodonepropusni sedimenti, pa se ne očekuju nikakvi utjecaji izgradnje autoceste na podzemne vode.

U nastavku, od petlje Konjic jug pa do ulaska u tunel Prenj, trasa autoceste je projektovana u nasipu duž istočne dolinske strane Konjičke Bijele. Ovaj dio trase prolazi preko glacijalnih (morenskih) i siparskih sedimenata koji su izgrađeni od slabozaoobljenih komada krečnjaka sa drobinskim materijalom i prisustvom humusa i glinovitih čestica. Kroz ovakve materijale podzemne vode se kreću dosta sporije u odnosu na karstifikovane krečnjake. Ova varijanta autoceste na nasipu je mnogo prihvatljivija i ekonomičnija u odnosu na prethodnu varijantu koja je predviđala trasu istočnije u zoni sipara gdje bi bila gornjim dijelom u zasjeku a donjim u nasipu. Na ovaj način je izbjegnuta izgradnja velikog broja potpornih zidova i geotehničkih ankera potrebnih za stabilizaciju siparskih kosina. Kako trasa u nasipu prati tok Konjičke Bijele potrebno je obezbijediti da ne dodje do zagađivanja površinskih i podzemnih voda tokom izgradnje i kasnije tokom korištenja autoceste.

U neposrednoj blizini trase nalaze se 4 izvorišta od kojih su 2 kaptirana za potrebe vodosnabdijevanja Konjica (Bijela i Gornja Bijela), a 2 izvorišta za lokalne potrebe 30tak domaćinstava u naselju Gornja Bijela (Slika 7-29). Nedaleko od trase se nalazi i izvorište Streljište kaptirano za potrebe firme Igman Konjic, ali isto neće bit ugroženo izgradnjom autoceste (Slika 7-30).



Slika 7-29: Položaj kaptirane Bijele, Gornje Bijele i lokalnih izvora



Slika 7-30: Položaj izvorišta Strelješte u odnosu na poziciju autoceste

Kaptirani izvor Bijela nalazi se oko 240 m sjeverozapadno od trase na km 8+420, a kaptirani izvor Gornja Bijela na oko 110 m sjeverozapadno od trase na km 8+800. Rezervoar Gornja Bijela, zapremine 200 m³, nalazi se oko 70 m sjeveroistočno od izvorišta Gornja Bijela.

Izvorište Bijela nad Gornjom Bijelom kaptiran je za vodosnabdijevanje Konjica i njima upravlja Vodovod Konjic (Slika 7-31).



Slika 7-31: Kaptirani izvor Bijela

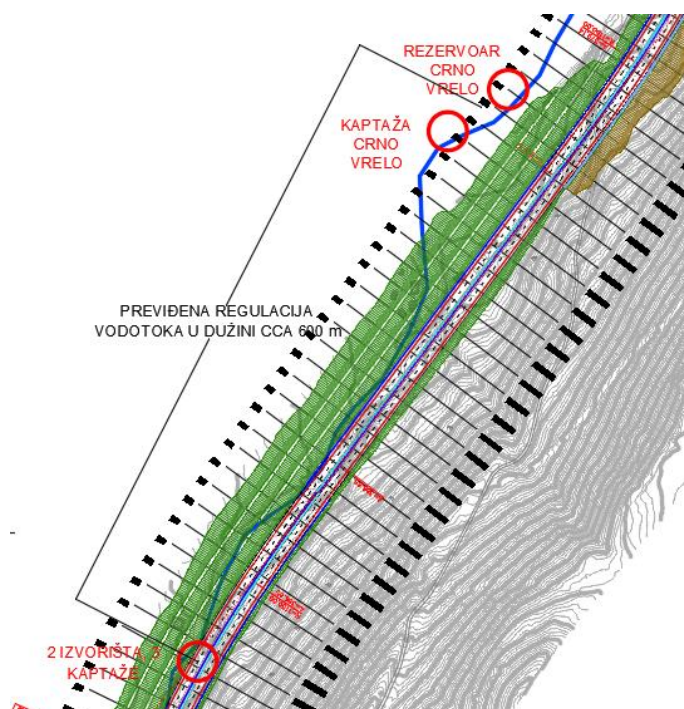
Ovi izvori imaju sekundarni tok iz morenskog materijala, a primarni tok iz srednjetrojaskih dolomita i krečnjaka. Oni dreniraju masiv Prenja, koji pripada

sjeveroistočnom krilu velikog rasjeda, što potvrđuju i opiti bojenja u ponorima Vrutak i Jezerce (Slika 7-17)²⁵.

Izvorišta koja se koriste u vodoopskrbnom sistemu Konjica nisu podvrgnuta detaljnim hidrogeološkim istraživanjima i nisu službeno zaštićena zonama sanitarne zaštite. Nedostatak takvih informacija izaziva značajnu zabrinutost u pogledu zaštite količine i kvalitete izvora.

Tokom izgradnje autoceste i kasnije tokom njenog korištenja veći negativni utjecaji na izvorišta Bijela i Gornja Bijela nisu vjerovatni jer dreniraju podzemne vode koje dolaze sa masiva Prenja. Trasa autoceste dolinom Konjičke Bijeje do tunela Prenj projektovana je na nasipu tako da neće biti radova na iskopima kosina i miniranja koji bi mogli da utiču na podzemne vode. Od građevinskih radova je predviđeno skidanje humusnog materijala, eventualno njegova zamjena i izrada nasipa. Pri izvođenju ovih radova bitno je preduzeti sve mjere kako ne bi došlo do neplaniranog ispuštanja nafte ili naftnih derivata u okoliš. Iz tog razloga potrebno je preduzeti sve mjere kako bi se rizik za zagađenje podzemnih voda sveo na minimum. Dodatno je predviđena regulacija prirodnog korita rijeke Bijeje u dužini od oko 600 m čime će se dodatno osigurati da kaptaža ne bude ugrožena (Slika 7-32). Eventualne ispuste oborinskih voda sa asfaltnih površina autoceste potrebno je sprovesti cijevima nizvodno od kaptaže Crno Vrelo. Ove mjere obuhvaćene su Planom provođenja mjera zaštite okoliša (poglavlje 19.2, mjera 19.2.4).

²⁵ Rezultati geofizičkih, hidrogeoloških i hidroloških istraživanja u okviru dopunskih detaljnih geoloških, inženjersko-geoloških, geotehničkih, geofizičkih, hidroloških i hidrogeoloških istraživanja i ispitivanja na dionici Konjic (Ovčari)-ulaz u tunel Prenj, Winner Project, 2022



Slika 7-32: Predviđena regulacija i položaj kaptaže i rezervoara

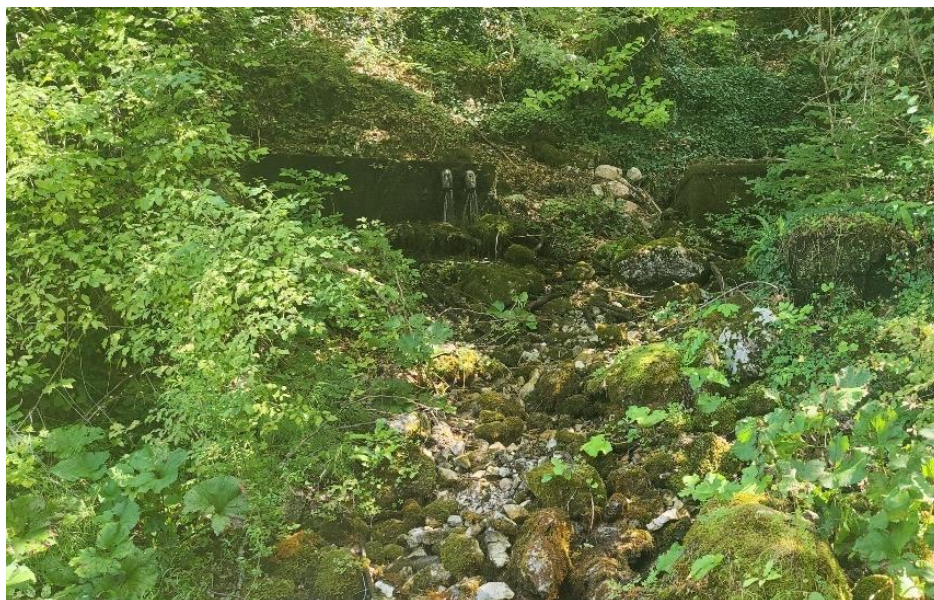
To će zahtijevati instalisanje separatora ulja i lakih tečnosti na strateškim lokacijama, slijedeći utvrđenu inženjersku praksu, kako bi se prikupljena oborinska voda učinkovito tretirala. U omjeru 1/10 voda se prečišćava prema EN858, a ostatak preljeva na obilazni vod. U zoni kaptiranih izvorišta, koristiće se separatori sa 100% prečišćavanjem. Osim toga predviđena je i cisterna za slučaj incidenta i izlivanja štetnih materija na autocesti. Dakle, u slučaju incidenta, odnosno prolijevanja goriva iz auto-cisterne, separatori će prepoznati da dolazi koncentrirana tečnost te zatvoriti automatski plovak ventil. To će prouzrokovati da sva tečnost skrene u posebno projektovanu cisternu zapremine 50 m³. Kapacitet ove cisterne je dovoljan da prikupi i transportovanu tečnost, a i tečnost iz rezervoara samog vozila.

Tretirane oborinske vode će se ispuštati izvan zone utjecaja izvorišta Bijela i Gornja Bijela. Ove mjere obuhvaćene su Planom za upravljanje okolišem i društvom (poglavlje 19.2, mjera 19.2.5).

Lokalno izvorište kaptirano za potrebe oko 30 domaćinstava u naselju Gornja Bijela nalazi se na samoj trasi autoceste na km 9+340. Vodozahvatnu konstrukciju izgradilo je lokalno stanovništvo i njome ne upravlja Vodovod Konjic.



Slika 7-33: Položaj kaptiranog lokalnog izvora



Slika 7-34: Kaptirani izvor u koritu Suhog potoka za potrebe lokalnog stanovništva

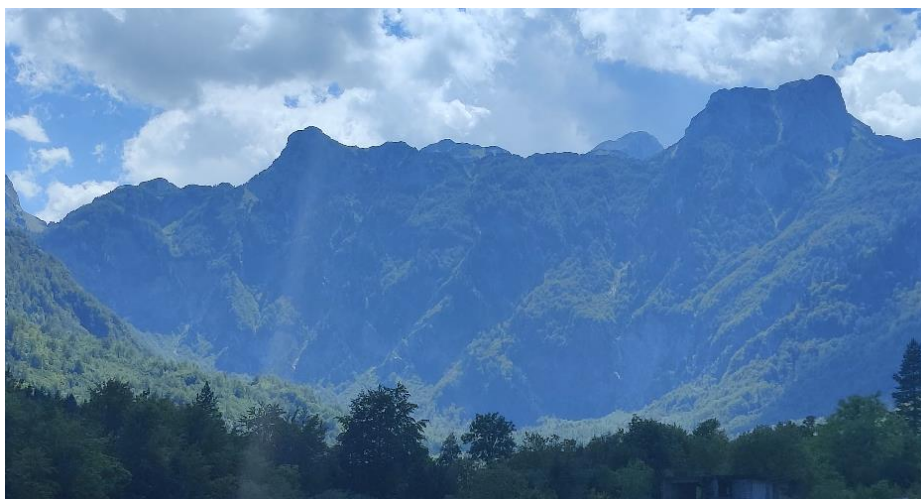
S obzirom na to da se lokalni izvor nalazi na trasi autoceste tehničkim rješenjima koja će biti primijenjena u sklopu autoceste, potrebno je očuvati navedena izvorišta. Problem će se riješiti projektovanjem propusta u nasipu ili potporne konstrukcije kojim će se zaštititi postojeća izvorišta i kaptaže, te isti na ovaj način neće biti narušeni.

U slučaju nepredviđenih okolnosti, lokalno stanovništvo će biti priključeno na rezervoar Gornja Bijela za alternativni izvor vode kojim upravlja Vodovod Konjic. Ova akcija obuhvaćena je Planom za upravljanje okolišem i društvom (poglavlje 19.2, mjera 19.2.4).

Za potrebe izgradnje tunela Prenj planirana je izgradnja pristupnih puteva do ulaznih (sjevernih) i izlaznih (južnih) portala. Pristupne saobraćajnice će služiti

za prevoz radnika i opreme, kao i za transport materijala potrebnog za izgradnju tunela.

Pristupni put do ulaznog portala (Slika 7-30) predviđen je duž doline Konjičke Bijele koji će većim dijelom koristiti trase postojećih puteva. Pri izradi ovog puta neće biti potreba za minerskim radovima, već će se proširivati postojeći putevi i vršiti njihovo nasipanje tamponom i njegovo zbijanje. Zbog blizine izvorišta Bijela i Gornja Bijela, koja se koriste za vodosnabdijevanje Konjica posebnu pažnju treba posvetiti zaštiti podzemnih voda. Pristupna cesta mora biti u potpunosti asfaltirana i sadržavati standardna rješenja za prikupljanje i pročišćavanje otpadnih voda (oluci, odvodi, šahtovi, separatori ulja i masti). Mjesta ispuštanja moraju se predvidjeti nizvodno od izvora Bijela i Gornja Bijela. Ove akcija obuhvaćena je Planom za upravljanje okolišem i društvom (poglavlje 19.2, mjera 19.2.4).



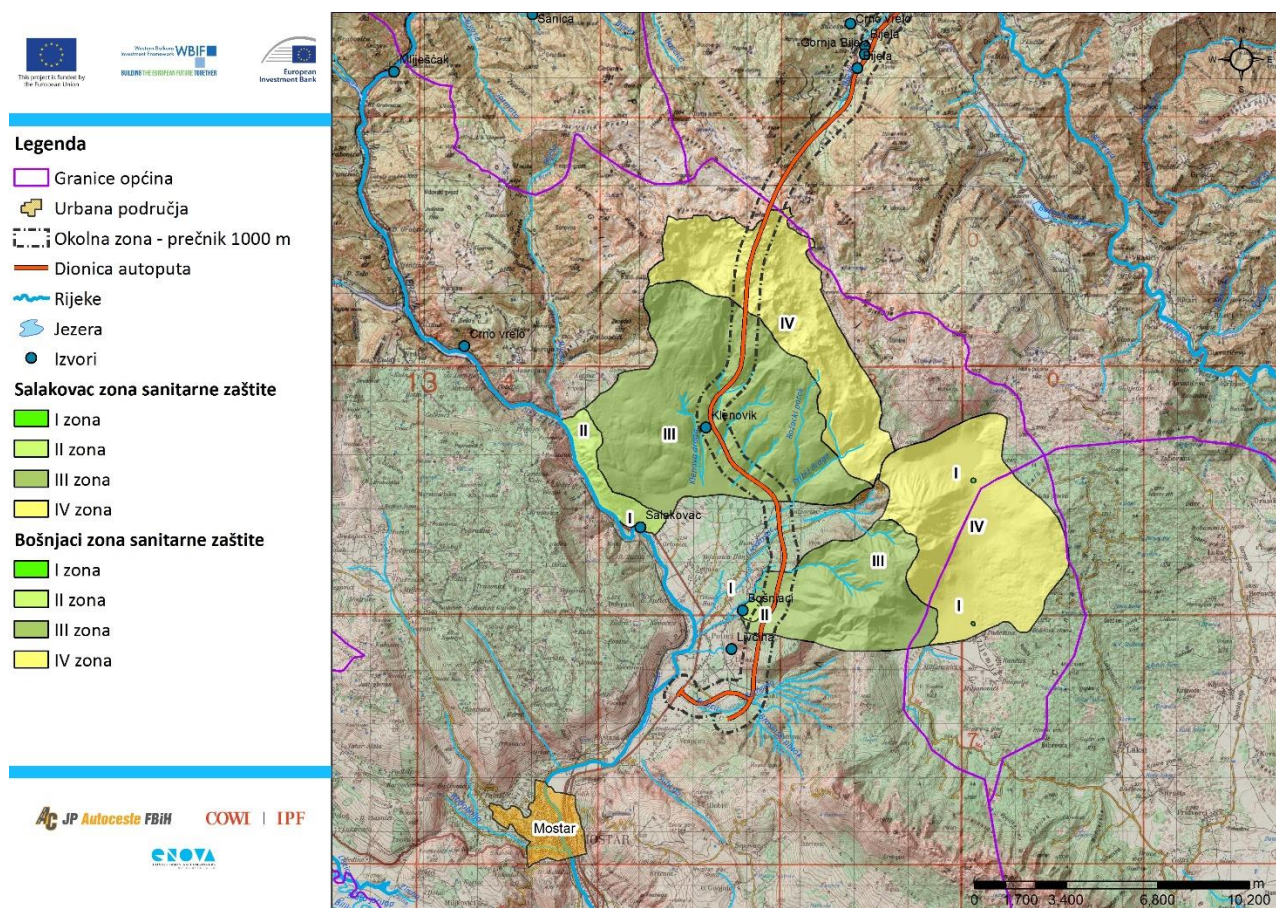
Slika 7-35: Pogled na ulazni portal tunela Prenj

Pristupni put do izlaznog portala tunela Prenj projektovan je od magistrale u Salakovcu preko Prigrađana i Klenove Drage. Dvije trećine pristupnog puta prolazi kroz zonu sanitarne zaštite (u daljem tekstu: ZSZ) izvorišta Salakovac, odnosno kroz III i IV ZSZ (Slika 7-36)²⁶. Prema Pravilniku o sanitarnoj zaštiti iz 2012. godine²⁷, u ovim zonama dopuštena je izgradnja saobraćajnica uz primjenu standardnih mjera zaštite u IV zoni, te pojačanje standardnih mjera dodatnom zaštitom u III zoni. Za izradu pristupnog puta koristit će se trasa postojećih lokalnih puteva koji se moraju proširiti i finalno asfaltirati. Trasa pristupnog puta je položena preko siparskih i deluvijalnih nanosa koji su na ovom području značajne debljine i u sebi sadrže pored drobinskog materijala i glinovite primjese, što je veoma bitno sa aspekta zaštite podzemnih voda. Kako se pristupni put nalazi u ZSZ izvorišta Salakovac, potrebno je kompletno asfaltirati cestu i uključiti standardna rješenja za prikupljanje i pročišćavanje

²⁶ Elaborat zaštita izvorišta Salakovac Grad Mostar (str. 76-85), Zavod za vodoprivredu, decembar 2022, Odluka o zonama sanitarne zaštite i zaštitne mjere za izvorište Salakovac (Službeni glasnik Grada Mostara br. 14/23) i Elaborat zaštita izvorišta Bošnjaci Grad Mostar (str. 79-86), Zavod za vodoprivredu, decembar 2022

²⁷ Pravilnik o načinu utvrđivanja uslova za određivanje zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera za izvorišta vode za javno vodosnabdijevanje stanovništva (Službene novine FBiH, br. 88/12)

otpadnih voda (rigola, slivnici, šahtovi, separatori ulja i masti). Vode koje se budu skupljale na kolovozu potrebno je prikupiti, odvesti na tretman i nakon tretmana upustiti u recipijent. Vode koje se budu upuštale u recipijent moraju imati zakonom definisan kvalitet kako ne bi uticale na kvalitet podzemnih voda izvorišta Salakovac i mora se ispustiti van III zaštitne zone u skladu sa uvjetima iz Prethodne vodne saglasnosti²⁸. Ove akcije obuhvaćene su Planom provođenja mjera zaštite okoliša (poglavlje 19.2, mjera 19.2.4).



Slika 7-36: Zone sanitarne zaštite izvorišta Salakovac i Bošnjaci

Nakon završetka trase u nasipu autoceste se nastavlja tunelom T3 (tunel Prenj) na km 12+400. Tunelom Prenj trasa autoceste presijeca veliku rasjednu zonu koja masiv Prenja dijeli na sjeveroistočno krilo izgrađeno od trijaskih dolomita i dolomitičnih krečnjaka i jugozapadno krilo izgrađeno od krečnjaka jurske starosti (Slika 7-17). Okvirno jedna trećina iskopa tunela je projektovana u karbonatnim stijenama trijaskе starosti, a dvije trećine u krečnjacima jurske starosti. Opitima bojenja koji su izvedeni na Prenju utvrđeno je da se podzemne vode sa sjeveroistočnog krila rasjeda dreniraju ka izvorima Konjičke Bijele, Buka, Bašćice

²⁸ Prethodna vodna saglasnosti izdata od strane Agencije za vodno područje Jadranskog mora (UP/40-1/21-2-129/21 od 15.03.2022.), stav 3.2.1: "U zonama visokog rizika od zagađenja voda sve vode s kolnika prikupiti i pročistiti do razine utvrđene Uredbom o uvjetima ispuštanja otpadnih voda u prirodne recipijente i sustav javne kanalizacije ("Sl. novine FBiH", br. 26120, 96/20), bez ispuštanja pročišćenih otpadnih voda unutar zone visokog rizika".

i Šanice, a vode sa jugozapadnog krila se dreniraju na Salakovačkim vrelima i vjerovatno na Crnom vrelu (Slika 7-17). Rezultati opita bojenja ukazuju da se cirkulacija podzemnih voda sa Prenja odvija u zoni epikarsta i zona karstifikacije²⁹.

Što se tiče negativnog utjecaja izgradnje tunela Prenj na podzemne vode on je jedino moguć u slučaju da dođe do presijecanja značajnih podzemnih tokova kojim cirkulišu podzemne vode. Kako je nadsloj u tunelu Prenj i preko 1.000 m, a iskop se najvećim dijelom radi ispod zone karstifikacije malo vjerovatno je očekivati ovakav scenario. Iskustva pri iskupu sličnih tunela u karstnim terenima Dinarida nam govore da je moguća pojava karstnih kanala sa podzemnim tokovima u područjima neposredne blizine karstnih vrela. Pošto iskop tunela Prenj ne prolazi kroz neposrednu blizinu karstnih vrela tako i je i ovaj scenario malo vjerovatan. Isticanje podzemnih voda iz masiva Prenja uglavnom je uslovljeno kontaktom vodopropusnih karbonatnih stijena sa vodonepropusnim sedimentima koji se nalaze na nižim kotama od nivelete tunela, kao i duž rasjednih zona.

Prema dostupnim rezultatima geoloških istraživanja³⁰, na širem području trase autoceste kroz masiv Prenja, vodonepropusni sedimenti donjeg trijasa se nalaze znatno ispod nivelete tunela (Slika 7-28) tako da se iskop tunela neće završiti kroz vodozasićenu zonu koja se nalazi neposredno u prekrivnom pokrovu vodonepropusnih sedimenata. U središnjem dijelu tunela Prenj, na oko 200 m ispod nivelete, u podini krečnjaka se nalaze dolomiti donjeg i srednjeg trijasa koji u zavisnosti od stepena izrasijedanosti i ispucalosti mogu predstavljati barijeru kretanju podzemnih voda. Ipak, za očekivati je da duž rasjeda, a naročito duž glavne rasjedne zone, dođe do pojave podzemnih voda u vidu kapljanja, procurivanja ili rijetko tečenja. U tim slučajevima potrebno je obezbijediti da se te vode adekvatnim mjerama evakušu izvan tunela kako ne bi došlo do njihovog zagađivanja i kao takvih upuštanja u okoliš. Za ovakav scenario predvidjeti prikupljanje i odvođenje cjevovodom tunelskih voda van tunela i njihovo upuštanje u recipijent nakon prethodnog tretmana. U slučaju da dođe do presijecanja podzemnog toka potrebno je obezbijediti uslove da ta voda nastavi svoj tok u vidu izrade bajpasa kako bi se smanjio utjecaj podzemnih voda na tunelsku konstrukciju. Za ovu aktivnost je potreban odgovarajući vodni akt, a ispuštanje će se vršiti prema uslovima iz vodne dozvole.

Oko dvije trećine iskopa tunela Prenj projektovano je da se izvede kroz IV zonu sanitarne zaštite izvorišta Salakovac. Na osnovu prethodno opisanih scenarija i prikazanih hidrogeoloških odnosa duž trase tunela Prenj iskop tunela neće imati utjecaja na podzemne vode izvorišta Salakovac.

Bojenjem ponora Jezero utvrđena je veza sa Salakovačkim vrelom i dobijena fiktivna brzina kretanja podzemnih voda od 833 m/dan³¹. Kako je južni portal

²⁹ Rezultati geofizičkih, hidrogeoloških i hidroloških istraživanja u okviru dopunskih detaljnih geoloških, inženjersko-geoloških, geotehničkih, geofizičkih, hidroloških i hidrogeoloških istraživanja i istraživanja na dionici Konjic (Ovčari) - ulaz u tunel Prenj, Winner Project, 2022.

³⁰ Ibid.

³¹ Ibid.

tunela Prenj pravolinijski udaljen oko 5,5 km od izvorišta Salakovac eventualno zagađenje iz tunela podzemnim vodama se može prenijeti do izvorišta za oko nedjelju dana³². Da ne bi došlo do ovakvog scenarija potrebno je obezbijediti uslove za prihvatanje, odvođenje i tretman tunelskih voda i nakon postizanja propisanog kvaliteta njihovo upuštanje u recipijent.

Na oko 950 m jugozapadno od izlaznog portala tunela Prenj, na koti 470 m n.m, nalazi se izvor Klenovik. S obzirom da je njegova izdašnost mala u odnosu na prostorni položaj i površinu koju bi mogao da drenira ne očekuje se utjecaj radova na njegov kvalitet ili kvantitet. U prilog tome idu i činjenice da se prilikom bojenja ponora Jezero i Veline bare nije pojavila boja na Klenoviku³³.



Slika 7-37: Izvor Klenovik

Nakon izlaska iz tunela Prenj, cesta nastavlja nasipom dužine oko 100 m, a zatim ulazi u tunel Klenova Draga – T3A. Od tunela trasa nastavlja preko Vijadukta br. 8, nakon čega ulazi u tunel Gradina – T4, koji završava na udaljenosti od oko 300 m od najudaljenijih kuća sela Podgorani.

Tu počinje Vijadukt br. 9 preko Badnjene Drage kod Selišta koji ide paralelno sa naseljem. Trasa se nastavlja sjeveroistočno od naselja i proteže se grebenima brda sjeverno od Podgorana, gdje počinje Vijadukt br. 10 preko Seočke Drage, kojim trasa prelazi u Dolac, sjeverno od Humilišana. Dalje, trasa se nastavlja u blagom polukrugu oko naselja Humilišani preko obronaka Porima na udaljenosti od oko 800 m od naseljenog područja. Ovdje trasa napušta hidrogeološko područje Prenja.

³² Procijenjeno na osnovu brzine tečenja koja je dana u Elaboratu o zaštiti izvorišta Salakovac, Zavod za vodoprivredu Sarajevo, decembar 2022.

³³ Rezultati geofizičkih, hidrogeoloških i hidroloških istraživanja u okviru dopunskih detaljnih geoloških, inženjersko-geoloških, geotehničkih, geofizičkih, hidroloških i hidrogeoloških istraživanja i istraživanja na dionici Konjic (Ovčari) - ulaz u tunel Prenj, Winner Project, 2022.

Tuneli T3A i T4, kao i kompletna trasa autoceste do Podgorana i Zelenike, projektovani su kroz karstificirane krečnjake jurske starosti **u okviru III zone sanitarne zaštite izvorišta Salakovac**³⁴. Između tunela T3 i T3A projektovan je nasip na sipini s dobrim filtracijskim karakteristikama. Na ovom području, u periodu obilnih padavina, nastaju površinski bujični tokovi koji prazne krečnjačke vodonosne slojeve u zaleđu. Stoga posebnu pažnju treba obratiti na uslove izgradnje nasipa kako ne bi došlo do značajnijeg ispiranja i uklanjanja deponovanog materijala, a time i do zagađenja vode. Budući da osnova nasipa ima dobre filtracijske karakteristike, svako zagađenje se mnogo brže prenosi kroz geološko okruženje.

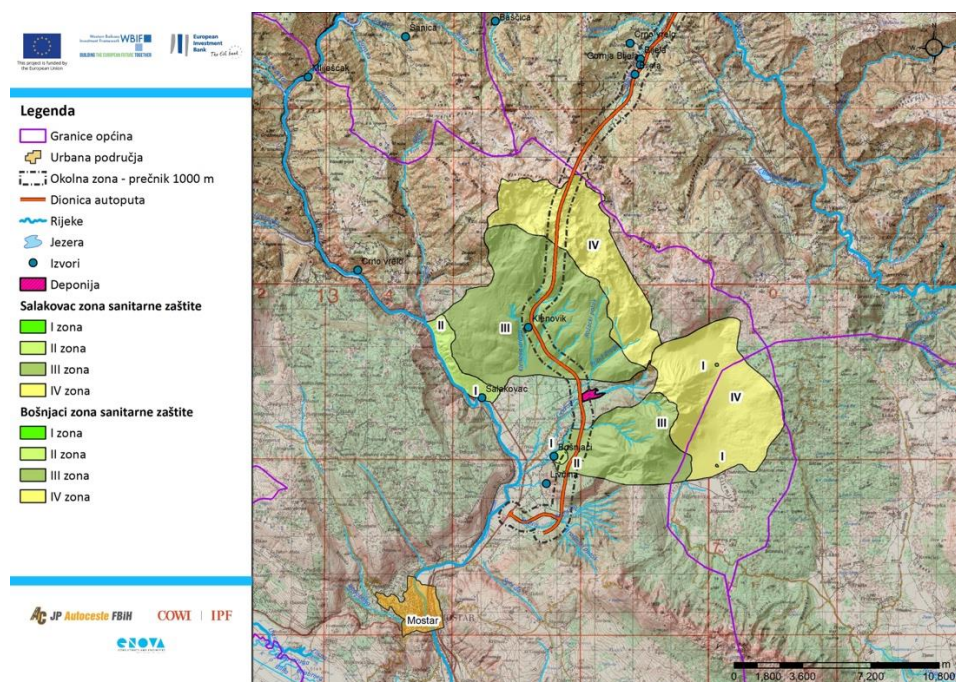
Tunel T4 se nalazi na zapadnoj strani kanjona Klenove Drage i svojim položajem ne utiče na podzemne vode jer se nalazi uz rub kanjona i istovremeno drenira vrlo malu površinu masiva Prenja. Tokom izgradnje ovog tunela može doći do pojave podzemnih voda u obliku vlage ili protočnih voda, posebno u kišnoj sezoni.

Tunel T4 je pozicioniran između dvije kanjonske doline Klenove i Badnjene Drage koje na ovom prostoru predstavljaju lokalne erozione baze za podzemne vode. Iz tog razloga se ne očekuje utjecaj izgradnje tunela na podzemne vode, a pogotovo ne na vode izvorišta Salakovac. U slučaju pojave podzemnih voda, koje ne mogu biti u značajnijim količinama, pri iskopu potrebno je primijeniti mjere njihove zaštite opisane i za prethodne tunele.

Izgradnja vijadukta 8, 9 i 10 neće utjecati na podzemne vode osim u mogućim situacijama akcidentnih ispuštanja kada se nafta ili naftni derivati mogu izliti u tlo. S obzirom na to da u periodu velikih voda ispod ovih mostova ima povremenih strujanja, materijal može biti ispran i odnesen, pa je u ovim uslovima potrebno obezbijediti mjere zaštite, posebno pri izgradnji temelja potpornih stubova. Prvo, ispod mašina treba postaviti spremnike za prikupljanje ulja. Drugo, ako se podzemna voda crpi iz temeljnih jama, treba je pročistiti u separatorima ulja i vode prije ispuštanja u okoliš. Treće, kako bi se spriječila erozija zemljišta, treba postaviti protuerozivne barijere. Ove akcije obuhvaćene su Planom provođenja mjera zaštite okoliša (poglavlje 19.2, mjera 19.2.4). Ove aktivnosti će se vršiti u skladu s uslovima iz vodne dozvole.

Otvorena trasa od Podgorana preko Dolca i Humilišana predviđena je u zasjeku sa gornje strane i nasipu sa donje strane kroz krečnjačke i siparske materijale. Ovaj dio trase autoceste neće imati utjecaja na podzemne vode. Odlagalište viška materijala od iskopa u Humilišanima je također locirana na ovom potezu, izvan sanitarnih zona zaštite izvorišta Salakovac (Slika 7-38).

³⁴ Elaborat zaštita izvorišta Salakova Grad Mostar, Zavod za vodoprivredu, decembar 2022. (str 76-85) i Odluka o zonama sanitarne zaštite i zaštitnim mjerama za izvorište Salakovac (Službeni glasnik Grada Mostara br. 14/23)



Slika 7-38: Odlagalište materijala iz iskopa u Humilišanima

Na ovom dijelu trase nema izvora značajnije izdašnosti koji bi mogli biti ugroženi radovima. Pri tome sipari u svom sastavu imaju drobinu, humus i glinovite frakcije tako da je kretanje podzemnih voda kroz njih znatno sporije nego kroz karbonatne stijene. Na ovom dijelu trasa izlazi iz III ZSZ izvorišta Salakovac i napušta hidrogeološko područje Prenja.

Trasa autoceste kroz hidrogeološko područje Veleža

Ispod Humilišana trasa se kreće ka jugu i ispod Šljemena ulazi u tunel T5 (Orlov kuk), a potom izlazi u području Kutu, gdje je projektovana petlja za izlaz Mostar sjever. U ovom području trasa dijelom **prolazi kroz III ZSZ izvorišta Bošnjaci** (Slika 7-36)³⁵ u vidu usjeka i nasipa neznatne visine. Do ulaza u tunel T5, trasa je postavljena preko sipara koji su izgrađeni od slabozaobljenih komada krečnjaka sa drobinskim materijalom i prisustvom humusa i glinovitih čestica. Neposredno prije ulaska u tunel T5 trasa sa sipara prelazi na krečnjake gornjekredne starosti.

Na ovom dijelu trasa je projektovana u usjecima i nasipima tako da će biti radova na iskopima kosina i miniranju koji bi mogli da utiču na podzemne vode. Pri izvođenju ovih radova bitno je preduzeti sve mjere kako ne bi došlo do neplaniranog ispuštanja nafte ili naftnih derivata u okoliš, kao i voda koje se koriste u fazi bušenja minskih rupa. Iz tog razloga potrebno je preduzeti sve mjere kako bi se rizik za zagađenje podzemnih voda sveo na minimum. U slučaju da, tokom izgradnje autoceste, dođe do zagađenja voda izvorišta ono će biti neznatno i kratkotrajno. Ipak treba predvidjeti opciju za privremenim isključenjem izvorišta sa vodovodne mreže u slučaju incidentne situacije.

³⁵ Elaborat zaštita izvorišta Bošnjaci Grad Mostar (str. 79-86), Zavod za vodoprivredu, decembar 2022.

Podzemne vode neće imati utjecaj na radove tokom izgradnje autoceste na ovom dijelu trase.

Projektom odvodnje potrebno je obezbijediti sakupljanje, odvođenje i tretman atmosferskih voda sa buduće autoceste. Nakon tretmana ovih voda potrebno je izvršiti njihovo upuštanje u recipijent Konjička Bijela koji mora biti nizvodno od izvorišta Bošnjaci kako ne bi postojao njihov utjecaj na kvalitet voda ovog izvorišta.

Dalje se trasa nastavlja tunelom T5 Orlov kuk čiji se ulazni portal i oko jedne četvrtine dužine tunela nalazi u III ZSZ izvorišta Bošnjaci. Izvorište Bošnjaci se nalazi oko 850 m zapadno od ulaznog portala tunela. Opitima bojenja izvedenim na slivnom području izvorišta Bošnjaci dobijena je fiktivna brzina kretanja podzemnih voda od oko 600 m/dan.

Tunel T5 je najosjetljivija lokacija na trasi autoceste sa aspekta zaštite podzemnih voda zbog blizine izvorišta Bošnjaci. Kako se kompletan tunel probija kroz krečnjake za očekivati je pojavu karstnih kanala i kaverni koje mogu biti i podzemni tokovi izvora Bošnjaci, kao i povremenog izvora Livčine koji se nalazi u neposrednoj blizini.

Stoga je potrebno posebno obratiti pažnju na prikupljanje tunelskog otjecanja, njegovo odvođenje iz tunela i prečišćavanje prije ispuštanja u recipijent. U slučaju pojave kaverni ili karstnih kanala nikako ne vršiti njihovo zapunjavanje materijalom iz iskopa ili upuštanje tunelskih voda u njih već prvo izvršiti njihovo kartiranje i utvrđivanje njihove funkcije a zatim pripremiti projekat sa mjerama sanacije. U slučaju pojave podzemnog toka potrebno je napraviti bajpas kako bi podzemne vode mogle i dalje da cirkulišu kako ne bi vršile pritisak na tunelsku oblogu, odnosno konstrukciju tunela.

Po izlasku iz tunela autocesta se nastavlja otvorenom trasom na ravničarskom prostoru Kutu koja se završava sa petljom Mostar sjever. Na ovom području nema izvora tako ni utjecaja radova na podzemne vode. Podzemne vode na ovom dijelu trase neće imati utjecaja na autocestu, odnosno na izvođenje radova.

7.3.5 Procjena utjecaja na javna izvorišta

Izvorište Konjička Bijela koristi se za vodosnabdijevanje Konjica. Ovo izvorište sastoji se od dva izvora: Bijela i Gornja Bijela, koji se nalaze na udaljenosti od oko 350 m, te od rezervoara Gornja Bijela (Slika 7-17). Izvorište zvanično nije zaštićeno, a do danas nisu uspostavljene zone sanitarne zaštite.

Trasa autoceste prolazi (a) u neposrednoj blizini izvorišta Bijela i to u vidu nasipa otvorene trase i (b) tunelom Prenj kroz slivno područje izvorišta.

Trasa autoceste dolinom Konjičke Bjele do tunela Prenj projektovana je na nasipu, a od građevinskih radova je predviđeno skidanje humusa i izrada nasipa. Mogući negativni utjecaji na izvorište jeste da dođe do neplanskog ispuštanja nafte i njenih derivata u neposrednoj blizini izvora.

Jedna od mjera za smanjenje utjecaja autoceste na ovo izvoriste jeste ugradnja vodonepropusnih folija prije formiranja nasipa kako bi se spriječila eventualna izlivanja štetnih materija u fazi izgradnje autoceste i njenog kasnijeg korištenja. Kako bi se smanjio utjecaj autoceste na ovo izvoriste potrebno je obezbijediti sakupljanje, odvođenje i tretman atmosferskih voda sa buduće autoceste. Nakon tretmana ovih voda potrebno je izvršiti njihovo upuštanje u recipijent koji mora biti nizvodno od izvora kako ne bi postojao njihov utjecaj na kvalitet vode iz izvorišta.

Bojenjem podzemnih voda na Prenju, tj. bojenjem ponora Jezerce i Vrutak³⁶ utvrđene su veze sa izvorima Konjičke Bijele gdje se boja pojavila nakon 22 dana. Ovo nam ukazuje da se pri iskopu tunela Prenj mora posvetiti pažnja odvodnji tunelskih voda, kao i eventualnim presjecanjima podzemnih tokova.

U slučaju pojave podzemnih voda tokom probijanja tunela potrebno ih je sakupiti i cjevovodom evakuisati ili im napraviti bajpas kojim bi mogle dalje da teku. U slučaju pojave kaverni tokom iskopa nikako u njih ne upuštati tunelske vode zbog mogućnosti zagađenja podzemnih voda.

U zaključku, trasa autoceste prolazi u blizini izvorišta Konjička Bijela (Bijela i Gornja Bijela) i njena izgradnja i korištenje može utjecati na ove izvore. Potrebne su odgovarajuće mjere ublažavanja kako bi se spriječili i ublažili štetni utjecaji. Ove mjere obuhvaćene su Planom za upravljanje okolišem i društvom (poglavlje 19.2, mjera 19.2.4).

Izvorište Šanica nalazi se na oko 11 km zapadno od trase autoceste. Ovo se izvoriste koristi za vodosnabdijevanje Jablanice (Slika 7-17). Zone sanitarne zaštite utvrđene su, uprkos činjenici da nisu sprovedena traserska ispitivanja (opiti bojenjem) pa prema tome nije egzaktno utvrđeno slivno područje, kao ni pravci i brzine toka podzemnih voda.

Za potrebe projektovanja tunela Prenj³⁷, izveden je opit bojenja ponora Vrutak koji se nalazi u zoni glavnog rasjeda (Slika 7-17). Na izvoru Šanica boja se pojavila nakon 15 dana od ubacivanja i trajala je narednih 10 dana, pri čemu je najveća koncentracija bila prvog dana pojave boje. Na osnovu opita bojenja sračunata je fiktivna brzina kretanja podzemnih voda od 662 m/dan. Pošto se najveća koncentracija boje pojavila dan nakon prve pojave znači da se cirkulacija podzemnih voda obavlja u okviru plitke zone karstifikovanog pojasa (epikarsta). U prilogu ovome ide i činjenica da izvoriste Šanice pokazuje jako zamućenje nakon jačih kiša ili naglog otapanja snijega.

Na osnovu prikazanih hidrogeoloških odnosa na predmetnom području može se zaključiti da izgradnja i korištenje autoceste Konjic (Ovčari) - tunel Prenj - Mostar sjever neće imati utjecaja na izvoriste Šanica.

³⁶ Rezultati geofizičkih, hidrogeoloških i hidroloških istraživanja u okviru dopunskih detaljnih geoloških, inženjersko-geoloških, geotehničkih, geofizičkih, hidroloških i hidrogeoloških istraživanja i istraživanja na dionici Konjic (Ovčari) – ulaz u tunel Prenj, Winner Project, 2022.

³⁷ Ibid.

Izvorište Salakovac. Trasa autoceste Konjic (Ovčari) - tunel Prenj - Mostar sjever, sa pristupnim cestama, projektovana je da jednim svojim dijelom prolazi kroz zone III i IV ZSZ izvorišta Salakovac koje se koristi za vodosnabdijevanje općine Mostar.

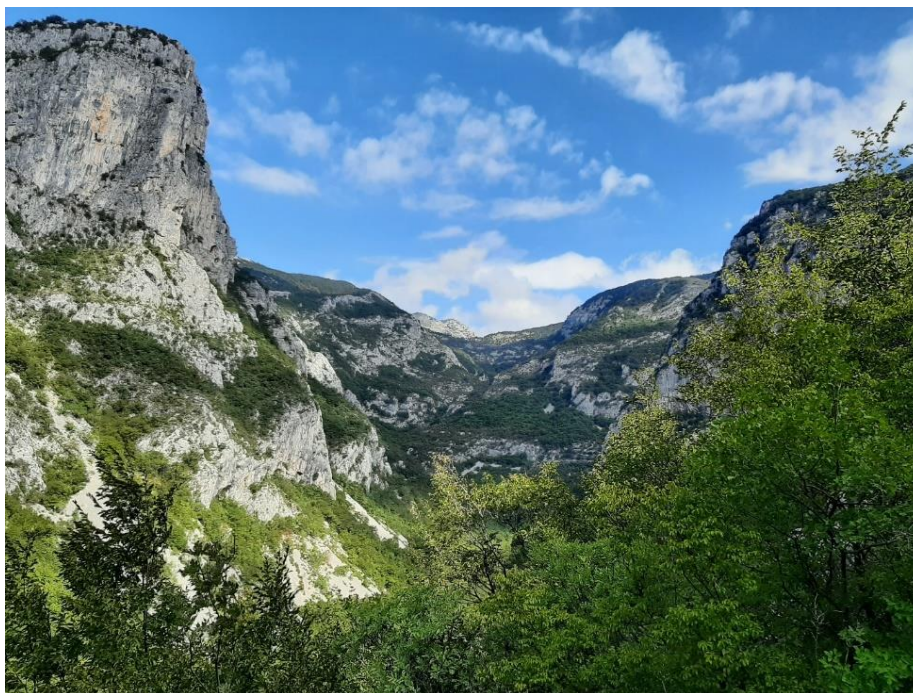
U decembru 2022. godine, Zavod za vodoprivredu d.d. Sarajevo izradilo je *Elaborat o zaštiti izvorišta Salakovac*. U skladu sa članom 7. *Pravilnika o načinu utvrđivanja uslova za određenje zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera za izvorišta vode za javno vodosnabdijevanje stanovništva*³⁸, koji definiše određivanje granica zona sanitarne zaštite izvorišta vode u vodonosnicima karstne poroznosti, za izvorište Salakovac određene su 4 zone zaštite (Slika 7-17):

- > I zaštitna zona kao zona sa najstrožijim zabranama i ograničenjima,
- > II zaštitna zona kao zona sa strogim zabranama i ograničenjima,
- > III zaštitna zona kao zona sa umjerenim zabranama i ograničenjima,
- > IV zaštitna zona kao zona sa preventivnim zabranama i ograničenjima.

Kroz IV ZSZ prolazi veći dio tunela Prenj, od oko 7,5 km. Narednih oko 5 km trase koja obuhvata dva tunela i 3 vijadukta/mosta prolazi kroz III ZSZ. Kroz III ZSZ prolazi i dio pristupnog puta koji vodi od magistrale u Salakovcu preko Prigrađana i Podgorana do izlaznog portala tunela Prenj u dužini od oko 2,7 km. Ovaj pristupni put projektovan je da prolazi jednim dijelom od oko 1,5 km i kroz II ZSZ (Slika 7-17). Prema Odluci o zonama sanitarne zaštite i zaštitnim mjerama za izvorište Salakovac u II ZSZ je dozvoljena izgradnja puteva uz primjenu standardnih i dodatnih zaštitnih mjera.

Bojenjem ponora Jezero na Prenju utvrđena je direktna hidraulička veza sa Salakovačkim vrelom (Slika 7-17), na osnovu čijeg rezultata je sračunata fiktivna brzina podzemnih voda od 833 m/dan. Dva subparalelna rasjeda smjera pružanja sjeveroistok - jugozapad koji se nalaze između ponora Jezero i Salakovačkih vrela (Slika 7-27) su glavni pravac kretanja podzemnih voda na ovom području. Kako se boja nije pojavila na izvoru Klenovik može se zaključiti da podzemne vode, u zoni izlaznog portala tunela Prenj, teku ispod nivelete trase autoceste a ne prema tunelskom portalu (Slika 7-39).

³⁸ Službene novine FBiH, br. 51/02



Slika 7-39: Pogled na izlazni portal tunela Prenj

Salakovačko vrelo nalazi se na koti od 100 m n.m. i najniže je vrelo na kojem se prazne podzemne vode masiva Prenja. Iz tog razloga je za očekivati da se podzemne vode kreću ispod nivelete tunela Prenj u dijelu koji pripada ZSZ izvorišta Salakovac i neće doći do utjecaja radova na iskupu tunela na podzemne vode.

Bojenjem ponora Veline bare koji se nalazi oko 3 km sjevernije od ponora Jezero nije utvrđena veza sa Salakovačkim vrelom (Slika 7-17).

Trasa pristupnog puta do izlaznog portala tunela Prenj u najvećem dijelu je projektovana preko deluvijalnih i siparskih sedimenata koji su izgrađeni od raznorodnih granulacija krečnjačkih odlomaka i drobinskog materijala uz prisustvo i glinovite frakcije. Da bi se negativan utjecaj pristupnog puta na izvorište Salakovac sveo na minimum potrebno ga je nakon proširenja asfaltirati i uraditi njegovu odvodnju. Odvodnja bi podrazumijevala prikupljanje i odvođenje atmosferskih voda sa površine pristupnog puta, njihov tretman do zadovoljavajućeg kvaliteta i upuštanje u recipijent koji se nalazi van ZSZ.

Na osnovu prikazanih hidrogeoloških odnosa duž trase tunela Prenj iskop tunela i izrada pristupnih saobraćajnica neće imati utjecaja na podzemne vode izvorišta Salakovac.

Izvorište Bošnjaci. Jednim svojim dijelom trasa autoceste je projektovana da prolazi i kroz III ZSZ izvorišta Bošnjaci koje se koristi za vodosnabdijevanje Mostara (Slika 7-17).

U decembru 2022. godine Zavod za vodoprivredu d.d. Sarajevo izradio je novi Elaborat o zaštiti izvorišta Salakovac. U skladu sa članom 7. *Pravilnika o načinu*

utvrđivanja uslova za određenje zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera za izvorišta vode za javno vodosnabdijevanje stanovništva³⁹.

Oko 2 km otvorene trase prije tunela i oko 600 m tunela Orlov Kuk predviđeno je za prolaz kroz III ZSZ izvorišta Bošnjaci (Slika 7-17). Preostalih 1,6 km tunela Orlov Kuk ne ulazi u definisane ZSZ izvorišta Bošnjaci.

Na dijelu trase koji prolazi kroz ZSZ izvorišta projektovana je izrada usjeka, nasipa i izgradnja tunela T6 tako da bi radovi na njima mogli da utiču na podzemne vode izvorišta Bošnjaci.

Tunel Orlov kuk je najosjetljivija lokacija na trasi autoceste sa aspekta zaštite podzemnih voda zbog blizine izvorišta Bošnjaci. Tunel T6 probija se kroz krečnjake i za očekivati je pojavu karstnih kanala i kaverni koje mogu biti i podzemni tokovi izvora Bošnjaci i izvora Livčine koji se nalazi u neposrednoj blizini. Zato je potrebno obratiti pažnju da se tunelske vode sakupe i preko cjevovoda evakušu van tunela, a zatim nakon tretmana do zadovoljavajućeg kvaliteta upuste u recipijent (obično samo taloženje, što se potvrđuje ispitivanjem kvaliteta vode).

U slučaju akcidentne situacije da tokom izgradnje autoceste dođe do zamućenja voda izvorišta ono će biti neznatno i kratkotrajno. Ipak, treba predvidjeti u slučaju ovakvog scenarija i privremeno isključenje izvorišta sa vodovodne mreže.

Zaključno, trasa autoceste prolazi kroz sliv vrela Bošnjaci, a njegova izgradnja i korištenje može imati utjecaja na ovo kraško vrelo. Potrebne su odgovarajuće mjere ublažavanja.

7.3.6 Procjena ranjivosti podzemnih voda

7.3.6.1 Metodologija

Definicija ranjivosti podzemnih voda bazirana je na pretpostavci da okoliš može da omogući određeni stepen zaštite podzemnih voda kada su u pitanju zagađivanja sa površine. Geološka sredina može djelovati kao prirodni filteri koji mogu da uklone neke zagađujuće supstance. Zagađena voda koja se infiltrira u podzemlje obično se prirodno prečišćava do određenog nivoa prolazeći kroz pore tla i stijena u nezasićenoj zoni.

Za potrebe ove Studije, procjena ranjivosti podzemnih voda u kraškom vodonosniku se vrši korištenjem EPIK metode⁴⁰. Kod EPIK metode mnogo se veći akcenat stavlja na metodu infiltracije površinskih voda, što je od presudnog značaja kada je u pitanju ranjivost kraških podzemnih voda.

³⁹ Službene novine FBiH, br. 88/12

⁴⁰ Doerfliger, N., Zwahlen, F. (1997) EPIK: Nova metoda za ocrtavanje zaštićenih područja u kraškom okruženju, Kraške vode i utjecaji na životnu sredinu, Gúnyay i Johnson (ur.), Rotterdam

Rezultati procjene su karte ranjivosti podzemnih voda koje izdvajaju područja s različitim stepenom ugroženosti. Konačne karte pružaju krajnjim korisnicima jasnu sliku ranjivosti vodonosnika na zagađenje, omogućavajući lako poređenje ranjivosti između različitih vodonosnika, ili između dijelova istog vodonosnika. Veoma visoka ranjivost odgovara vodonosnicima gdje je nivo podzemne vode na maloj dubini i gdje zbog postojanja velikih pukotina (kaverni) dolazi do brze infiltracije površinskih voda sa malom mogućnošću prečišćavanja zbog kraćeg kontaktnog vremena.

Mapirana su četiri pojedinačna faktora: Faktor E - epikarst, factor P - zaštitni omotač (eng. protective cover), faktor I - infiltracija i faktor K - karstifikacija.

Faktor E. Za određivanje razvijenosti epikarsta (E faktor) predmetnog područja korištene su sljedeće podloge:

- > Glavna geološka karta istraženog područja u mjerilu 1:100.000, dobijena sastavljanjem radova "Prozor", "Sarajevo", "Mostar" i "Kalinovik",
- > Topografske karte istraživanog područja u mjerilu 1:25.000,
- > Satelitski snimak terena,
- > Digitalni model elevacije terena (DEM) prikazan kao zasjenjena karta reljefa (eng. *shaded relief map*) pomoću alata za 3D analizu u GIS-u.

Analizom geološke karte određene su zone prisustva karbonatnih stijena. Zatim su analizirane topografske karte u korelaciji sa elevacionim modelom i satelitskim snimkom, na osnovu kojeg su izdvojene zone sa prisustvom epikarsta. Faktor E je podijeljen u 3 kategorije koje definišu stepen ranjivosti.

Područja vrtača i otvoreni karst definisani su kao područja razvijenog epikarsta klase E1. U klasu E2 svrstani su karstni tereni izgrađeni od čistih krečnjaka pokriveni niskom vegetacijom i tereni izgrađeni od karbonatnih stijena sa primjesama, bez vegetacionog pokrivača. Treću klasu E3 čine oni dijelovi terena u kojima nema karbonatnih stijena, tj. nekarsti.

Faktor P. Karta P faktora predstavlja zaštitni pokrivač i za njenu izradu korištene su sljedeće podloge:

- > Pedološke karte (izdanje Zavoda za agropedologiju i Šumarskog fakulteta iz Sarajeva) u razmjeri 1:100.000,
- > Karta vegetacije (CORINE Land Cover, 2006) u razmjeri 1:100.000,
- > Satelitski snimak terena.

Pedološka karta omogućila je izdvajanje vrste i debljine tla u okviru istraživanog područja. Dodatna kategorizacija tla je izvršena korištenjem karte vegetacije (CORINE Land Cover, 2006) i satelitskog snimka terena. U okviru ove karte izdvojene su 4 kategorije (P1, P2, P3, P4), a kao kriterij za izdvajanje uzeti su debljina zaštitnog pokrivača i sastav vegetacije prema kriterijima predloženim od strane autora metode:

- > **Kategorija P1** - U kategoriju P1 svrstani su tereni koji su izgrađeni od karstifikovanih krečnjaka u kojima odsustvuje zemljišni pokrivač ili je on neznatne debljine (<20 cm). Što se tiče vegetacije ona na ovim terenima odsustvuje ili je zastupljena u vidu niskog rastinja i makije.

- > *Kategorija P2* - Zemljišta koja su prisutna na terenima izgrađenim od dolomitičnih stijena i flišnih tvorevina svrstana su u P2 kategoriju. Debljina ovih zemljišta iznosi preko 20 cm. Ovi tereni su prekriveni gustim šumama (brdovita područja) i livadama (ravničarska područja).
- > *Kategorija P3* - Tereni izgrađeni od aluvijalnih, glacijalnih, deluvijalnih i siparskih sedimenata u okviru kojih je zastupljena i glinovita komponenta, a čija ukupna debljina iznosi više od 1 m, svrstana je u P3 kategoriju. Sa vegetativnog aspekta ovi tereni su najvećim dijelom okarakterisani kao livade i pašnjaci.
- > *Kategorija P4* - U kategoriju P4 svrstani su tereni koji su izgrađeni od moćnih slojeva vodonepropusnih sedimenata debljine preko 2 m sa prisustvom vegetativnog pokrivača.

Faktor I. Za izradu karte I faktora bilo je potrebno najviše vremena i truda. Za procjenu infiltracionih uslova korištene su sljedeće podloge:

- > Hidrogeološka karta razmjere 1:100.000,
- > Topografske karte razmjere 1:25.000,
- > Karta vegetacije (CORINE Land Cover, 2006) u razmjeri 1:100.000,
- > Digitalni elevacioni model (DEM) ,
- > Karta nagiba terena dobivena *Slope* analizom,
- > Satelitski snimak terena.

U okviru proračuna ovog faktora prvo su izdvojena područja koja pripadaju slivovima ponora i ponirućih tokova i zona. Ovo izdvajanje je urađeno korištenjem topografske karte i sjenčenog reljefa dobivenog preko DEM modela.

Dijelovi istraživanog područja koji su van slivova ponora i ponirućih tokova dalje su razvrstani u dvije klase: klasa I3 za one dijelove terena u kojima je razvijena karstna izdan, kao i za dijelove terena koji nisu izgrađeni od karbonatnih stijena, ali pripadaju slivu karstnih izvora ili tokova koji prolaze kroz karstne terene i klasa I4 - ostatak terena van slivova ponora i ponirućih tokova.

Tereni koji pripadaju slivovima ponora i ponirućih tokova klasifikovani su na drugi način. Prvo su obilježene zone neposredno oko ponora, ponirućih tokova, kao i grupa vrtača u kojima je izražena infiltracija površinskih voda. Ove zone su klasifikovane kao klasa I1. Ostatak slivova je klasifikovan u zavisnosti od pošumljenosti i nagiba terena. U klasu I2 svrstana su šumska područja sa nagibom terena preko 35% i livade, pašnjaci i obradiva područja sa nagibom preko 25%, dok je klasa I3 obuhvatila šumovita područja sa nagibom terena ispod 35% i livade, pašnjake i obradiva područja sa nagibom manjim od 25%.

Na osnovu ovih kriterija određivanja klasa za I parametar, u I1 kategoriju svrstane su ponorske zone na masivu Prenja, kao i ponori za koje je utvrđena veza sa izvorima Bošnjaci i Livčine. U I2 kategoriju svrstani su tereni sa nagibom preko 25%. Kategorija I3 obuhvata preostale terene koji pripadaju masivu Prenja i izvorima Bošnjaci i Livčine. Tereni koji se nalaze van sliva masiva Prenja, odnosno sliva Bošnjaka i Livčina svrstani su u I4 kategoriju.

Faktor K. Za analizu stepena karstifikacije, tj. izradu karte K faktora korištene su sljedeće podloge:

- > Geološka karta razmjere 1:100.000,

> Hidrogeološka karta razmjere 1:100.000.

Za analizu i klasifikaciju ovog faktora korišteni su podaci hidrogeoloških i inženjersko-geoloških istraživanja na istraživanom području koja su uglavnom izvođena za potrebe izrade studije utjecaja, projektovanja predmetne dionice autoceste i određivanje ZSZ izvorišta Salakovac i Bošnjaci. Takođe, korišteni su i dostupni podaci ranijih istraživanja na širem području (istraživanja za potrebe izgradnje hidroelektrana na Neretvi⁴¹). Ovdje se prije svega misli na opite trasiranja (bojenja) podzemnih voda i istražnog bušenja.

Rezultati ovih istraživanja su u značajnoj mjeri unaprijedili klasifikaciju, imajući u vidu da je sa pomenutih podloga moguće procijeniti stepen površinske karstifikacije, ali kada je u pitanju razvoj podzemnih karstnih pojava, direktna i detaljna istraživanja su praktično nezamjenljiva.

Prema predloženoj metodologiji, karstni sistemi u kojima je brzina podzemne vode veća od 15 m/h mogu se smatrati sistemima sa razvijenom mrežom karstnih kanala. Opiti bojenja podzemnih voda na širem području Prenja su pokazali da se brzine podzemnih voda kreću od 0,33-0,96 cm/s ($v_{sr}=0,66$ cm/s), tj. od 11,88-34,56 m/h ($v_{sr}=20,376$ m/h) što ukazuje na prisustvo veoma razvijene mreže karstnih kanala.

U prilog ovome ide i činjenica da se karstni tereni Prenja dreniraju preko manjeg broja vrela znatne izdašnosti što ukazuje na prisustvo privilegovanih pravaca kretanja, tj. karstnih kanala znatnih dimenzija.

Prvoj klasi K1 pripadaju krečnjaci mezozojske starosti (najviše jurske i kredne starosti), sa karakterističnim prisustvom zona vrtača i širokih pukotina koje su procesom karstifikacije prevedene u kaverne, kanale i kao najveće podzemne karstne oblike pećine. U klasu K2 su svrstane karbonatne stijene mezozojske starosti u kojima je dolomit zastupljeniji od krečnjaka. U treću klasu K3 su uvrštene ostale stijene (nekarsti) koje izgrađuju teren.

7.3.6.2 Mapiranje ranjivosti podzemnih voda

Ocjena ranjivosti podzemnih voda vrši se preko indeksa zaštite F, koji se računa za svako polje (poligon) u istražnom području preko jednačine u kojoj figurišu kao promjenljive sva četiri parametra. Svaka od klasa ima određenu težinsku vrijednost, pri čemu najmanja vrijednost ukazuje na najveću osjetljivost na zagađenje. Standardne vrijednosti za EPIK parametre prikazane su u tabeli 7-2.

⁴¹ Prema informacijama iz elaborate *Dopunski inženjersko-geološki radovi na lokalitetima Konjička Bijela i Idbar za potrebe definisanja geotehničkih uslova izgradnje tunela (I faza)*, (Winner Project d.o.o. Sarajevo, 2021) prilikom relaizacije projekta korištena su istraživanja provedena za potrebu izgradnje HE na Neretvi sublimirana u elaboratu pod nazivom *Energoinvest – Higrainženjering Sarajevo, Rudarsko-geološki fakultet Beograd, HE na Neretvi: Ljuta, Glogošnica, Konjic, Jablanica, Grabovica, Salakovac i Mostar*

Tabela 7-2: Standardne vrijednosti za EPIK parametre

Parametar E			Parametar P				Parametar I				Parametar K		
E ₁	E ₂	E ₃	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	K ₁	K ₂	K ₃
1	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3

Karta ranjivosti podzemnih voda primjenom EPIK metode (Slika 7-40) dobijena je kombinacijom sva četiri faktora formulom:

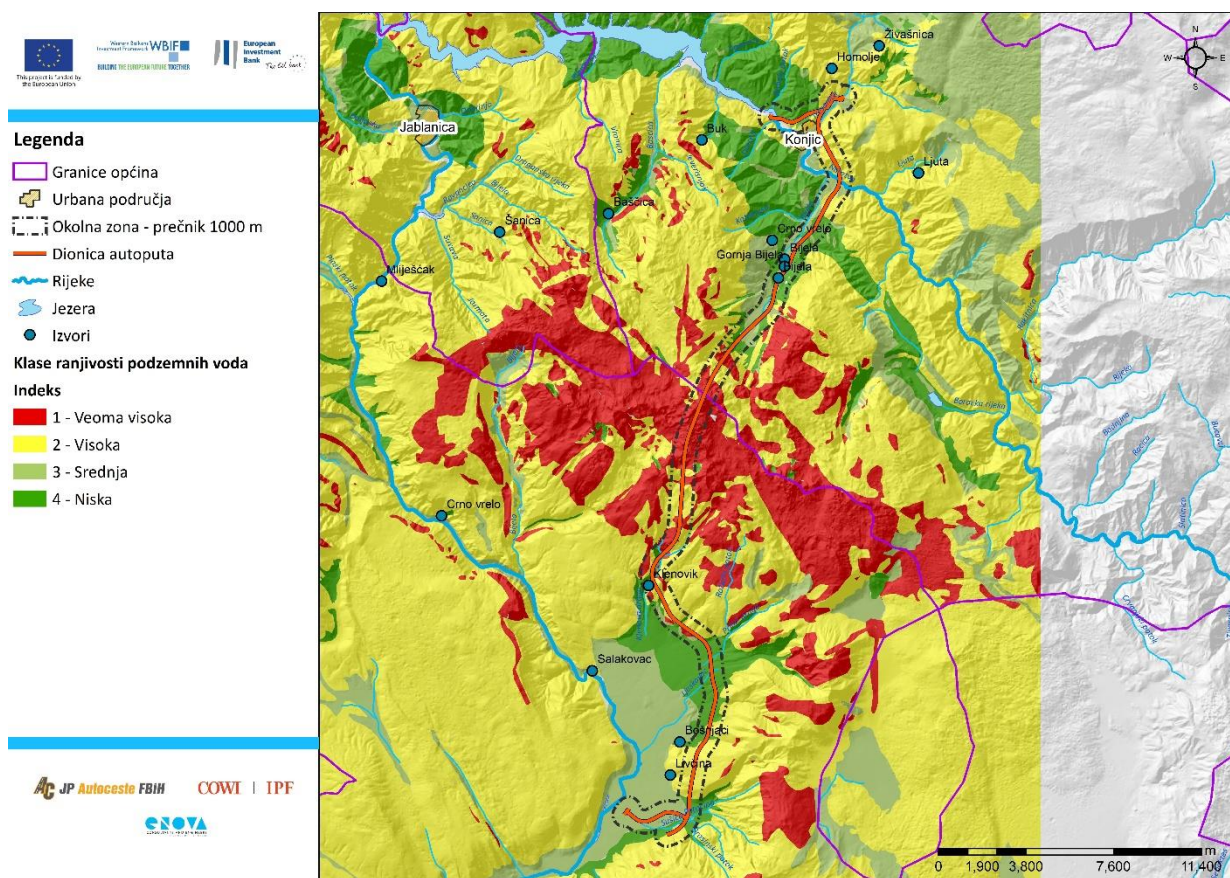
$$F = \alpha E_i + \beta P_j + \gamma I_k + \delta K_l$$

Gdje su za težinske koeficijente α , β , γ i δ uzete vrijednosti 3, 1, 3 i 2⁴².

Relativni težinski koeficijenti (α , β , γ i δ) pokazuju utjecaj svakog pojedinačnog faktora na stepen ranjivosti podzemnih voda. Na osnovu utjecaja pojedinih faktora, može se zaključiti da stepen razvića epikarsta i uslovi infiltracije imaju najveći utjecaj na ranjivost podzemnih voda u karstu. Vrijednost indeksa F kreće se u intervalu od 9-34 i podijeljen je na četiri klase:

$F \leq 19$	Veoma visoka ranjivost
$19 < F \leq 25$	Visoka ranjivost
$F > 25$	Srednja ranjivost
$F > 25, P=P_4, I=I_{3,4}$	Niska ranjivost

⁴² Doerfliger N, Jeannin PY, Zwahlen F, 1999: Procjena ranjivosti vode u kraškim sredinama: nova metoda definiranja zaštićenih područja korištenjem pristupa više atributa i GIS alata (EPIK metoda), Geologija okoliša 39 (2), 165-176.



Slika 7-40: Karta ranjivosti

7.3.6.3 Procjena ranjivosti podzemnih voda

Ranjivost podzemnih voda u zoni autoceste

Većinu trase autoceste karakteriše veoma visoka i visoka ranjivost podzemnih voda. Ovo je očekivano jer je najveći dio terena izgrađen od karbonatnih stijena sa razvijenim kraškim vodonosnicima.

Na kraškim terenima gdje je evidentan razvoj epikarsta i postoje brojni kraški oblici (ponori, potoci, vrtače i špilje), a gdje je infiltracija površinskih voda vrlo intenzivna, definisana je **vrlo visoka ranjivost podzemnih voda** i ovi tereni su označeni crvenom bojom na mapi. Riječ je o terenima kroz koje je izgrađen tunel Prenj.

Visoka ranjivost podzemnih voda karakteriše terene koji su izgrađeni od karbonatnih stijena sa primjesama gdje karstifikacija nije dominantno izražena i nema vegetativnog pokrivača. U ovu kategoriju spadaju i područja sa izraženom karstifikacijom, ali i sa vegetativnim pokrivačem. Ovi tereni su na karti označeni **žutom bojom**. Riječ je o terenima na kojima je projektovana petlja Ovčari, kao i dio trase od čvora do rijeke Neretve, dionica oko Glavičine, dio trase od izlaza iz tunela Prenj do mosta Seočka Draga i dio trase prije ulaza u tunel i cijeli tunel Orlov Kuk.

Tereni sa **srednjom ranjivosti podzemnih voda** obuhvataju dijelove terena na kojima postoji i tip zbijenog vodonosnika. To su tereni sa zemljišnim i

vegetacijskim pokrivačem. U ovu kategoriju spadaju područja izgrađena od morena i talusa, gdje su glinovite frakcije zastupljene u malom omjeru. Ovi tereni su na karti označeni **svijetlo zelenom bojom**. U okviru ove kategorije projektovan je dio trase autoceste od mosta M2 do tunela Prenj dolinom Konjičke Bijele.

Uslovno aridni dijelovi terena (flišne formacije) iz trijasa i neogena svrstavaju se u terene sa **niskom osjetljivošću na podzemne vode**. Na ovim terenima epikarst nije razvijen, tlo pruža dobru zaštitu, a infiltracija površinskih voda je uglavnom difuzna, zbog čega je ranjivost podzemnih voda manja nego u prethodnim klasama. U ovu kategoriju spadaju područja građena morenima i talusa, gdje su glinovite frakcije zastupljene u značajnoj mjeri. Ovi tereni su na karti označeni **tamnozelenom bojom** (Slika 7-39). Dio trase u dolini Konjičke Bijele, dio ulaznog portala tunela Prenj, dio trase od Seočke Drage do prednjeg dijela tunela Orlov kuk, kao i otvorena trasa nakon tunela Orlov kuk projektovani su na terenu koji ima malu ranjivost.

Ranjivost podzemnih voda šireg područja

EPIK metoda je razvijena za procjenu ranjivosti podzemnih voda u kraškim terenima. Na kraškim terenima mogu postojati područja koja nisu izgrađena od karbonatnih stijena i unutar kojih nema kraškog vodonosnika. Takva se područja mogu isušiti na površini i napuniti kraški vodonosnik. Metodologija mapiranja ranjivosti ne naglašava posebno takve hidrogeološke odnose, pa ih stoga i ne vrednuje posebno.

Prilikom analize procjene ranjivosti podzemnih voda, debljina zone iznad akvifera i količina prihranjivanja nisu uzeti u obzir. Ovi parametri mogu igrati vrlo važnu ulogu u procjeni ranjivosti podzemnih voda.

Na jednom dijelu projektnog područja, za vrijeme kišne sezone (jesen-proljeće), nalazi se kompaktni vodonosnik unutar morenskih i talnih sedimenata, koji je hidraulički direktno povezan sa kraškim vodonosnikom koji se hipsometrijski nalazi ispod njega. Sedimenti u krečnjačkom krovnom sloju tretiraju se kao zaštitni pokrov (P faktor). U analizi se uzima u obzir samo njegova debljina, ali ne i filtracijske karakteristike.

Prema utvrđenoj metodologiji, EPIK metoda je ograničena na mapiranje velikih razmjera. Ovo je posebno izraženo pri određivanju faktora E gdje treba definisati područje koje zauzima jedna vrtača (E1) i područje između dvije vrtače (E2) kako bi se povukle linije između E1 i E2, što je teško pri izradi karte razmjere 1:100.000.

Primjenom EPIK metode gotovo je nemoguće dobiti visoku i vrlo visoku ranjivost za terene sa kompaktnom poroznošću, kao što su aluvijalni i glacijalni i talusni sedimenti gdje su podzemne vode vrlo ranjive. U ovom slučaju dobivena je srednja ranjivost za ove terene.

EPIK metoda zahtijeva detaljnu procjenu karstnih karakteristika, što je često teško, skupo i dugotrajno jer uključuje terenska istraživanja, primjenu geofizičkih metoda, hidrogeološka i izotopska ispitivanja, analizu hidrauličkih

karakteristika i drugo. Registracija vrtača i podzemnih kanala često zahtijeva interpretaciju zračnih i satelitskih snimaka visoke rezolucije.

Mapiranje ranjivosti podzemnih voda predmetnog područja otkriva direktnu korelaciju između distribucije ranjivosti podzemnih voda i distribucije kraških vodonosnika. Najveći značaj u procjeni ugroženosti podzemnih voda imaju E i K faktori, odnosno razvijenost epikarsta i mreže kraških kanala. Povećanjem težinskih koeficijenata za ova dva faktora (koeficijenti α i δ), povećava se vrijednost indeksa zaštite F, odnosno generalno se smanjuje ranjivost podzemnih voda. Dio terena sa vrlo visokom klasom ranjivosti prelazi u visoku klasu ranjivosti. Dio terena visoke klase ranjivosti prelazi na terene srednje klase ranjivosti, a dio terena srednje klase ranjivosti prelazi u klasu niske ranjivosti. Ipak, najveći dio terena zadržava svoju klasu ranjivosti dobivenu sa prvobitno usvojenim težinskim koeficijentima; ovo su tereni čisto izgrađeni od karstificiranog krečnjaka.

Nivo podzemnih voda na kraškim terenima značajno varira tokom hidrološkog ciklusa (ponekad i iznad 300 m). Nažalost, EPIK metoda ne uključuje ovu varijaciju u analizu procjene ranjivosti podzemnih voda. Zagađivač se može infiltrirati i zadržati u kraškim kanalima tokom sušnog dijela godine, a nakon (naglog) porasta nivoa podzemne vode može doći do podzemnih voda.

Što se tiče negativnog utjecaja izgradnje tunela Prenj na podzemne vode on je jedino moguć u slučaju da dođe do presijecanja značajnih podzemnih tokova kojim cirkulišu podzemne vode. Ipak, za očekivati je da duž rasjeda, a naročito duž glavne rasjedne zone, dođe do pojave podzemnih voda u vidu kapljenja, procurivanja ili rijetko tečenja. U tim slučajevima potrebno je obezbijediti da se te vode adekvatnim mjerama evakuišu izvan tunela kako ne bi došlo do njihovog zagađivanja i kao takvih upuštanja u životnu sredinu. Za ovakav scenario predvidjeti prikupljanje i odvođenje cjevovodom tunelskih voda van tunela i njihovo upuštanje u recipijent nakon prethodnog tretmana. U slučaju da dođe do presijecanja podzemnog toka potrebno je obezbijediti uslove da ta voda nastavi svoj tok u vidu izrade bajpasa kako bi se smanjio utjecaj podzemnih voda na tunelsku konstrukciju.

7.3.7 Procjena hazarda od zagađenja podzemnih voda

Hazard predstavlja procjenu opasnosti da podzemne vode budu zagađene pri čemu ne uzima u obzir prirodne karakteristike geološke sredine već samo rasprostranjenje potencijalnih zagađivača. Prema konceptualnom okviru predloženom od strane "The European COST Action 620", procjena hazarda se zasniva na razmatranju stepena štetnosti za svaki tip zagađivača pri čemu se ne analiziraju prirodne karakteristike terena. Razmatranje hazarda se prije svega odnosi na tri glavna vida iskorištenja zemljišta: infrastruktorno, industrijsko i poljoprivredno.

Za potrebe predmetne problematike uzeti su kao zagađivači samo oni koji će imati utjecaja pri izgradnji autoceste bez prikazivanja i analiziranja postojećih zagađivača okoliša. Pri tome kao zona utjecaja uzet je koridor širine po 500 m

sa obje strane ose autoceste iz razloga što se autocesta tretira kao linijski zagađivač.

Prema Europskom pristupu mapiranja hazarda⁴³, formula za izračunavanje rezultata hazarda glasi:

$$H_{\text{hazard score}} = H \times Q_n \times R_f$$

gdje je:

$H_{\text{hazard score}}$ – rezultat hazarda,

H – vrijednost koja odražava težinu hazarda,

Q_n – faktor rangiranja hazarda,

R_f – red redukcionni faktor koji odražava vjerovatnoću za izlivanje zagađujuće materije (najčešće se uzima vrijednost 1).

Glavni kriterijum za procjenu težine hazarda (H) je toksičnost supstanci povezanih sa pojedinim zagađivačima i njihove karakteristike kao što su rastvorivost i mobilnost⁴⁴. Faktor za rangiranje hazarda (Q_n) služi za uspoređivanje zagađivača istog tipa ali različitih kapaciteta. U tabeli 7-3 dat je pregled vrijednosti hazarda koja odražava težinu hazarda i faktor rangiranja za pojedine zagađivače.

Tabela 7-3: Tabelarni prikaz vrijednosti težine hazarda (H), faktora rangiranja hazarda (Q_n) i rezultata hazarda (H_{score})^{45,46}

Naziv	H – težina hazarda	Q_n – faktor rangiranja hazarda	R_f – redukcionni faktor	H_{score} – hazard
Iskop tunela	25	1.2	1	30
Radnički kampovi	30	1.1	1	33
Odlagalište materijala	35	1	1	35
Put (broj vozila)	40	0.8	1	32
Tunel (broj vozila)	40	0.8	1	32
Izrada zasjeka i nasipa	10	1	1	10
Betonara	30	1.2	1	36

Karta hazarda od zagađenja podzemnih voda trase autoceste dobivena je korištenjem satelitskih snimaka gdje su iscrtavani poligoni lokacija potencijalnih zagađivača (Slika 7-41), a zatim su im zadate vrijednosti hazarda prema navedenoj jednačini uz poštovanje kriterijuma iz tabele 7-3.

⁴³ De Ketelaere D., Hötzel H., Neukum C., Civita M. i Sappa G. (2004) Analiza i mapiranje hazarda. U: aktivnosti 620. Mapiranje ranjivosti i rizika za zaštitu karbonatnih (karstičnih) vodonosnika. Konačni izvještaj aktivnosti 620. Europska komisija, Brisel, Luksemburg

⁴⁴ Ibid.

⁴⁵ Ibid.

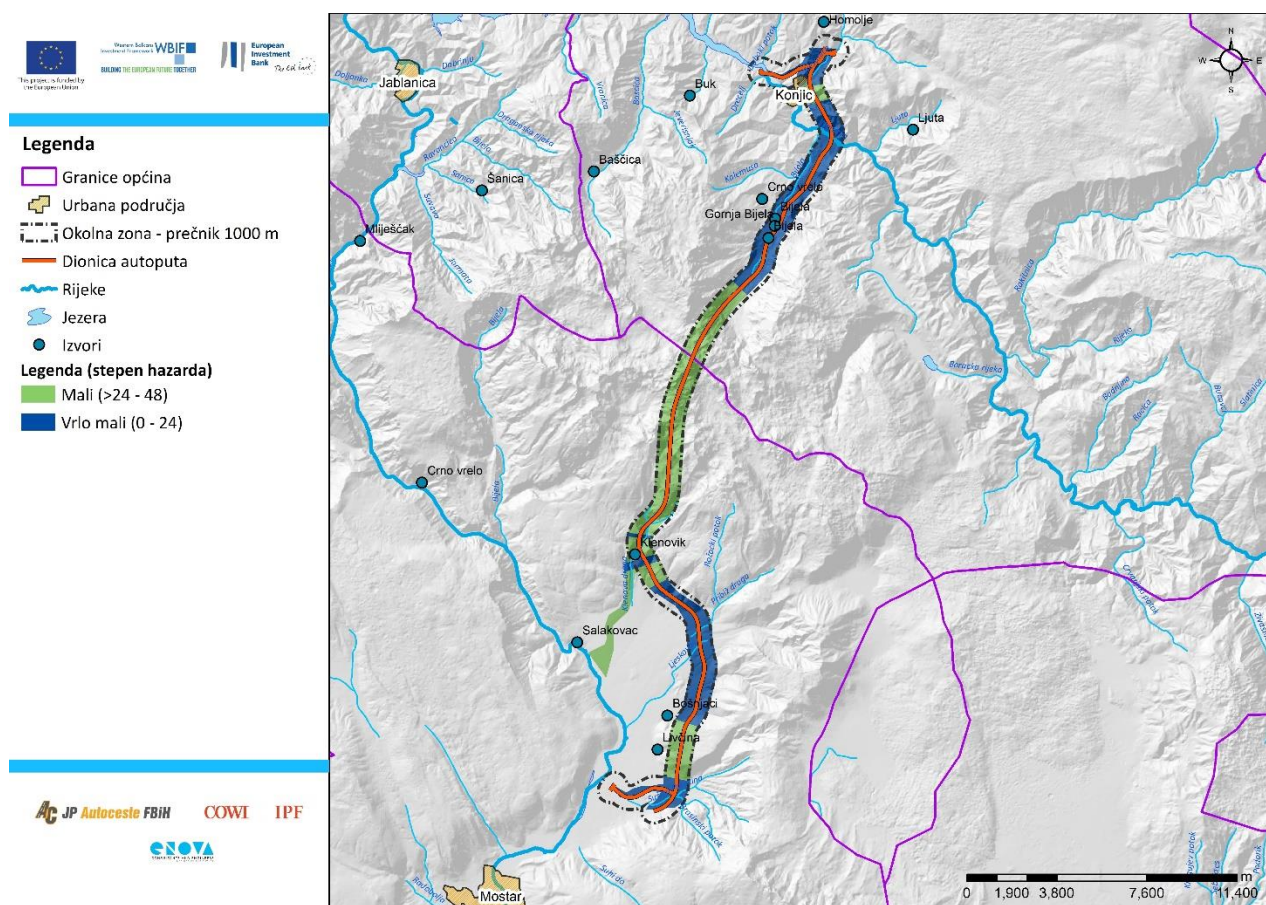
⁴⁶ Ravbar N. (2007) Zaštita kraških voda, sveobuhvatni slovenački pristup mapiranju ugroženosti i rizika od kontaminacije. Institut za istraživanje krša pri ZRC SAZU. Postojna – Ljubljana.

Na osnovu vrijednosti težine hazarda (H) i odgovarajućih faktora (Qn) za njegovo rangiranje, izvojene su površine prema stepenu hazarda (Tabela 7-4). Hazard od zagađenja podzemnih voda je grupisan prema stepenu hazarda u šest kategorija: veoma visok, visok, srednji, nizak, veoma nizak i nema hazarda (Slika 7-41).

Tabela 7-4: Rangiranje stepena hazarda⁴⁷

Rezultat hazarda	Indeks hazarda	Stepen hazarda
0	0	Nema hazarda
0 – 24	1	Veoma nizak
24 – 48	2	Nizak
48 – 72	3	Srednji
72 – 96	4	Visok
96 – 100	5	Veoma visok

Na osnovu stepena hazarda Koridor trase autoceste je svrstan u dvije kategorije: veoma niskog i niskog hazarda (Slika 7-41).



⁴⁷ Modifikovano na osnovu rada De Ketelaere D., Hötzl H., Neukum C., Civita M. i Sappa G. (2004) Analiza i mapiranje opasnosti. U: akcija 620. Mapiranje ranjivosti i rizika za zaštitu karbonatnih (karstičnih) vodonosnika. Konačni izvještaj Akcija 620. Europska komisija, Brisel, Luksemburg.

Slika 7-41: Karta hazarda od onečišćenja podzemnih voda

Veoma nizak hazard karakteristika je dijela trase gdje su predviđeni radovi na izgradnji mostova, vijadukata, usjeka i nasipa, odmarališta i petlji, tj. radovi na otvorenoj trasi. Ovoj kategoriji pripadaju i tereni obuhvaćeni izradom pristupnog puta do sjevernog portala tunela Prenj, obilaznica oko Konjica, kao i veza petlje Mostar sjever sa magistralnim putem.

Nizak hazard ima dio trase gdje će se vršiti iskopi tunela. Ovoj kategoriji pripadaju i površine koje će biti uzurpirane odlagalištima, betonarama i kampovima za smještaj ljudstva i opreme.

Tunel Prenj je najduži objekat na trasi autoceste i njegov iskop će se odvijati paralelno sa obje strane. Iz tog razloga površine u blizini ulaznog i izlaznog portala su također ušle u ovu kategoriju jer su to dijelovi terena gdje će biti organizovan smještaj ljudstva i opreme, kao i betona, radionice i dr. Dio terena obuhvaćen pristupnim putem do južnog portala tunela Prenj takođe je ušao u ovu kategoriju.

7.3.8 Procjena rizika od zagađenja podzemnih voda

Rizik od zagađenja podzemnih voda predstavlja vjerovatnoću da će podzemne vode biti zagađene aktivnostima koje se odvijaju na površini terena ili blizu nje. Sama procjena rizika sastoji se od:

- > Procjene ranjivosti (osjetljivosti) podzemnih voda na zagađenje, uzimajući u obzir samo prirodne zaštitne mogućnosti geološke sredine;
- > Procjene opasnosti od zagađenja podzemnih voda, koje ne uzimaju u obzir prirodne karakteristike geološke sredine, već samo distribuciju potencijalnih zagađivača.

Za razliku od osjetljivosti, koja predstavlja samo potencijalnu opasnost (zagađivače) za podzemne vode, pri procjeni rizika uzima se u obzir i prirodna osjetljivost zone iznad vodonosnika na zagađenje.

Tabela 7-5 prikazuje vrijednosti ranjivosti podzemnih voda i opasnosti terena na osnovu kojih je procijenjen intenzitet rizika za svako područje.

Tabela 7-5: Dijagram određivanja intenziteta rizika za trasu autoceste⁴⁸

Ranjivost			+	Opasnosti		
Ocjena ranjivosti	Indeks ranjivosti	Stepen ranjivosti		Ocjena opasnosti	Indeks opasnosti	Stepen opasnosti
< 19	1	Veoma visok		0	5	Nema opasnosti
19 – 25	2	Visok		0 – 24	4	Veoma nizak

⁴⁸ Modifikovano na osnovu rada De Ketelaere D., Hötzel H., Neukum C., Civita M. i Sappa G. (2004) Analiza i mapiranje opasnosti. U: radnja troškova 620. Mapiranje ranjivosti i rizika za zaštitu karbonatnih (karstičnih) vodonosnika. Konačni izvještaj troškovna akcija 620. Europska komisija, Brisel, Luksemburg.

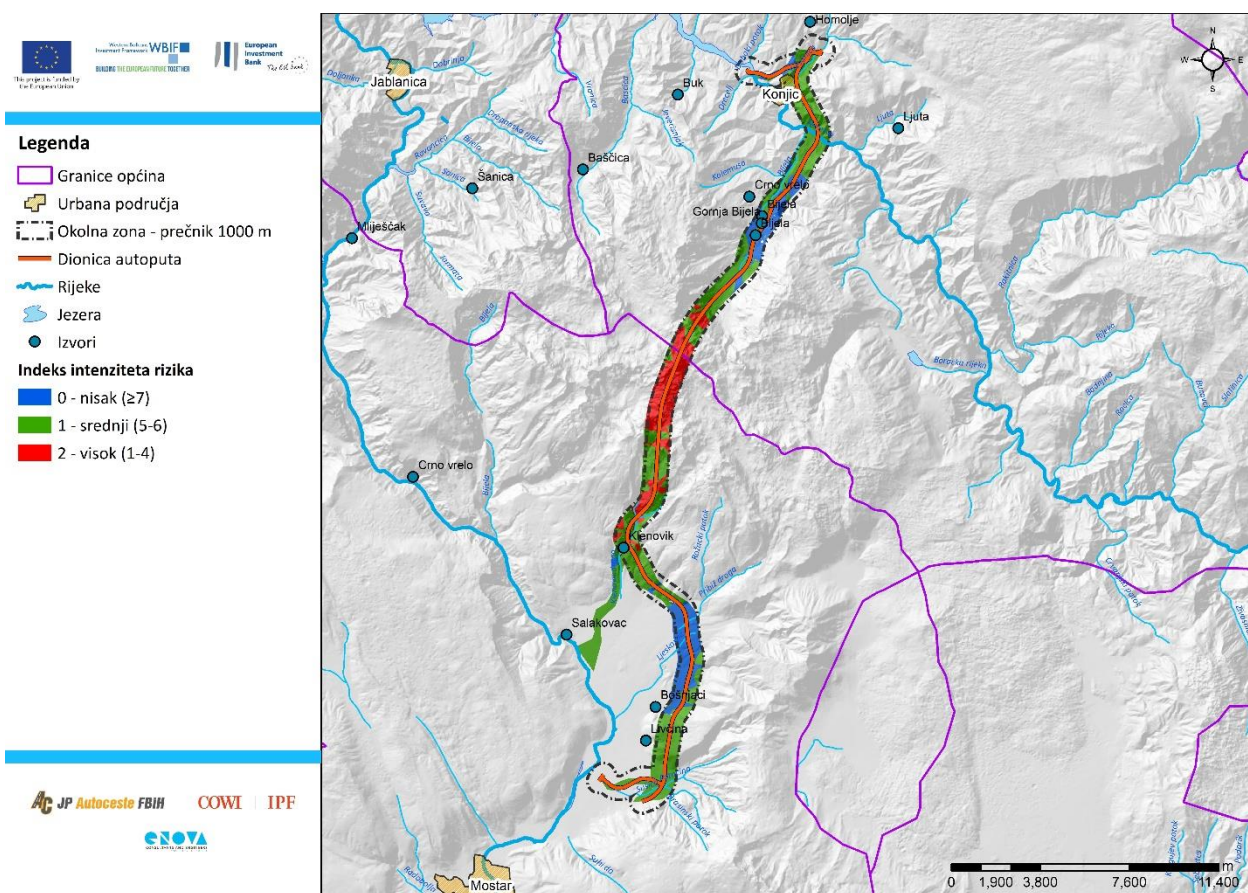
> 25	3	Srednji	24 – 48	3	Nizak
> 25 ($P=P_4$, $I=I_{3,4}$)	4	Nizak	48 – 72	2	Srednji
			72 – 96	1	Visok
			96 – 100	0	Veoma visok

=

Rizik		
Ocjena rizika	Indeks rizika	Stepen rizika
1 – 4	2	Visok
5 – 7	1	Srednji
≥ 8	0	Nizak

Preklapanjem karte ranjivosti podzemnih voda dobivene primjenom EPIK metode (Slika 7-40) sa kartom hazarda istog područja (Slika 7-41), dobiva se karta rizika od zagađenja podzemnih voda (Slika 7-42). Dobivena karta pokazuje stepen intenziteta rizika, odnosno mogućnost zagađenja podzemnih voda vanjskim faktorima.

Prema stepenu rizika od onečišćenja podzemnih voda duž trase autoceste, rizik se grupiše u tri kategorije: visok, srednji i nizak. Područja visokog intenziteta rizika su područja gdje se opasni zagađivači ispuštaju na terene visoke ugroženosti.



Slika 7-42: Karta rizika od onečišćenja podzemnih voda

Visoki rizik opasnosti od onečišćenja podzemnih voda je na terenima s otkrivenim kršem gdje će se probijati tunel Prenj, kao i na terenima na području Klenove Drage. To su tereni na kojima će najvjerojatnije biti postavljeni radnički kampovi.

Srednji rizik od onečišćenja podzemnih voda nose tereni od okršanih vapnenačkih stijena, gdje nema izrazito velike ranjivosti na podzemne vode, kao i područja sa srednjom i niskom ranjivošću na podzemne vode, koja su izgrađena od nevapnenačkih stijena. Ova kategorija rizika je najzastupljenija.

Tereni izgrađeni od nevapnenačkih stijena (morene, talus, fliš i dr.) na kojima će se izvoditi radovi na otvorenoj trasi u vidu usjeka i nasipa imaju **mali rizik** od onečišćenja podzemnih voda.

7.3.9 Zaključak o procjeni potencijalnih utjecaja

Dionica autoceste Konjic (Ovčari) - tunel Prenj - Mostar sjever najvećim dijelom prolazi krškim terenom masiva Prenja. Površinske i podzemne vode s Prenja kreću se radijalno, odnosno kreću se prema rijeci Neretvi, koja okružuje masiv Prenja sa svih strana osim s jugoistoka. Značajniji izvori u koje se ulijeva vodonosnik Prenja nalaze se na nižim kotama terena na dodiru krškog vodonosnika i nepropusnih ili manje propusnih stijena.

Svojom trasom autocesta prolazi kroz slivove 4 izvorišta koja se koriste za vodosnabdijevanje: Bijela, Šanica, Salakovac i Bošnjaci. Kako će trasa prolaziti kroz njihova slivna područja, evidentno je da izgradnja i rad autoceste imaju potencijal da negativno utiču na kvalitetu podzemnih voda, protok i punjenje što može uzrokovati prekid vodoopskrbe. Osim toga, presijecanje vodonosnih pukotina ili šupljina otapanja tokom radova na izgradnji tunela moglo bi negativno utjecati na radove bušenja i opću stabilnost tunnelskih konstrukcija.

Utjecaj podzemnih voda na izgradnju autoceste

Rezultati dosadašnjih istraživanja hidrogeoloških odnosa na planini Prenj upućuju na to da ne bi trebalo doći do značajnijeg prodora podzemnih voda velikog volumena tokom iskopa tunela Prenj. Jalovina tunela Prenj je debela preko 1.000 m, a bušenje će se izvoditi ispod zone karstifikacije, što ukazuje na malu mogućnost susreta s visokoprotočnim podzemnim tokovima.

Općenito, podzemne vode iz trase tunela Prenj teku u dva smjera, prema Konjičkoj Bijeloj na sjeveru i izvorištu Salakovac na jugu. Najvjerojatnije, glavni rasjed predstavlja razdjelnicu između ova dva smjera i duž rasjeda se može naići na podzemne vode. Podzemne vode u tunnelima mogu se pojaviti u obliku vlaženja, kapljanja ili slabog propuštanja i to samo u razdobljima obilnih oborina ili naglog otapanja snijega na masivu Prenj. Slično se može očekivati i prilikom iskopa tunela Orlov kuk, koji se nalazi u zaleđu vrela Bošnjaci, a gdje se može naići na podzemne kraške kanale koji nose podzemne vode iz pravca Zijemlja prema Bošnjacima.

Ovdje treba napomenuti da se tunel Prenj i tunel Orlov kuk nalaze u području visoke do vrlo visoke ranjivosti podzemnih voda. U isto vrijeme područje Prenja procjenjuje se kao pod visokim rizikom onečišćenja jer se radovi izvode unutar zone vodonosnika.

Stoga se podzemne vode koje se infiltriraju u tunel ne smiju zaustavljati na mjestu prodora, već treba zahvatiti i cijevima ili kanalima odvoditi iz tunela. Ovo je privremena i lokalizovana pojava. Voda iz tunela može biti opterećena suspendovanim tvarima i drugim zagađivačima, stoga treba obratiti posebnu pažnju da se neprečišćena ne ispušta u riječna korita i da ne zagađuje površinske vode. Brtvljenje tunela može se izvršiti tek nakon što je tunel izgrađen i poduzete sve potrebne mjere da brtvljenje probija ne izazove opasne i štetne posljedice za radnike u tunelu i okoliš.

Ukoliko se ukaže mogućnost za dodatno zahvaćanje eventualno presječenih podzemnih tokova u tunelu Prenj treba razmotriti mogućnost zahvaćanja tih voda za potrebe izgradnje autoceste ili pak za vodosnabdijevanje i kasnije korištenje u fazi održavanja autoceste.

Utjecaj izgradnje autoceste na protok i prihranu podzemnih voda

Prilikom bušenja tunela Prenj i tunela Orlov kuk potrebno je poštovati mjere za smanjenje mogućeg utjecaja radova na protok i prihranjivanje podzemnih voda. U slučaju prekida toka podzeme vode (kraški kanali ili kaverne sa vodom), podzemnim vodama treba omogućiti da se kreću u istom smjeru prema izvorima što će istovremeno smanjiti pritisak na tunelsku cijev i spriječiti oštećenje tunelske obloge. To se osigurava izgradnjom bajpasa podzemnih voda oko tunelske obloge.

Utjecaj izgradnje autoceste na kvalitet podzemnih voda

Trasa autoceste prolazi kroz zone sanitarne zaštite dva važna i veoma osjetljiva izvorišta, Salakovac i Bošnjaci, kao i u neposrednoj blizini nezaštićenog izvorišta Konjička Bijela (Bijela i Gornja Bijela), gdje bi moglo doći do negativnih utjecaja na podzemne vode tokom faze izgradnje.

Potencijalno najizraženiji negativan utjecaj izgradnje autoceste je na kvalitet podzemnih voda zbog hidrogeoloških osobina terena. To su pretežno karbonatne stijene sa visokim koeficijentima filtracije, što rezultira brzim prodiranjem zagađenih materija sa radnih površina, a kasnije i iz kolovozne konstrukcije u osnovni teren i kontaktom sa podzemnim vodama, što je značajan resurs.

Utjecaj na kvalitet podzemnih voda tokom izgradnje autoceste moguć je u slučaju iskopa ili miniranja stijenske mase, erozije materijala iz usjeka i nasipa i u slučaju slučajnog izlivanja. Ovi utjecaji neće ostaviti trajne posljedice na kvalitet i količinu podzemnih voda. Mogu uzrokovati povećanu zamućenost vode ili slučajno zagađenje ako se pojave/ispuštaju u blizini izvora.

Izvorište Bošnjaci je također pod mogućim utjecajima izgradnje usjeka i nasipa, kao i tunela Orlov kuk koji će se odvijati u III vodozaštitnoj zoni ovog izvorišta. Potrebno je predvidjeti mogućnost privremenog isključenja izvora sa vodovodne mreže u slučaju akcidentnog zagađenja ili privremenog zamućenja dok se kvalitet ne vrati u zakonom propisane granice.

U skladu sa navedenim, potrebno je kontrolisati kvalitet podzemnih voda na svakoj lokaciji koja je potencijalno pod rizikom od zagađenja u skladu s *Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće*⁴⁹.

Mjere zaštite koje će biti propisane u *poglavljju 6.2.10 Podzemne vode* je potrebno uskladiti sa zabranjenim i dozvoljenim aktivnostima te dodatnim i standardnim mjerama zaštite za III zonu sanitarne zaštite kroz koju prolazi autocesta i koje su date u Elaboratima o zaštiti izvorišta Salakovac i Bošnjaci (Zavod za vodoprivredu Sarajevo, decembar 2022) i Odluci o zonama sanitarne zaštite i zaštitnim mjerama za izvorište Salakovac (Službeni glasnik Grada Mostar br 14/23). Mjere iz Elaborata i Odluke su usklađene sa *Pravilnikom o načinu utvrđivanja uslova za određivanje zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera za izvorišta vode za javno vodosnabdijevanje stanovništva (Sl. novine FBiH, br. 88/12)*. Radi se o sljedećim mjerama zaštite u III zaštitnoj zoni izvorišta:

Mjere zabrane - zabranjuju se:

- > Iskopi u vodonosnom sloju
- > Izgradnja i rad kamenoloma i drugih pozajmišta materijala
- > Minerski i drugi građevinski radovi koji nisu u funkciji vodosnabdijevanja, a koji mogu poremetiti kompoziciju vodonosnih slojeva
- > Odlaganje bilo kakvog čvrstog, građevinskog, komunalnog i drugog otpad
- > Nadzemni ili podzemni spremnici
- > Pretakališta

Dozvoljeno je uz standardne i dodatne mjere zaštite:

- > Izvođenje ili obavljanje bilo kakvih aktivnosti koje izazivaju ili pospješuju eroziju tla
- > Izgradnja autocesta i cesta rezerviranih za motorni saobraćaj
- > Izgradnja urbanih prometnica i pripadajućih objekata (parkirališta, mostova, tunela,...)
- > Cestovni transport kemikalija, tečnih goriva i drugih opasnih materija
- > Dozvoljeno je uz standardne mjere zaštite, a odnosi se na sljedeće:
- > Deponije industrijskog otpada bezopasnog za kvalitet vode na izvorištu

Svi objekti unutar treće zaštitne zone moraju na odgovarajući imati riješeno prikupljanje i odvodnju otpadnih voda izgradnjom kanalizacije koja će se odvesti u glavni kanalizacioni kolektor.

Utjecaj izgradnje autoceste na izvore koji se koriste za vodosnabdijevanje

⁴⁹ Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (Službeni glasnik BiH, br. 40/10, 43/10, 30/12, 62/17)

Izgradnja autoceste neće fizički utjecati na izvore koji se koriste za vodosnabdijevanje lokalnog stanovništva u sluslu ugrožavanja struktura koje čine izvorište.

Mogući izuzetak je lokalno izvorište u koritu Koničke Bijele (uzvodni dio Suhog Potoka), preko kojeg prelazi trasa autoceste, a koji koristi do 30 domaćinstava. Ovo izvorište će biti sačuvano izgradnjom potporne konstrukcije da se zaštiti izvorište, kako je predviđeno u Idejnom projektu. U slučaju nepredviđenih okolnosti, domaćinstva će biti opskrbljena alternativnim izvorom pitke vode, najvjerojatnije priključivanjem na rezervoar u Gornjoj Bijeloj, kojim upravlja Vodovod Konjic.

Izvorište Bošnjaci je takođe pod mogućim utjecajima izgradnje usjeka i nasipa, kao i tunela Orlov kuk koji će se odvijati u III vodozaštitnoj zoni ovog izvorišta. Potrebno je predvidjeti mogućnost privremenog isključenja izvora sa vodovodne mreže u slučaju akcidentnog zagađenja ili privremenog zamućenja dok se kvalitet ne vrati u zakonom propisane granice.

Utjecaj korištenja autoceste na kvalitet podzemnih voda

U toku korištenja autoceste mogući negativni utjecaji na kvalitet podzemnih voda su infiltracija atmosferske vode iz kolovozne konstrukcije i njeno direktno ispuštanje u okoliš.

Do blagog i povremenog zamućenja vode može doći na dionicama koje su projektovane na nasipima ili usjecima gdje se u periodima obilnih padavina, zbog velike količine oborinskih voda, materijal može isprati sa usjeka ili nasipa i transportovati prema vodama na nižim kotama. Do sada izrađenom projektnom dokumentacijom predviđeno je kontrolisano sakupljanje atmosferske vode sa kolovoza, te njeno prečišćavanje do potrebnog kvaliteta za ispuštanje u recipijent u skladu sa uvjetima iz Prethodne vodne saglasnosti. Na izvorištima kao što su Bijela, Salakovac i Bošnjaci mora se izbjegavati trenutno ispuštanje prečišćene vode, a vodu zahvatiti izvan zone utjecaja/ZSZ kako ne bi došlo do utjecaja na kvalitet izvorske vode sa ovih izvorišta.

Više detalja o uređajima za prečišćavanje, planiranim u ZSZ, dato je u Poglavlju 3 Detaljni opis Projekta i Poglavlju 8 Površinske vode.

Može se zaključiti da kompleksni radovi na izgradnji autoceste neće imati veći negativan utjecaj na podzemne vode na ovom području tokom perioda izgradnje i naknadnog korištenja autoceste. Ovdje je pristup bio ponavljajući kako bi se osiguralo da je nivo istraživanja proporcionalan rizicima, kao što zahtijevaju politike EBRD-a i EIB-a. Cijela trasa je procijenjena u pogledu potencijalnog utjecaja izgradnje i korištenja, uključujući osjetljivost vodonosnika na utjecaje, vjerovatnost pojave incidenta koji bi doveo do utjecaja itd. Glavnim utjecajima smatraju se potencijalna izlivanje goriva tokom izgradnje autoceste, gradnja koja uzrokuje privremenu visoku zamućenost izvorske ili površinske vode ili sjecište šupljine glavnog toka koje bi moglo rezultirati promjenama u količini ili kvaliteti izvorske vode koja opskrbljuje naselja. Prve dvije stavke se smatraju

niskorizičnim i jasno je da glavni rizik predstavlja promjena kvalitete izvorske vode. Na osnovu toga, područje oko planine Prenj, a posebno slivovi izvora koji snabdijevaju naselja vodom, istraženi su vrlo detaljno kako bi se procijenio ovaj značajan rizik.

Rezultati detaljne analize pokazuju da, iako se tokom izgradnje tunela Prenj može naići na podzemne vode, posebno na glavnom identifikovanom rasjedu, dotok vode se ne smatra značajnim osim možda u vrijeme značajnih padavina ili brzog topljenja snijega. Stoga se ukupni utjecaji povezani s podzemnim vodama smatraju srednjim i njima se može upravljati kroz standardne prakse uključujući plan za sprječavanje onečišćenja, plan odgovora na izlijevanje te prikupljanje i pročišćavanje površinskog otjecanja u skladu sa izdanim vodnim aktima.

Potrebno je napomenuti da postoji određena nesigurnost u vezi s procjenom utjecaja izgradnje autoceste na podzemne vode, kao i utjecaja podzemnih voda na samu autocestu (jer bavljenje podzemnim uslovima nije egzaktna znanost). Detaljnije informacije bit će dostupne kada počnu građevinske aktivnosti i to može dovesti do novih saznanja (uključujući direktno posmatranje tokom prokopavanja tunela). Unatoč tome, slijedeći predložene mjere ublažavanja i prevencije (sadržane u Planu za upravljanje okolišem i društvom) tokom izgradnje, moguće je minimizirati potencijalne negativne utjecaje na ove osjetljive izvore.

Tabela 7-6 daje sažetak potencijalnih utjecaja i procjenu njihovog značaja na osnovu procjene relevantnih činjenica.

Tabela 7-6: Sažeti prikaz potencijalnih utjecaja na podzemne vode i ocjena njihovog značaja prije ublažavanja

Faza	Vrsta potencijalnog utjecaja	Štetno / Korisno	Značaj	Osjetljivost	Procjena utjecaja	Značaj (prije ublažavanja)
Podzemne vode						
Prije izgradnje	Ograničene informacije o kvaliteti i količini podzemnih voda u zoni izgradnje autoceste	Štetno	Umjeren	Srednja	Umjeren	Značajan
Faza izgradnje	Prodor podzemne vode u tunelske cijevi tokom iskopa može utjecati na stabilnost konstrukcije i izazvati sigurnosni rizik	Štetno	Umjeren	Srednja	Umjeren	Značajan
Faza izgradnje	Utjecaj na smjer toka podzemne vode i prihranu presijecanjem podzemnih šupljina/tokova probijanjem tunela	Štetno	Umjeren	Srednja	Umjeren	Značajan
Faza izgradnje	Utjecaj na kvalitetu podzemne vode zbog: > direktnog ispuštanja prikupljene drenažne vode iz tunela bez prethodne obrade	Štetno	Umjeren	Srednja	Umjeren	Značajan

Faza	Vrsta potencijalnog utjecaja	Štetno/ Korisno	Značaj	Osjetljivost	Procjena utjecaja	Značaj (prije ublažavanja)
	> zamućenost uzrokovana erozijom i iskopavanjem ili miniranjem stijenske mase > akcidentno izlivanje u blizini izvora					
Faza korištenja	> Utjecaj na kvalitetu podzemne vode koji proizlazi iz ispuštanja pročišćenog otjecanja s površine autoceste u blizini izvorišta i njihovih vodozaštitnih zona	Štetno	Umjeren	Srednja	Umjeren	Značajan

7.4 Mjere ublažavanja i poboljšanja⁵⁰

7.4.1 Faza prije izgradnje

- > Provesti detaljan popis kako bi se identifikovali svi bunari za javno vodosnabdijevanje, bunari za individualno vodosnabdijevanje (za piće ili druge namjene), novoizgrađeni bunari za snabdijevanje građevinskih lokacija pitkom ili tehničkom vodom i pijezometri postavljeni na navedenim lokacijama vezano za izgradnju autoceste. Kod izrade detaljnog popisa bunara koristiti podatke iz Katastra podzemnih voda FBiH⁵¹.
Napomena: Moguće lokacije pijezometara su (i) u zoni ulaznog portala tunela Prenj, u dolini Konjičke Bijele, na lokaciji Rakov laz (700-750 m n.v.), (ii) u zoni izlaznog portala Tunela Prenj - Podgorani (400 m n.v.), i (iii) na osi autoceste u zaleđu izvorišta "Bošnjaci" u Potocima. Predviđena dubina pijezometra na portalima tunela Prenj iznosi oko 100 m, a u zaleđu izvorišta "Bošnjaci" oko 60 m.
- > Pripremiti **Plan monitoringa podzemnih voda** (PMPV) za pokrivanje osnovnog monitoringa i monitoringa u fazi izgradnje. PMPV uključuje:
 - > popis bunara s podacima o nazivu, lokaciji, vrsti i drugim dostupnim podacima o svakom bunaru
 - > protokol praćenja uključujući informacije o učestalosti i metodi uzorkovanja, parametrima uzorkovanja, metodama analize i izvještavanja
 - > plan odgovora u slučaju kontaminacije
 - > upravljanje rizicima i plan sanacije.
 PMPV se izrađuje u skladu s pravilima iz *Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće*⁵². Program praćenja tokom građenja uključuje razdoblje izgradnje i jamstveni rok. Praćenje će uključivati kvalitetu i nivo podzemne vode u bunarima/piezometrima.
- > Sprovesti osnovni monitoring kvaliteta vode i nivoa u bunarima/piezometrima na svim identifikovanim bunarima prema PMPV.
Napomena: Učestalost uzorkovanja tokom izgradnje zavisit će od dinamike napredovanja radova.

7.4.2 Faza izgradnje

a) Utjecaj podzemnih voda na izgradnju autoceste

⁵⁰ Mjere zaštite u III zaštitnoj zoni izvorišta Bošnjaci i Salakovac su formulisane na bazi mjera propisanih u Elaboratima o zaštiti izvorišta Salakovac i Bošnjaci te Odluke o zonama sanitarne zaštite i zaštitnim mjerama za izvorište Salakovac koji su usklađeni sa Pravilnikom o načinu utvrđivanja uslova za određivanje zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera za izvorišta vode za javno vodosnabdijevanje stanovništva (Sl. novine FBiH, br. 88/12), kao i uslova iz Prethodne vodne saglasnosti za dionicu Konjic- Mostar Sjever izdatu od strane Agencije za vodno područje Jadranskog mora (UP/40-1/21-2-129/21 od 15.03.2022).

⁵¹ Katastar podzemnih voda FBiH je dostupan u Agenciji za vodno područje Jadranskog mora, Mostar

⁵² Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (Službeni glasnik BiH, br. 40/10, 43/10, 30/12, 62/17)

- > Uspostaviti sistematsko praćenje nivoa vode tokom cijelog vijeka trajanja tunela (kako je opisano u Poglavlju 7.4.1)
- > Ne ispuštati podzemnu vodu koja prodire kroz cijev tunela u kaverne ili kraške kanale jer to može dovesti do zagađenja podzemnih voda.
- > Zahvatiti podzemnu vodu koja prodire u tunelsku cijev i odvoditi je iz tunela cijevima ili kanalima. Horizontalni prolazi i prolazi sa manjim nagibima odvodnjavaju se jarcima ili kanalima, po potrebi i pomoću pumpi. Jarci ili kanali moraju biti dovoljno duboki i postavljeni na način da ne ugrožavaju sigurnost radnika. Prolazi sa većim uzdužnim nagibima se dreniraju cijevima. Jarkovi, kanali sa pumpama i drenažne cijevi moraju se redovno čistiti i održavati u dobrom stanju. Odvodnjavanje tunela se izvodi na način da ne podrija oslonce zaštitnih konstrukcija, ne erodira zidove tunela ili obloge tunela, ne ispire stijenski materijal u iskopu i ne oštećuje uređaje i pomoćnu saobraćajnu signalizaciju. Radno mjesto, kretanje radnika i saobraćajne površine moraju ostati suhi i ne pod vodom.
- > Tretirati zahvaćenu podzemnu vodu prije ispuštanja u okoliš (obično samo taloženje; to će se odlučiti na osnovu rezultata ispitivanja vode) kako je propisano *Uredbom o uslovima za ispuštanje otpadnih voda u okoliš i sisteme javne kanalizacije*⁵³.
- > Voda iz tunela može biti opterećena suspendovanim materijama i drugim zagađujućim materijama, tako da treba obratiti posebnu pažnju da se ne ispušta neprečišćena u blizini izvorišta Konjička Bijela ili u vodozaštitnim zonama izvorišta Salakovac i Bošnjaci.
- > Tunnel se može zapečatiti tek nakon što je tunnel izgrađen i poduzete sve sigurnosne mjere kako zaptivanje prodora ne bi izazvalo opasne ili štetne posljedice za radnike u tunelu i okoliš.

b) Utjecaj izgradnje autoceste na smjer kretanja i prihranjivanje podzemnih voda

- > U slučaju prekida podzemnih tokova (kraških kanala ili kaverne sa vodom) prilikom iskopavanja tunela, izgraditi obilaznicu (put migracije) do njegovog produžetka kako bi se podzemna voda nastavila kretati i istovremeno smanjiti pritisak na tunelsku cijev i spriječiti oštećenje obloga tunela.
- > Ako tunelska cijev siječe kavernu većih dimenzija, izgraditi noseću konstrukciju (most u tunelu) za premoštavanje kaverne.
- > Kada se pojave velike kaverne, izbjegavati njihovo ispunjavanje bilo kakvim materijalom jer će to smanjiti propusnost. Kaverne i pećine se ne smiju nasipati bez prethodnog pregleda i odobrenja stručne osobe (hidrogeologa, karstologa ili speleologa).

c) Utjecaj izgradnje autoceste na kvalitet podzemnih voda

- > Osigurati kontinuirano prisustvo hidrogeoloških inženjera na gradilištu, po mogućnosti sa iskustvom u sličnim projektima, kako bi se izvođenje radova i praćenje podzemnih voda preuzeli pod strogu kontrolu i predvidjeli i spriječili negativni utjecaji izgradnje autoceste (iskop ili miniranje stijenske mase, erozija materijala iz usjeka i nasipa, slučajna izlivanja) na kvalitet

⁵³ Službene novine FBiH, br. 26/20 i 96/20

podzemnih voda. Ovo se posebno odnosi na gradnju tunela Prenj, Klenova Draga, Gradina i Orlov Kuk, koji su locirani u slivnom području izvorišta Konjička Bijela, Salakovac i Bošnjaci.

- > Predvidjeti poseban način miniranja kako se ne bi poremetio režim tečenja voda na potezima gdje trasa prolazi područjima vodocrpilišta ili u blizini vodnih objekata a prema uslovima iz Prethodne vodene saglasnosti. Predlažu se sljedeće mjere:
 - U skladu sa stvarnim stanjem na terenu gdje će se izvoditi radovi i raspoloživim podacima o radnoj sredini, potrebno je izraditi detaljan Plan miniranja (Izvođač bušačko-minerskih radova),
 - Radove bušenja minskih bušotina i miniranja, predvidjeti na takav način da se prečnik, dubina i geometrijski raspored minskih bušotina obavi na način selektivnog (postepenog iskopa) u najmanjem mogućem obimu do projektom predviđene dubine iskopa (češća bušenja miniranja u određenom roku),
 - Punjenje minskih bušotina obavezno izvoditi sistemom milisekundnih neelektričnih detonatora i konektora za površinsko miniranje (DUAL MS), kako bi svako minsko punjenje - bušotina imala zasebno detonacijsko dejstvo u sistemu aktiviranja minskog polja i minimalnim mogućim količinama eksploziva po minskoj bušotini, čime se seizmičko (potresno) dejstvo svodi na minimalnu mjeru. S tim u vezi, a naspram planiranih dubina minskih bušotina, može se pristupiti i diskontinuiranom punjenju (više detonatora u jednoj minskoj bušotini sa ostavljanjem međučepova od nabušenog materijala).
 - Od strane ovlaštenog društva obavezno primijeniti kod svakog miniranja mjerenje seizmičkog utjecaja, certificiranim instrumentima, sa izradom izvještaja nakon mjerenja.
- > Postaviti vodootporne folije prije formiranja nasipa kako bi se spriječilo dalje prodiranje bilo kakvog izlivanja štetnih materija u tlo kako u fazi izgradnje tako i kasnije tokom korištenja autoceste.
- > Ne odvodnjavati tunelske procjedne vode (voda koja se koristi za bušenje rudarskih rupa) u otvorene kanale ili kaverne kako bi se spriječilo narušavanje kvaliteta podzemnih voda.
- > Umjesto toga, procjedne vode iz tunela evakuisati izvan tunela pomoću sistema cjevovoda i ispustiti u recipijent nakon tretmana u taložnim bazenima.
- > Primijeniti iste mjere navedene pod tačkom a).
- > Pratiti kvalitetu podzemnih voda (vidi mjere za fazu prije izgradnje) u skladu s *Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće*⁵⁴.
- > Sačuvati i zaštititi lokalno izvorište kaptiranog za potrebe do 30 domaćinstava u Gornjoj Bijeloj izgradnjom potporne konstrukcije kako je predviđeno Idejnim projektom. U slučaju nepredviđenih okolnosti, osigurati alternativni izvor pitke vode domaćinstvima koja koriste ovo izvorište spajanjem na akumulaciju Gornja Bijela.

⁵⁴ Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (Službeni glasnik BiH 40/10, 43/10, 30/12, 62/17)

- > Uraditi regulaciju prirodnog korita rijeke Bijele u dužini od oko 600 m čime će se dodatno osigurati da kaptaža Crno Vrelo ne bude ugrožena.
- > Na području lokalnog izvorišta kaptiranog za potrebe do 30 domaćinstava u Gornjoj Bijeloj osigurati alternativni izvor pitke vode domaćinstvima koja koriste ovo izvorište spajanjem na akumulaciju Gornja Bijela.
- > Za zaštitu izvorišta Konjička Bijela i Salakovac, potpuno asfaltirati pristupne puteve i opremiti sistemima za prikupljanje atmosferskih voda (oluci, slivnici, šahtovi). Sakupljene otpadne vode tretirati u separatorima ulja i masti do kvaliteta definisanog zakonom. Tretirane otpadne vode ispuštati izvan zone utjecaja nizvodno od izvora Konjička Bijela i izvan III vodozaštitne zone izvorišta Salakovac.
- > Sprovesti mjere prikupljanja i prečišćavanja tunelskog oticanja i kaptiranih podzemnih voda iz tunela Orlov Kuk (kao što je opisano pod tačkom a)) i ispuštati prečišćene vode van III vodozaštitne zone ovog izvorišta.
- > Osigurati redovne kontakte sa vodovodima i dogovoriti opciju privremenog isključenja izvorišta sa vodovodne mreže u slučaju akcidentnog zagađenja ili privremenog zamućenja dok se kvalitet ne vrati u zakonom propisane granice.
- > Kako bi se spriječilo slučajno ispuštanje ulja i masti tokom izgradnje vijadukata, postaviti spremnike za prikupljanje ulja ispod mašina. Kako bi se spriječilo ispiranje materijala tokom izgradnje temelja stupa vijadukta postaviti protuerozivne barijere. U slučaju da se podzemna voda crpi iz temeljnih jama, osigurati da se te vode pročišćavaju u separatorima ulja i vode prije ispuštanja u okoliš.
- > Prikupljene otpadne vode iz betonara pročišćavati do zakonom propisanog kvaliteta. Pročišćene otpadne vode ispustiti izvan zone utjecaja izvorišta Crno Vrelo, Bijela i Gornja Bijela, te izvan III vodozaštitne zone izvorišta Salakovac i Bošnjaci.
- > Primijeniti sve mjere ublažavanja za površinske vode definisane u Poglavlju 8.4.

7.4.3 Faza korištenja

Utjecaj korištenja autoceste na smjer kretanja i prihranjivanje podzemnih voda

- > Sprovesti mjere za sprječavanje prekida protoka podzemne vode tokom izgradnje tunela kao što je opisano pod b)

Utjecaj korištenja autoceste na kvalitet podzemnih voda

- > Projektovati i izgraditi zatvoreni sistem za kontrolisano sakupljanje atmosferske vode sa površine autoceste, naplatnih stanica i odmarališta, i njen tretman u separatorima masti i ulja i/ili biološkim pročišćivačima (sanitarnih otpadnih voda) do potrebnog kvaliteta pre ispuštanja u recipijent.
- > U zoni kaptiranih izvorišta, koristiti separatore masti i lakih tečnosti sa 100% prečišćavanjem te predvidjeti zatvorenu cisternu 50-100 m³ za slučaj incidenta i izlivanja štetnih materija na autocesti.
- > Ne ispuštati prečišćenu vodu u područje izvorišta. Vodu treba ispustiti izvan zone utjecaja kako ne bi došlo do utjecaja na kvalitet vode iz ovih izvorišta.

Voda će se ispuštati izvan zone utjecaja izvorišta Bijela i Gornja Bijela⁵⁵ i izvan III zone sanitarne zaštite izvorišta Salakovac i Bošnjaci. U slučaju da se prije izgradnje otkriju novi bunari, tretirana voda se ne smije ispuštati u njihovoj blizini.

- > Vršiti redovno ispitivanje kvaliteta prečišćene atmosferske vode (prije njenog ispuštanja) u skladu sa vodnom dozvolom dobivenom za Projekat.
- > Prema uslovima iz Prethodne vodne saglasnosti, u zonama visokog rizika⁵⁶ predvidjeti postavljanje ploča s upozorenjem na prolaz kroz zonu visokog rizika na vode, te ploče s ograničenjem brzine kretanja vozila i ploče sa zabranom zaustavljanja za vozila koja prevoze opasne i za vodu štetne tvari.

⁵⁵ S obzirom da izvorište Bijela nije zvanično zaštićeno, vodozaštitne zone nisu određene, pa je teško preciznije definisati „zonu utjecaja” i lokaciju ispuštanja.

⁵⁶ Prema definiciji u Prethodnoj vodnoj saglasnosti, prostor koji se nalazi unutar 3. zone zaštite izvorišta spada u zonu visokog rizika gdje je potrebno provođenje standardnih i dodatnih mjera zaštite, dok je prostor u 4. zoni zaštite izvorišta u zoni umjerenog rizika gdje je potrebna provedba standardnih mjera zaštite.