
ANALIZA TVEGANJA

za onesnaženje podzemne vode vodnih virov Dravskega polja zaradi ureditve ločenega sistema odvajanja odpadnih voda v Zgornjih Hočah in Polani

– po reviziji z dne 18. 07. 2025 –

**NAROČNIK in
INVESTITOR:**

Občina Hoče – Slivnica
Pohorska cesta 15
2311 Hoče

IZVAJALEC:

G-WHISPER d.o.o.
Plečnikova ulica 1
2000 Maribor

OBDELAL/A:

Boštjan Feguš, univ. dipl. inž. geol.

Vanja Bajde, univ. dipl. inž. geol.

OBJEKT:

kanalizacija

KRAJ:

Sp. Hoče, Zg. Hoče, Polana, Zaforšt, Pivola, Hočko Pohorje

ŠT. PROJEKTA:

2522-E1

Datum:

14.07.2025

Direktor:

Boštjan Feguš, univ.dipl.inž.geol.

G-WHISPER d.o.o.
Center inovacij okoljske geologije

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	ZAKONSKE OSNOVE	1
3	OPIS PROJEKTA	2
3.1	Lokacija	2
3.2	Značilnosti posega in obstoječe stanje	2
3.3	Odnos med objektom in vodovarstvenimi območji	5
4	NARAVNE RAZMERE	6
4.1	Geološke razmere	6
4.2	Hidrogeološke razmere	7
4.3	Vpliv gramoznic na tok podzemne vode	11
5	OPREDELITEV ONESNAŽEVAL	12
5.1	Vrste onesnaževal v času gradnje	12
5.2	Vrste onesnaževal v času obratovanja	12
5.3	Mobilnost onesnaževal	14
5.4	Toksičnost onesnaževal	15
5.5	Količina onesnaževal	17
6	VODNI VIRI	17
6.1	Opis vodnih virov	17
6.1.1	Črpališče Dobrovce	17
6.1.2	Predvideno črpališče Dravski Dvor	18
6.2	Ocena obstoječega stanja vodnih virov	18
6.2.1	Predvideno črpališče Dravski Dvor	19
7	OPREDELITEV MOŽNIH SCENARIJEV RAZVOJA DOGODKOV	20
7.1	Scenariji v času gradnje	20
7.2	Scenariji v času obratovanja	20
8	ŠIRJENJE ONESNAŽENJA	21
8.1	Transportne poti onesnaženja	21
8.2	Advekcijski tok podzemne vode	22
9	IZRAČUN RELATIVNE OBČUTLJIVOSTI	23
10	VARNOSTNI IN ZAŠČITNI UKREPI	24
10.1	Splošni zaščitni ukrepi v času gradnje	24
10.2	Ukrepi v primeru razlitja nevarnih snovi tekom gradnje	25
11	MONITORING PODZEMNIH VODA	25
12	SKLEP	25
13	VIRI IN LITERATURA	26

KAZALO SLIK

Slika 1:	Lokacija predvidenega kanalizacijskega omrežja	2
Slika 2:	Trase kanalizacije; rdeča linija – predvidena fekalna kanalizacija, rumena linija – obstoječa fekalna kanalizacija, zelena linija – predviden tlačni vod, vijolična linija – obstoječi tlačni vod, modra linija – predvidena meteorna kanalizacija	3
Slika 3:	Lega in razdalja obravnavanega območja od vodnjakov črpališča Dobrovce	5
Slika 4:	Izsek iz geološke karte širšega območja posega (Žnidarčič & Mioč, 1988)	6
Slika 5:	Razdelitev občine Hoče – Slivnica v 4 HG cone	7
Slika 6:	Ocenjena piezometrična gladina podzemne vode na širšem obravnavanem območju	8
Slika 7:	Piezometrična gladina podzemne vode na območju regionalnega vodonosnika Dravskega polja ter njegovem prehodnem pasu močno zameljenih prodov (zahodno od rdeče črtkane črte). Rdeči poligoni prikazujejo napajalna zaledja vodnih virov Bohova, Dobrovce in Dravski Dvor (V Dobrovcih je že upoštevan načrtovani vodnjak DV-7. V Dravskem Dvoru gladine ne prikazujejo črpanja, ga pa upošteva izrisano vplivno območje).	10
Slika 8:	Darcyjeva hitrost in smeri toka podzemne vode na območju hoških gramoznic	11
Slika 9:	Transportne poti morebitnega onesnaženja: roza linija se zaključi v kanalu HE Zlatoličje, vijolična linija v Slivniških ribnikih, črna v Hotinjskem ponikovalniku, vijolični pas v Hoški gramoznici; oranžna linija – vplivno območje črpališč, v Dobrovcih je že upoštevan načrtovani vodnjak DV-7; v Dravskem Dvoru gladine ne prikazujejo črpanja, ga pa upošteva izrisano vplivno območje	21
Slika 10:	Z vidika relativne občutljivosti še dopustna bližina posega od VV Dobrovce in Dravski Dvor glede na količino vnosa dizelskega goriva v podzemno vodo	23

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Značilna sestava neobdelane komunalne odpadne vode iz gospodinjstev	13
Preglednica 2:	Količina potencialnih onesnaževal	17
Preglednica 3:	Letno načrpane količine v črpališču Dobrovce (vir podatkov: Letna poročila MB vodovoda)	18
Preglednica 4:	Povprečne vsebnosti izbranih parametrov v črpališču Dobrovce ter na merilnem mestu ARSO Rogoza (Rog-1/10) z mejno vrednostjo ali standardom kakovosti(MV/SK) za pitno vodo	19

1 UVOD

Po naročilu Občine Hoče-Slivnica z dne 09. 06. 2025, št. naročilnice 25-00264, smo izdelali analizo tveganja za onesnaženje podzemne vode vodnih virov Dravskega polja zaradi ureditve ločenega sistema odvajanja odpadnih voda v Zgornjih Hočah in Polani.

Občina namerava za ureditev odvajanja komunalnih odpadnih voda v manjšem delu naselja Spodnje Hoče in Pivola ter v večjem delu naselja Zgornje Hoče z zaselkom Zafošt, v delu naselja Polana in delu naselja Hočko Pohorje, izvesti ločeno komunalno kanalizacijsko omrežje. Predvidena je izgradnja komunalnega kanalizacijskega omrežja v aglomeraciji Hoče in Radizel s sedemindvajsetimi gravitacijskimi kanali ter štirimi tlačnimi vodi. Nova kanalizacija na območju Polane (aglomeracija Radizel) se pri objektu z naslovom Polanska cesta 151 priključi na obstoječo, iz ostalih naselij/zaselkov (aglomeracija Hoče) se novi fekalni kanali priključijo na že izveden primarni kolektor Rečnik – Glaserjev trg, ki je preko razbremenilnika speljan na centralno čistilno napravo Maribor.

2 ZAKONSKE OSNOVE

Pri izdelavi analize tveganja smo upoštevali naslednjo zakonodajo:

Gradbeni zakon GZ-1 (Uradni list RS, št. 199/21, 105/22 – ZZNŠPP, 133/23 in 85/24 – ZAID-A)

Zakon o vodah ZV-1 (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrl-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15, 65/20, 35/23 – odl. US, 78/23 – ZUNPEOVE in 52/24 – odl. US)

Zakon o varstvu okolja ZVO-2 (Uradni list RS, št. 44/22, 18/23 – ZDU-10, 78/23 – ZUNPEOVE, 23/24 in 21/25 – ZOPVOOV)

Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrane in Dravskega polja (Uradni list RS, št. 24/07, 32/11, 22/13, 79/15 in 182/20)

Uredba o stanju podzemnih voda (Uradni list RS, št. 25/09, 68/12 in 66/16 in 44/22 – ZVO-2)

Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Uradni list RS, št. 98/15, 76/17, 81/19, 194/21, 44/22 – ZVO-2 in 21/25 – ZOPVOOV)

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS, št. 64/12, 64/14, 98/15, 44/22 – ZVO-2, 75/22 in 157/22)

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest (Uradni list RS, št. 47/05 in 44/22 – ZVO-2)

Uredba o odpadkih (Uradni list RS, št. 77/22, 113/23 in 13/25)

Uredba o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih (Uradni list RS, št. 34/08 in 44/22 – ZVO-2)

Uredba o pitni vodi (Uradni list RS, št. 61/23)

Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16)

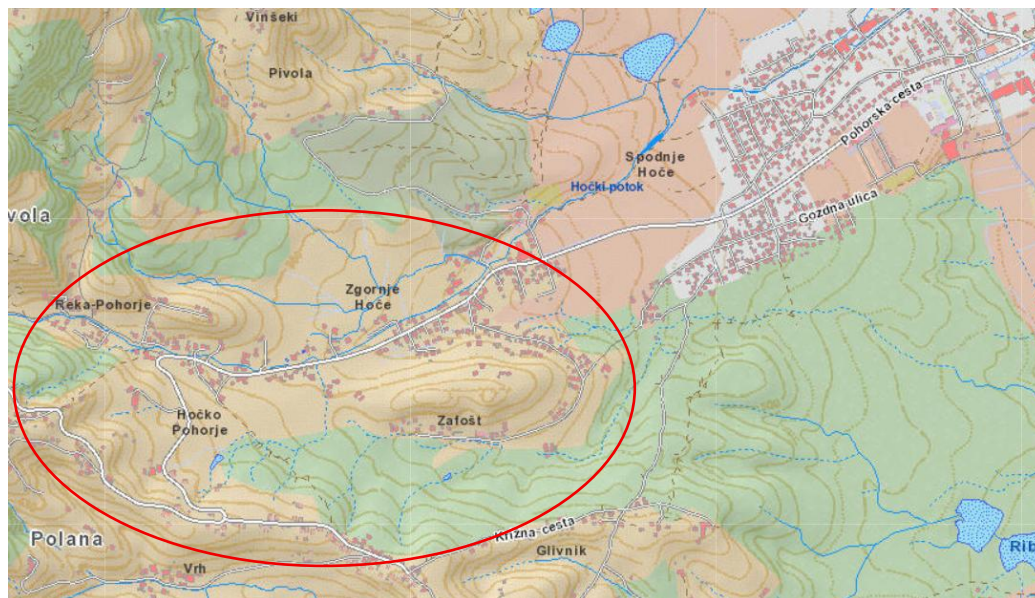
Pravilnik o vsebini vlog za pridobitev projektnih pogojev in pogojev za druge posege v prostor ter o vsebini vloge za izdajo vodnega soglasja (Uradni list RS, št. 25/09)

Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda (Uradni list RS, št. 94/14, 98/15 in 44/22 – ZVO-2)

3 OPIS PROJEKTA

3.1 Lokacija

Izgradnja novega kanalizacijskega omrežja bo potekala v manjšem delu naselja Spodnje Hoče in Pivola ter v večjem delu naselja Zgornje Hoče z zaselkom Zafost, v delu naselja Polana in delu naselja Hočko Pohorje (slika 1). Gre za pretežno uravnan, deloma pa hriboviti teren vzhodnega vznožja Pohorja.



Slika 1: Lokacija predvidenega kanalizacijskega omrežja

3.2 Značilnosti posega in obstoječe stanje

Na obravnavanem območju navedenih naselij in bližnjih zaselkov ni celovito rešenega odvodnja komunalnih odpadnih vod. Te se skupaj z meteornimi vodami odvajajo iz obstoječih objektov preko greznic v podtalje ali po obstoječih krajših kanalih v odprte odvodnike in vodotoke. Na območju obravnave je delno izvedena obstoječa mešana kanalizacija, na katero se priključuje predvideno kanalizacijsko omrežje.

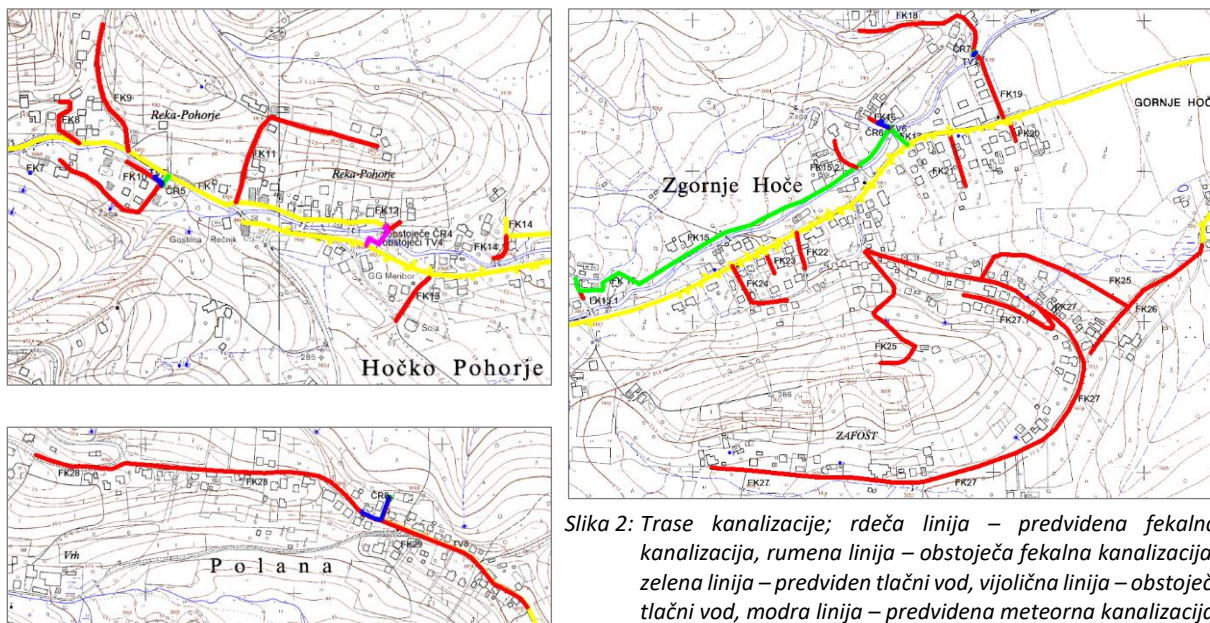
Kanalizacija se v aglomeracijah Hoče in Radizel uredi kot ločen kanalizacijski sistem za odvajanje komunalnih odpadnih vod, s priključkom na nov že izveden primarni kolektor Rečnik – Glaserjev trg, ki je preko razbremenilnika speljan na centralno čistilno napravo Maribor. Meteorna kanalizacija ni del projektne dokumentacije.

Morebitne dislocirane manjše onesnaževalce, katerih zaradi oddaljenosti od strnjene naselja in s tem investicijske neupravičenosti ni mogoče priključiti na predvideni kanalizacijski sistem, je mogoče reševati z individualnimi čistilnimi napravami ali črpališči s prečrpavanjem odpadne vode na kanalizacijsko omrežje. V slučaju, ko gre za najmanjše enote se predvidi reševanje s greznicami (septičnimi jamami), ki morajo biti v vsakem primeru vodotesne ter izvedene po SIST EN 12566-1:2017. Sicer pa se dopuščata dve možni rešitvi z aplikacijo greznic, tako izdelavo objektov brez pretoka, grajenih z namenom zadrževanja odplak in rednih odvozov na komunalno čistilno napravo, ki ima urejen sprejem grezničnih odplak ali pa izdelavo objektov, potrebnih kapacitet koncipiranih tako, da je, poleg mehanske, zagotovljena tudi biološka stopnja čiščenja. Odpadne vode se po prehodu biološke stopnje iztekajo v podzemni drenažni sistem. Lahko se predvidijo tudi individualne čistilne naprave ali druge rešitve skladne s standardi iz skupine SIST EN 12566 ali drugimi ustreznimi tehnološkimi rešitvami.

Območje urejanja navedenih delov naselij obsega izgradnjo komunalnega kanalizacijskega omrežja s štirimi (4) črpališči in naslednjimi kanali: FK7 do FK14, FK14.1, FK15, FK15.1, FK15.2, FK16 do FK27, FK27.1, FK28, FK29 in tlačnih vodov TV5, TV6, TV7 in TV8.

Kanalizacijska mreža za odvod odpadnih voda mora biti vodotesna. Kjer je na voljo dovolj naravnega padca, so kanalski vodi projektirani tako, da je mogoč gravitacijski odtok, pri čemer pa je potrebno upoštevati kriterij, da pretočne hitrosti ne presegajo kritične hitrosti, kakor tudi kriterij minimalnih hitrosti, da se prepreči odlaganje sedimentov (DWA-A 118E). Kjer te možnosti ni, se predvidi črpališče iz ABC oz. BC tipskih elementov s tlačnim vodom PE-HD. Revizijski kanalizacijski jaški bodo izdelani iz tipskih ABC oz. BC cevi Ø 100 cm, pokriti z LTŽ kanalizacijskimi pokrovi jaškov s tritočkovnim odpiranjem.

Trase predvidenih fekalnih kanalov potekajo praviloma v ali ob lokalnih cestah in parcelah. Skupna dolžina predvidenih komunalnih kanalov je 6.311,5 m.



Slika 2: Trase kanalizacije; rdeča linija – predvidena fekalna kanalizacija, rumena linija – obstoječa fekalna kanalizacija, zelena linija – predviden tlačni vod, vijolična linija – obstoječi tlačni vod, modra linija – predvidena meteorna kanalizacija

FEKALNI KANALI

Za izgradnjo gravitacijskih kanalov za komunalne odpadne vode je predvidena vgradnja PVC cevi, izdelane v skladu s standardom SIST EN 13476-1:2018, DN po ISO 161-1:2018. Cevi so ustreznih nazivnih premerov in nazivnega togostnega razreda SN8. Posamezna cev je dolžine 6m oz. 12m, spajajo se s spojkami in tesnili, ki so narejene po standardu SIST EN 681-1:2000. Utori zunanje površine cevi služijo kot utor za tesnilo. Hišni priključki za komunalne odpadne vode so prav tako predvideni iz PVC cevi nazivnega togostnega razreda SN8.

Strojni izkop se bo izvajal na celotni trasi kanalov z izjemo križanja z drugimi komunalnimi vodi in v bližini objektov, kjer se izvaja ročno. Izkop gradbene jame je predviden pod kotom od 70° do 90°, kar je odvisno od globine izkopa. Izkope nad 2 metra je potrebno zavarovati z razpiranjem z lesenimi opaži ali z zagatnimi stenami. Predvideno opaženje vzdolž ceste se predvidi tako, da se zagotovi stabilnost voziščne konstrukcije, kakor tudi izkop in zasip. Predvidena širina izkopa je 1,0 m na skupnem poteku vseh gravitacijskih kanalov in tlačnih vodov. Izkopani material se v celoti odvaža na začasno gradbeno deponijo.

Obvezna je prisotnost geomehanika zaradi možnosti slabih nosilnih tal. Odstraniti je potrebno vsa mehka mesta v podlagi pod dnom jarka in jih nadomestiti z ustreznim materialom za posteljico.

Dno jarka mora biti ravno. Izkopano dno se splanira in nanj nasuje temeljna plast iz kamnitega zasipnega materiala (Ø 0-8 mm) debeline vsaj 12 cm. Da bi dosegli zahtevani nosilni kot, najmanj 90° do 120°, je potrebno podlago utrditi (npr. z ročnim ali manjšim pnevmatskim nabijačem). Cev mora po vsej dolžini ležati na podlagi, razen na mestih poglobitev za spojke, kjer je potrebno posteljico poglobiti

v dolžini trikratne širine spoja. Ko je cev vkopana, je treba poglobitve ponovno zapolniti z materialom podobne ali višje stopnje zbitosti.

Po končanem pred preizkusu se cevovod zasuje s kamnitim zasipnim materialom ($\emptyset$ 0-16 mm), do 30 cm nad temenom cevi. Obsip cevi se izvaja v plasteh po 10 cm, na obeh straneh cevi hkrati, da se prepreči njeno premikanje. Zasip je treba komprimirati z lažjimi komprimacijskimi sredstvi, istočasno na obeh straneh cevovoda. Še posebej je potrebno biti pozoren pri utrjevanju bokov cevi, ker nezadostno utrjeni boki lahko povzročijo deformacije cevi. Nasutje v območju cevi je potrebno komprimirati do najmanj 95 % po standardnem Proctorjevem postopku.

Zasip nad območjem temenskega zasipa se izvede z izkopanim materialom, v kolikor je primeren za zasip. V kolikor material za zasip ni ustrezen se zasip izvede s peščenim agregatom. Zasip se izvaja v slojih debeline 20 cm, sloje je treba komprimirati do najmanj 95 % po standardnem Proctorjevem postopku.

Pri padcih cevovoda, manjših od 5 ‰ se cev polaga na betonsko posteljico, pri križanju kanalizacije z drugimi komunalnimi vodi pa se jih obbetonira, oboje z betonom C 16/20.

Vgrajevanje in spajanje cevi se izvaja po navodilih proizvajalca. Po končanih delih se izvede preizkus vodotesnosti in pregled kanalizacije s kamero.

ČRPALIŠČA

Na območju urejanja bodo zgrajena tudi štiri črpališča zaradi specifičnosti terena, saj bi v nasprotnem primeru kanalizacijski sistem potekal na prevelikih globinah. Posamezno črpališče je namenjeno premagovanju vertikalnih skokov vzdolž nivelete, v vsako bosta vgrajeni po dve potopni črpalki.

Črpališče je sestavljeno iz vodotesnega ABC jaška notranjega premera $d=1,50$ m in skupne višine, ki je odvisna od globine dotoka na črpališče in zadrževalnega volumna črpališča. Pokrov jaška je iz INOX 1000 x 1000 s hidravliko za odpiranje ter z zaklepom. Predvidene odprtine v steni črpališča za dotok v črpališče (DN 200) in iztok tlačnih vodov (DN 80/110) se izvedejo v vodotesni izvedbi.

Črpalke se krmilijo iz elektrokomandne omarice z vgrajenimi elementi za zagon, izmenično obratovanje, zaščito elektromotorjev in nivojske regulacije. Krmilne omarice so tipske za vsa črpališča in opremljene z opremo za daljinski prenos podatkov. Plovna stikala so predvidena takšne izvedbe, da jih je mogoče izvesti brez vstopa v črpališče. Predvidena je nastavitev vklopne višine, izklopne višine, nastavitev nivoja varnostnega izklopa proti suhemu teku in nastavitev nivoja na vtoku v črpališče, ko se vklopi alarm. Elektrokrmilna omarica je predvidena izven črpališča.

V odpadnih vodah se ne pričakuje večjih mehanskih delcev kot so drevesne veje, zato ni predvidena vgradnja avtomatskih grabelj za odstranjevanje mehanskih nečistoč. Enkrat letno je predvideno čiščenje črpališča usedlin na dnu jaška – ročno.

REVIZIJSKI JAŠKI

Revizijski jaški, ki se vgradijo za potrebe čiščenja kanala in periodičnih pregledov so iz tipskih ABC oz. BC vodotesnih montažnih cevi premera $\emptyset$ 100 cm. Jaški, globine večje od 1 m, morajo imeti vgrajeno vstopno lestev iz nerjavečega jekla. Priključki na jaške so izvedeni s pomočjo tipskih nastavkov v steni jaška. Pokrovi revizijskih jaškov so LTŽ s tritočkovnim odpiranjem premera 60 cm, v povoznih površinah so tipa D – 400kN, v pohodnih površinah pa tipa B – 125 kN.

Jaške se položi na pripravljeno posteljico debeline 15-30 cm, komprimirane do zbitosti 97% po Proctorju. Jaške se zasipa v plasteh po 30 cm v širini 50 cm okoli jaška. Material se utrdi na 97% po standardnem Proctorjevem postopku. Posebno je potrebno paziti pri zasipavanju prostora pod dnom jaška. Z ročnimi pomagali je potrebno zapolniti in utrditi celotni prazni prostor, s čimer preprečimo morebitne kasnejše deformacije dna jaška. Material za posteljico in zasip je okroglozrnati material z velikostjo zrn 0-32 mm oz. drobljeni material z velikostjo zrn 0-16 mm. Ne sme se uporabljati zmrznjeni material.

HIŠNI PRIKLJUČKI

Priključki se izvedejo na revizijske jaške javnega kanala pod kotom, ki ni večji od 90° v smeri toka vode s pomočjo PVC kanalizacijskih cevi in ustreznih kolen. Če priključek na revizijski jašek ni mogoč, se priključek izvede direktno na cev, preko odcepa 45° 200/160 in ustreznih kolen, v kolikor dovoljuje upravljavec omrežja. Priključno cev iz PVC cevi DN 160 mm je potrebno speljati do izven cestnega telesa, v padcu 20 ‰ oziroma 1:DN, kjer se priključek zaključi v slepi izvedbi. Potek hišnih priključkov in lokacije revizijskih jaškov za hišne priključke se določi v projektu PZI. Eventualne višinske zamike se premosti v revizijskem jašku s pomočjo kaskade ob revizijskem jašku.

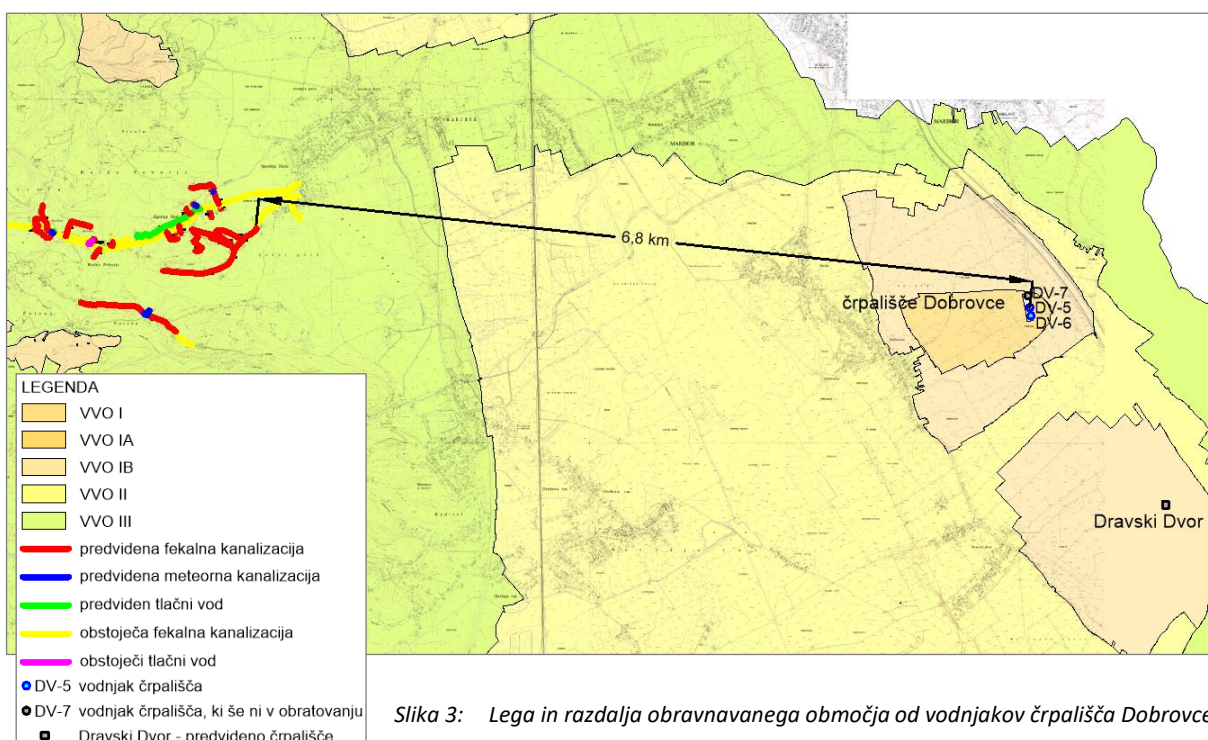
3.3 Odnos med objektom in vodovarstvenimi območji

Vodovarstveni pasovi obravnavanega območja so določeni v *Uredbi o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrove in Dravskega polja* (Uradni list RS, št. 24/07, 32/11, 22/13, 79/15 in 182/20). Vodovarstveno območje tvorijo območja zajetij in notranja območja. Območja zajetij so določena okoli črpalnih vrtin in so označena z belo barvo in oznako »0«.

Notranja območja so označena na naslednji način (slika 3):

- najožje območje (režim 11 in 12) z oranžno barvo in oznako »VVO IA in VVO IB« ali VVO I,
- ožje območje (režim 2) z rumeno barvo in oznako »VVO II« in
- širše območje (režim 3) z zeleno barvo in oznako »VVO III«.

Trase predvidene nove kanalizacije ležijo v širšem (VVO III) vodovarstvenem območju vodnega vira Dobrovce. Najbližji del je od vodnjaka DV-5 oddaljen slabih 6,8 km v smeri WNW (slika 3).

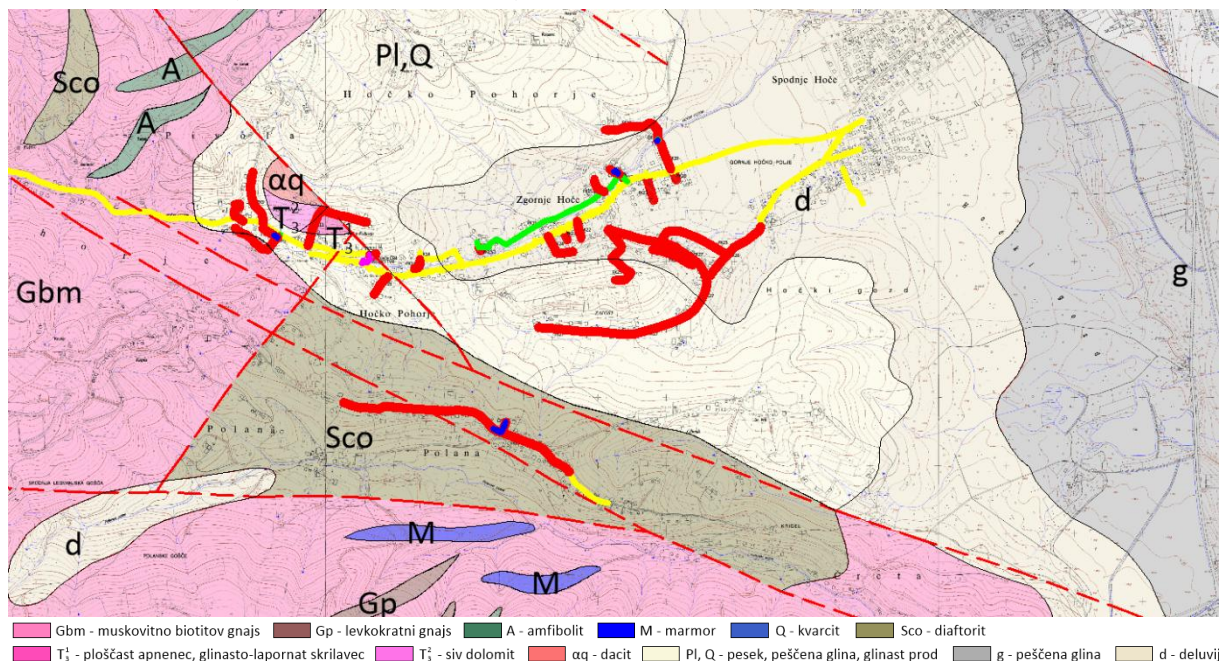


Slika 3: Lega in razdalja obravnavanega območja od vodnjakov črpališča Dobrovce

4 NARAVNE RAZMERE

4.1 Geološke razmere

Širše obravnavano območje pripada geotektonskima enotama Vzhodnim Alpam (Pohorje) in Panonskemu bazenu (pohorsko predgorje terciarnih kamnin, Dravsko polje kvartarnih sedimentov). Opis kamnin (litoloških členov) povzemamo po Tolmaču k Osnovni geološki karti 1:100.000, lista Maribor in Leibniz (Mioč & Žnidarčič, 1989).



Slika 4: Izsek iz geološke karte širšega območja posega (Žnidarčič & Mioč, 1988)

Na območju tras v Zgornjih Hočah so v večini zastopani **deluvijalni sedimenti (d)**; slika 4). Ti predstavljajo delno transportiran material že preperete podlage plio-kvartarnih in metamornih kamnin. Prevladujejo **peščene gline, melji, drobni peski**.

Pliokvartarni sedimenti (Pl, Q) so zastopani na območju obravnavanih tras v zaselku Zafost in Pivola ter Hočko Pohorje (Reka – Pohorje). Plasti so v erozijsko-diskordantnem položaju z ostalimi kamninami. Sestavljajo jih **pesek, peščena glina, peščeno glinast lapor in glinast prod** in posamezni prodniki. Barva je siva do sivo rjava. Zrna in prodniki so iz magmatskih, metamornih in sedimentnih kamenin. Sedimenti so slabo vezani, sortiranost materiala je neenakomerna, prav tako velikost prodnikov in zrn. Vse to nakazuje na material rečnega izvora, kar zlasti velja za zgornji del plio-kvartarnih plasti, v spodnjem delu je bilo usedanje nekoliko mirnejše. Dejanska starost plasti ni zanesljiva saj so bili vsi odvzeti vzorci za mikropaleontološke, oziroma palinološke analize, prazni. Debelina plasti je različna, doseže pa do 40 metrov.

Del trase v zaselku Pivola se približa manjši golici **dacita (αq)**, ki je prišel na površje ob prelomu, zato je preperel, spremenjen in tektonsko porušen. Barva je zelenkasto siva do svetlo siva. Isti del trase prečka še **karnijske plasti (T₃¹)** sivo do sivo rjavega **glinasto-lapornatega skrilavca** z vložki **ploščastega apnenca** ter **norijsko retijskega (T₃¹) sivega dolomita**. Dolomit leži nad karnijskimi plastmi in je vsled tektonskih procesov zdrobljen in brečast. Ponekod prehaja v dolomitiziran apnenec.

Del trase v zaselku Hočko Pohorje prečka še **muskovitno – biotitov gnajns (Gbm)**, ki je drobno do srednjezrnat, svetlo sive do temno sive barve. Ponekod je gnajns diafioriziran oziroma filonitiziran. Gnajns prehaja navzgor v blestnik.

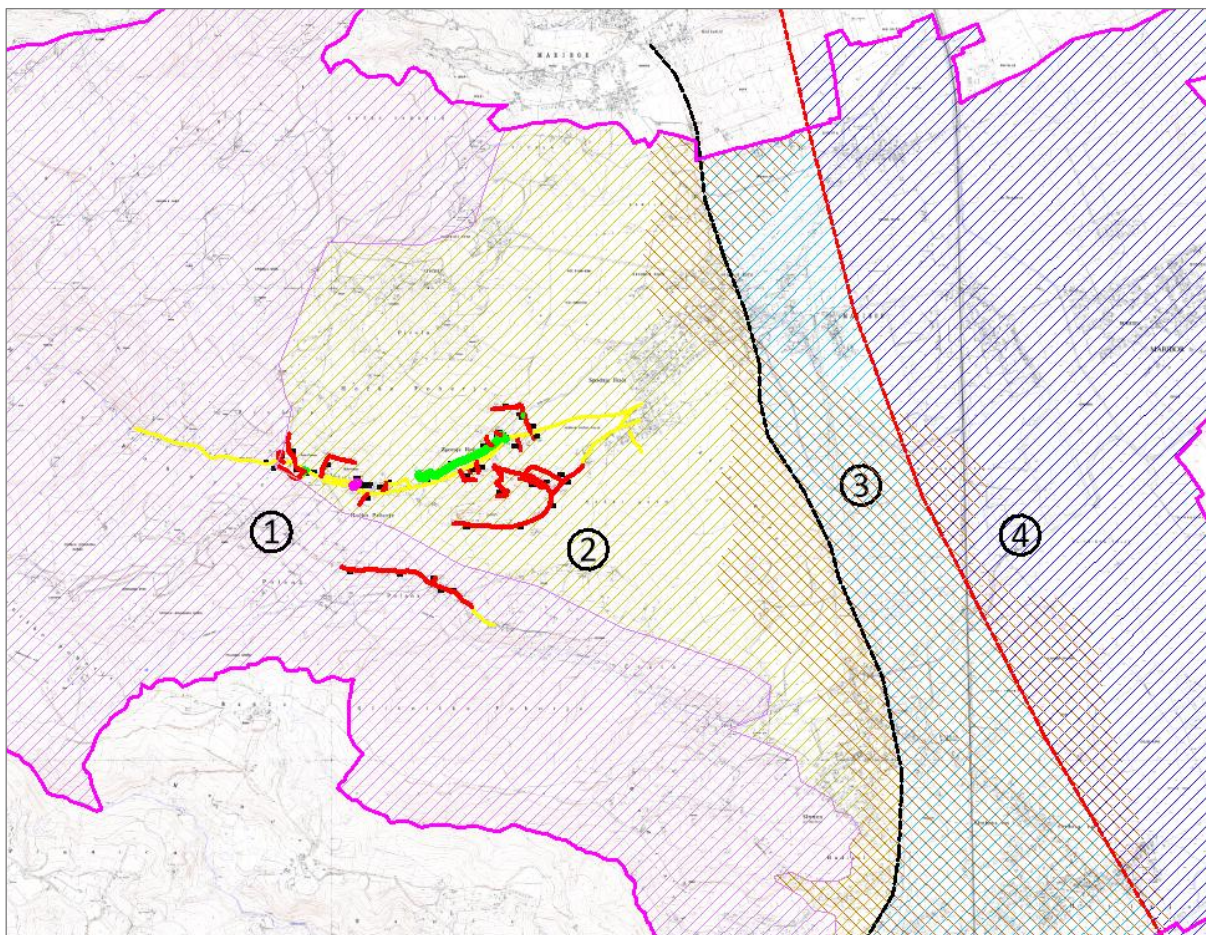
Trasa v naselju Polana poteka po ozemlju, ki ga grade **diafioriti in filoniti (Sco)**. Nastali so z retrogradno spremembo gnajsov in blestnika. Kamnina je temno sive do črne barve.

4.2 Hidrogeološke razmere

Z ozirom na geološko zgradbo oziroma različne geološke enote smo ozemlje občine Hoče-Slivnica tudi z vidika hidrogeoloških razmer razdelili na 4 različne enote (slika 5):

1. Metamorfno Pohorje
2. Območje plio-kvartarnih kamnin in deluvialnih sedimentov
3. Prehodni pas prodnih sedimentov (na vzdignjeni slabo prepustni terciarni podlagi)
4. Regionalni vodonosnik Dravskega polja

Območje posega se nahaja v 1. in 2. enoti.



Slika 5: Razdelitev občine Hoče – Slivnica v 4 HG cone

1) Metamorfno Pohorje

Območje pripada vodnemu telesu podzemne vode 3013 – Vzhodne Alpe, za katerega velja: »gre za razpoklinski in medzrnski vodonosnik v preperinskem delu in matični kamnini metamorfnih in magmatskih plasti Vzhodnih Alp. To je manjši vodonosnik z lokalnimi in omejenimi viri podzemne vode«. Grade ga zelo slabo prepustne metamorfne kamnine, podzemne vode se pa torej pretakajo plitvo v preperini (talne vode) ter po večjih, bolj zdrobljenih razpoklinskih conah. Ob večjih prelomih lahko tonejo v globino. Tam prevladuje razpoklinska poroznost, ki pa je lokalno omejena, plitvo pod površjem pa medzrnska poroznost.

Površinski oziroma plitvi odtok padavinskih voda, ki na območju slabo prepustnih gnajsov prevladuje, gravitira proti nižje ležečim strugam pohorskih potokov. Na območju občine imajo napajalna zaledja Hočki, Polanski, Framski in Pohorski/Razvanjski potok.

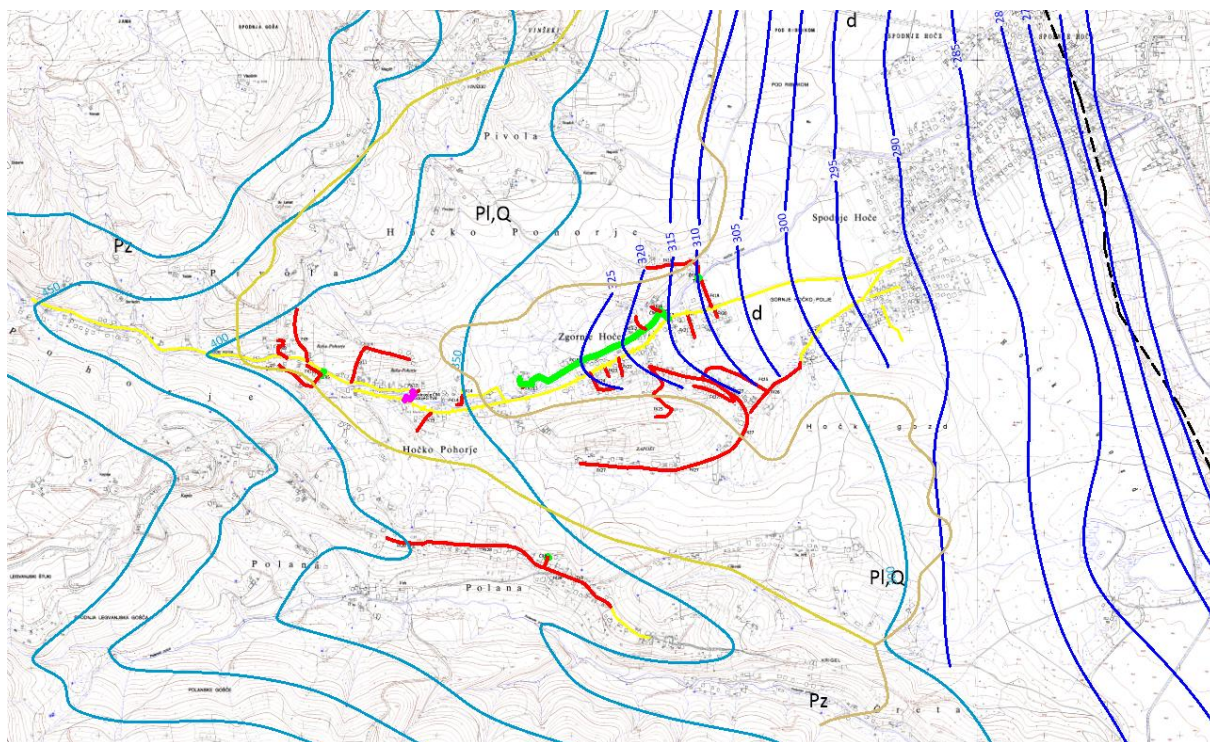
Podrejeni podzemni odtok v metamorfnih kamninah sledi lokalnim transportnim potem v pretrtih conah prelomnih sistemov, dejanske smeri in hitrosti pretakanja je nemogoče ovrednotiti na splošno. Ocenjujemo, da se večji del infiltrirane vode ponovno pojavi v obliki izvirov na bližnjih pobočjih ali v

strugah potokov. Globlja cirkulacija podzemne vode v pohorskem masivu je zelo omejena, starost tovrstnih voda, ki podzemno napajajo vodonosnike na obrobju Pohorja, po našem vedenju še ni bila določena.

Z ozirom na nezveznost vodonosnih struktur v metamorfem masivu Pohorja ni mogoče zanesljivo definirati enotne slike piezometrične gladine podzemne vode na tem ozemlju ali splošne prepustnosti ter poroznosti kamnin.

2) Območje plio-kvartarnih in deluvialnih sedimentov

Na zahodu, severu in jugu plio-kvartarni sedimenti nalegajo na metamorfne kamnine, na vzhodu pa mejijo na kvartarni aluvialni nanos. Slednji stik je prekrit z deluvialnimi sedimenti oziroma peščenimi glinami in smo ga določili na podlagi dokaj dobro razvidne meje bočne erozije v smeri od severa proti jugu. Gladina podzemne vode v teh sedimentih upada od zahoda proti vzhodu, kot kaže slika 6.



Slika 6: Ocenjena piezometrična gladina podzemne vode na širšem obravnavanem območju

Prepustnost pliokvartarnih gostih zaglinjenih prodov je 100 - 1.000 krat slabša od prepustnosti kvartarnih prodnih zasipov reke Drave, to je ne več kot $k = 3 \times 10^{-5}$ m/s, prepustnost deluvialnih peščenih glin z lečami peska in proda pa je verjetno še nižja. Učinkovita poroznost ne presega 0,10. Iz karte gladin podzemne vode (slika 6) razberemo gradient gladine na osrednjem območju doline, zapolnjene z deluvialnimi sedimenti, $i = 0,02$ in generalno smer toka vzporedno s strugo Hočkega potoka. Realna hitrost toka podzemne vode v obravnavanih sedimentih je v rangi do $U = 0,5$ m/dan.

Pri Ribniki severno od Črete je bila z vrtnama P-2 in P-3 ugotovljena neprepustna podlaga na koti okrog 260 mnm ter povprečna omočenost plio-kvartarnih ter deluvialnih sedimentov okrog 15 m. V kolikor ta, edini razpoložljiv podatek privzamemo kot srednjo debelino zasičene cone v omenjenih sedimentih na celotnem območju med Razvanjem na severu in Čreto na jugu, se skozi ta 4 km dolg profil dnevno prelije le okrog 3 m³ podzemne vode.

3) Prehodni pas prodnih sedimentov

Med območjem plio-kvartarnih sedimentov in regionalnim vodonosnikom Dravskega polja se od severa proti jugu razteza ozek pas bolj zameljenih prodov s spreminjajočo se debelino z vodo zasičene cone. Širina tega pasu na območju občine znaša okrog 700 m. Njegova vzhodna meja z regionalnim

vodonosnikom v grobem poteka po liniji: gasilski dom v Bohovi – pokopališče v Hočah – zahodno od hoških gramoznic – zahodno od Hotinjskih ponikovalnikov – naselje Rače. Za prehodni pas prodnega nanosa je značilna za cca. 10 m višje ležeča predkvartarna podlaga, kot vzhodno od omenjene meje. Podlaga se na severu v bližini Razvanjskega potoka nahaja na okrog 260 m_{nnv}, v Račah pa cca. 15 višinskih metrov nižje, kar v tej smeri pomeni gradient 2 ‰, torej blizu vzdolžnemu padcu rečne erozije na tem ozemlju v pleistocenu. Tako smatramo, da gre pri prehodnem pasu prodnih sedimentov za prvotni potek rečne doline, ki je po kasnejši globlji eroziji Dravskega polja ostala kot vmesna polica, lokalno erodirana s tedanjimi strugami pohorskih potokov, med lego plio-kvarne podlage in podlage Dravskega polja. Kasneje je bila polica, skupaj s poljem, zasuta z Dravskim prodom debeline okrog 15 m, ter krovno glino, ki so jo odlagali pohorski potoki.

V tej vodonosni strukturi se zbirajo podzemni dotoki iz prejšnjih dveh zahodnih enot, ki proti vzhodu bolj ko ne lokalno prelivajo v regionalni vodonosnik Dravskega polja. Ker je prehodni pas v glavnem prekrit z debelejšo glineno krovino je infiltracija padavin in površinskih voda zanemarljiva. Sezonsko nihanje gladin je povsem odvisno od hidravlične narave stika z vodonosnikom Dravskega polja. Kjer gre za prelivno naravo brez hidravlične povezave, sezonske spremembe gladin ne presegajo razpona 1 m, običajno niti 0,5 m. Omočenost in izdatnost prodov je tam zelo majhna. Tako je zlasti na območju Slivnice in južnega dela Hoč.

Kjer pa so pohorski potoki na območju prehodnega pasu poglobili podlago, je omočenost prodov znatno večja, npr. med Bohovo in Razvanjem ter v Račah okrog 10 m. Na teh območjih, velja pa tudi za Hotinjo vas, ima podzemna voda prehodnega pasu neposreden hidravlični stik z bolj prepustnim vodonosnikom Dravskega polja. Prod je močnejše zameljen oziroma zaglinjen, zato je njegova poroznost in prepustnost znatno nižja, kot na Dravskem polju. Med Bohovo in Razvanjem je bil s črpalnim testom na vrtini NVV-3 ugotovljen $k = 3,9 \times 10^{-5}$ m/s, podobna prepustnost pa je bila izračunana za spodnji del prodnega nanosa v opazovalni vrtini ARSO v Račah. Glede na znatno slabšo prepustnost se v zaglinjenih prodih prehodnega pasu izoblikuje gladina z znatno večjim strmcmem, gradient dosega vrednost nekaj ‰, za kar pa je potreben tudi določen podzemni dotok iz zahodnejših struktur, ki so, kot kaže, vezani na večje prelomne strukture, v katerih so se oblikovale doline pohorskih potokov.

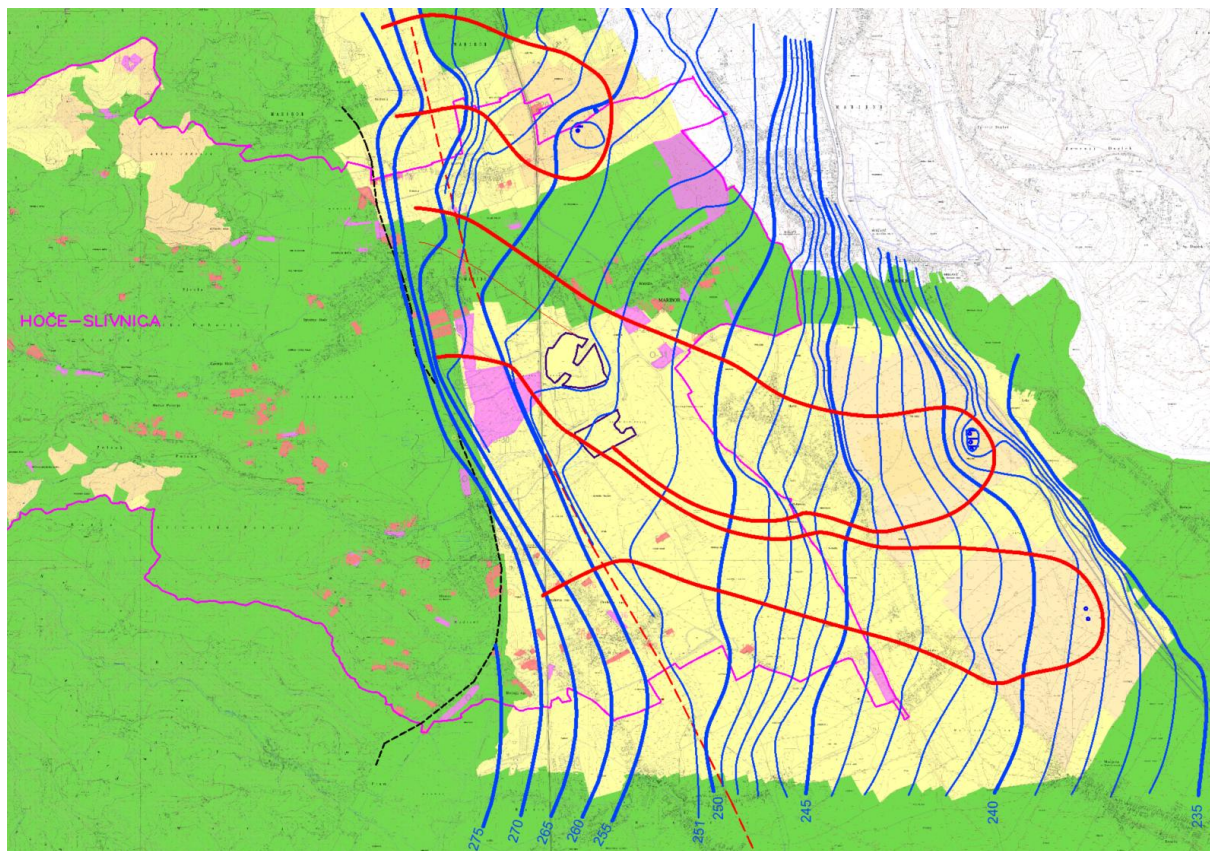
Med Razvanjem in Bohovo ob omočenosti $D = 7,5$ m, prepustnosti $k = 4 \times 10^{-5}$ m/s, učinkoviti poroznosti $n_{ef} = 0,1$ ter gradientom gladine $i = 0,02$ ocenimo specifično izdatnost zaglinjenih prodov (na m širine) $q = 520$ l/dan/m ter linearno hitrost toka $U = 0,69$ m/dan. Iz radialne oblikovanosti gladine podzemne vode na tem območju ocenjujemo, da podzemni dotok na območju Razvanjskega potoka dosega $Q = 1.000$ m³/dan.

Drugo območje večjega podzemnega dotoka iz prehodnega pasu v regionalni vodonosnik je Hotinja vas. Sami Hotinjski ponikovalniki se nahajajo že na območju vodonosnika, večji del naselja, vključno s celotnim naseljem Orehova vas, pa še v prehodnem pasu. Podzemni dotoki so iz smeri cca. 1,5 km širokim lokalnim aluvijem med Ješenco in Framom, v zgornjih 10 m zastopanimi z drobnozrnatimi glinasto-melnimi sedimenti, pod njimi pa z neznano debelino meljno-prodnih sedimentov. Njihovo prepustnost lahko zgolj ocenimo na $k = 5 \times 10^{-5}$ m/s, omočenost prodov pa na okrog $D = 6$ m. Z interpretacijo gladin podzemne vode izmerimo gradient $i = 0,013$. Tako ocenimo specifično izdatnost meljnih prodov (na m širine) $q = 340$ l/dan/m ter linearno hitrost toka $U = 0,56$ m/dan. Iz širine lokalne aluvialne ravnice ocenjujemo, da podzemni dotok na območju Hotinje vasi dosega do $Q = 500$ m³/dan. Del tega toka se širi proti Hotinji vasi, del proti Račam.

4) Regionalni vodonosnik Dravskega polja

Na podlagi morfoloških značilnosti širšega območja in opazovanja gladin v preko 80 vrtinah/piezometrih ter hišnih vodnjakih smo torej določili zahodno mejo regionalnega vodonosnika Dravskega polja ter izdelali matematični model toka podzemne vode, ki obsega napajalna zaledja črpališč Bohova, Dobrovce in predvidenega Dravski Dvor. Vzhodno od omenjene meje je namreč globina neprepustne podlage vodonosnika občutno globlja, peščen prod je debelejši in z manj fine frakcije, gladine kažejo mnogo bolj položno ploskev podzemne vode, sezonska nihanja gladin imajo večjo amplitudo, spremembe pa so znatno ublažene.

Debelina prodnega zasipa Dravskega polja je, razen ob strugi Drave, dokaj enakomerna tako v vzdolžni kot v prečni smeri. V osrednjem delu polja (visoka pleistocenska terasa) znaša 22 do 26 m, na severovzhodnem obrobju ob strugi Drave (nizka holocenska terasa) pa 5 do 15 m.



Slika 7: Piezometrična gladina podzemne vode na območju regionalnega vodonosnika Dravskega polja ter njegovem prehodnem pasu močno zameljenih prodov (zahodno od rdeče črtkane črte). Rdeči poligoni prikazujejo napajalna zaledja vodnih virov Bohova, Dobrovce in Dravski Dvor (V Dobrovcih je že upoštevan načrtovani vodnjak DV-7. V Dravskem Dvoru gladine ne prikazujejo črpanja, ga pa upošteva izrisano vplivno območje).

Na območju glavne in nadomestne Hoške gramoznice je debelina prodnih nanosov v primerjavi z okolico največja (okrog 25 m), nekoliko se zmanjša na mariborskem letališču (22 m). Proti vzhodu se debelina nanosa po prečkanju ježe terase v naselju Dobrovce praktično ohrani (23 m). To je tudi debelina prodnega zasipa na območju črpališča Dobrovce, ki leži 1,3 km vzhodno od omenjene ježe. Zgolj cca. 200 m vzhodno od črpališča se pojavi nova ježa terase, kjer se relief zniža za okrog 8 m. Kljub pomanjkanju prostorsko porazdeljenih podatkov na podlagi geoloških podatkov vrtine VP-21 sklepamo, da strma poglobitev v podlagi ne sovпада s to ježo, temveč se ta zgodi šele 600 m vzhodno od črpališča. Tam se nahaja manj izrazita sprememba reliefa s postopnim, do 3 m globokim ugrezom proti vzhodu ležečega površja.

Po podatkih vrtin pa se že na sami najvišji terasi spreminja omočenost vodonosnika. Zasičene cone vodonosnika je najmanj pri Bohovi, debela je le okrog 7 metrov ob srednjem vodnem stanju, ob nizkem pa še 2 metra manj. Pri Hotinji vasi in Slivnici znaša 12 do 13 m, vzhodno od Rač pa 11 m. Omočenost na območju črpališč Dobrovce in Dravski Dvor ob srednjem vodnem stanju je okrog 12 in 11 m.

Generalna smer toka podzemne vode Dravskega polja je na območju občine Hoče-Slivnica od severozahoda proti jugovzhodu.

Običajni koeficient prepustnosti na Dravskem polju se giblje med 10^{-3} in 5×10^{-3} m/s. Na območju vodonosnika, ki pripada občini Hoče Slivnica je reprezentativna vrednost $k=3 \times 10^{-3}$ m/s. Ob izgradnji obstoječih vodnjakov v črpališču Dobrovce je testiranje podalo rezultat $1,75 \times 10^{-3}$ m/s. Na območju Hotinjskih ponikovalnikov je bila ugotovljena za dekada nižja prepustnost, kot drugje. Prepustnost na

območju občine in obravnavanih vodnih virov smo podrobneje porazdelili z umerjanjem matematičnega modela toka.

Učinkovita poroznost peščenih ali prodnatih sedimentov se po strokovni literaturi (Todd & Mays, 2005) giblje med 0,23 in 0,28. Na Dravskem polju se pogosto uporablja vrednost med 0,15 in 0,20. Zato smo privzeli vrednost $n_{ef} = 0,20$.

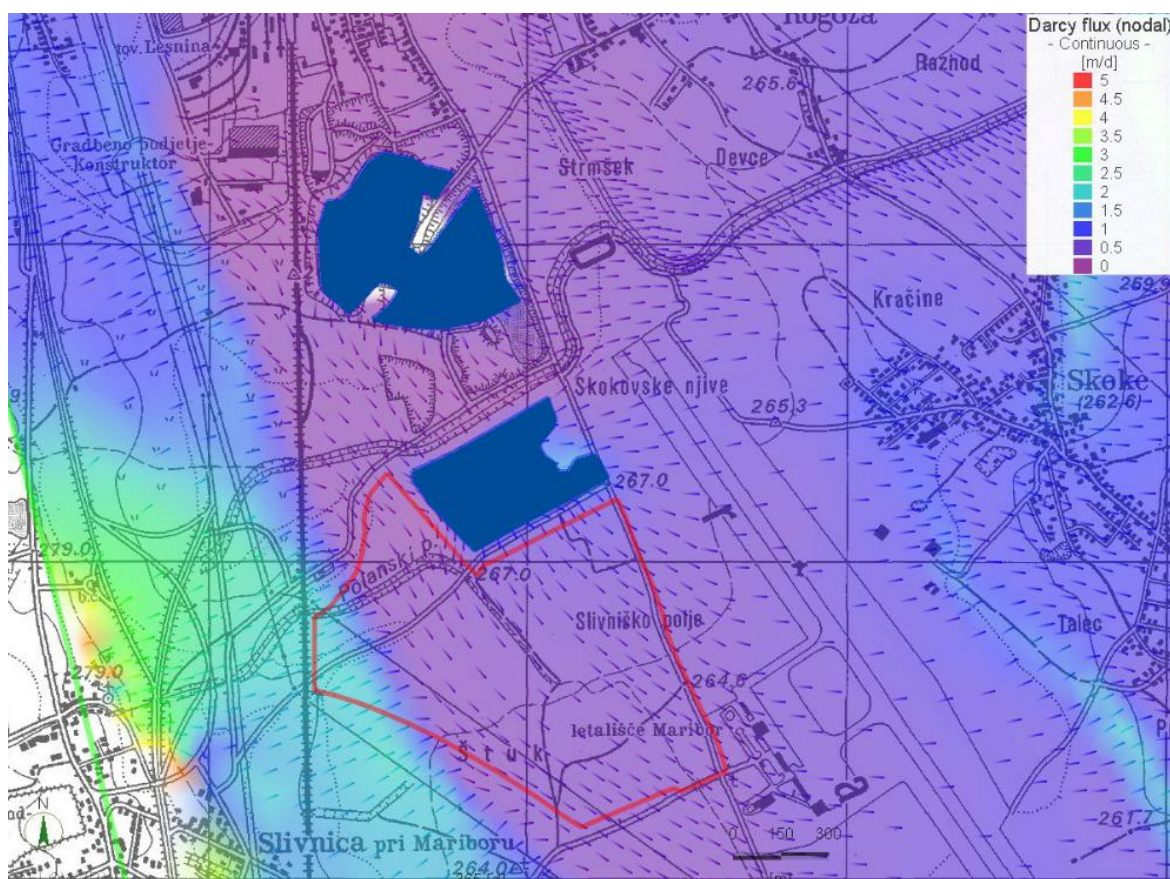
Hidrodinamska slika podaja povprečni naklon proste gladine podzemne vode na širšem območju mariborskega letališča $i=3,1\text{ ‰}$. Za določitev reprezentativnega koeficienta prepustnosti smo ob pomanjkanju podatkov črpalnih poizkusov na obravnavanem območju privzeli oceno $k=3 \times 10^{-3} \text{ m/s}$, kar je približno srednja vrednost prepustnosti na visoki pleistocenski terasi med lokacijama Miklavž na Dravskem polju in Starše, kot je rezultate črpalnih poizkusov podal Žlebnik (1982).

Tako ocenimo reprezentativni specifično izdatnost prodnega vodonosnika $q = 9,64 \text{ m}^3/\text{dan}/\text{m}$, pri čemer smo upoštevali debelino zasičene cone $D = 12 \text{ m}$, ter linearno hitrost toka $U = 4,02 \text{ m}/\text{dan}$.

4.3 Vpliv gramoznic na tok podzemne vode

Pred nekaj leti smo modelirali tok podzemne vode v okolici EUP SL20 in simulirali vpliv gramoznic na smer toka podzemne vode. Gramoznice, v katerih se gladina vode izravna, namreč na gorvodnem robu delujejo kot drenaža, na dolvodni pa kot območje napajanja vodonosnika. Zaradi višinske razlike med gladinama v obeh gramoznicah in zelo dobre prepustnosti vodonosnika, se med njima ustvari stalni tok, ki ne dopušča prehajanja podzemne vode od zahoda proti vzhodu. Podzemna voda v okolici gramoznic se pretaka v smereh, kot kaže slika 8.

Kot je razvidno iz slike 8, se podzemna voda iz zahodnega, slabše prepustnega dela občine v veliki meri znajde v hoških gramoznicah. Tam, v kolikor vanju z zaledno vodo zaide onesnaženje, prihaja do njegovega enormnega razredčenja. Opozoriti je treba, da se v gramoznicah zbirajo vplivi vseh dejavnosti v zaledju.



Slika 8: Darcyjeva hitrost in smeri toka podzemne vode na območju hoških gramoznic

5 OPREDELITEV ONESNAŽEVAL

5.1 Vrste onesnaževal v času gradnje

Za čas gradnje bodo potencialno onesnaževalo predstavljalje snovi, kot so naftni derivati, motorno olje, hidravlično olje.

Običajno merjene okoljske parametre, ki bi lahko ogrožali kemijsko stanje podzemne vode, lahko tako opredelimo:

- mineralna olja,
- BTX – benzen, toluen, ksilen,
- PAH.

Glavno skupino potencialnih onesnaževal med gradnjo tako predstavljajo **mineralna olja**. To so organske nepolarne spojine ogljika in vodika (C_nH_{n+2}). Njihova gostota je nižja od gostote vode. So sestavni del dizel goriva, biodizla, nafte, bencina, motornih, hidravličnih in kurilnih olj, olja za menjalnike in reduktorje. Mejnih vrednosti za parameter mineralna olja *Uredba o pitni vodi (Uradni list RS, št. 61/23)* ne predpisuje. Zato kot zgornjo mejo privzemamo standard kakovosti za podzemne vode za indikativni parameter mineralna olja, ki znaša 10 µg/l. Standard kakovosti izraža koncentracijo indikatorja onesnaženja v podzemni vodi, ki ga zaradi varstva okolja in zdravja ljudi onesnaženost podzemne vode ne sme presegati (*Uredba o stanju podzemnih voda (Uradni list RS, št. 25/09, 68/12, 66/16 in 44/22 – ZVO-2)*). Organoleptične lastnosti vode (vonj, okus) so v primeru vsebnosti mineralnih olj izrazito poslabšane že pri koncentracijah močno pod vsebnostjo, ki predstavlja tveganje za zdravje ljudi (WHO, 2008).

BTX je kratica za monociklične aromatske spojine, ki so sestavni del naftnih derivatov. To so benzen, toluen in ksilen. V okolje se sproščajo z neposrednim vnosom naftnih derivatov v tla.

Policiklični aromatski ogljikovodiki - PAH so skupina več kot 100 različnih kemikalij, ki nastanejo med nepopolnim izgorevanjem premoga, nafte, plina, odpadkov in drugih organskih snovi, kot je tobak ali meso, pečeno na oglju. Nekateri PAH se proizvajajo, so prisotni v premogovem katranu, surovi nafti in njenih rafiniranih produktih, nekateri se pa uporabljajo v medicini, za proizvodnjo barv, plastike, pesticidov in v proizvodnji pnevmatik (Žgajnar Gotvajn, Kompare, & Zagorc Končan, 2009).

5.2 Vrste onesnaževal v času obratovanja

Potencialna onesnaževala v času obratovanja so podana v preglednici 1, v kateri je podana značilna sestava neobdelane komunalne odpadne vode iz gospodinjstev.

Celotni organski ogljik – TOC (Total Organic Carbon) je prav tako parameter, s katerim se ugotavlja prisotnost oz. koncentracija organskih snovi v pitni vodi. TOC predstavlja koncentracijo celotnega organskega ogljika v vodi, vezanega na raztopljene ali suspendirane snovi. Vključene so najrazličnejše oblike kot so: elementarni ogljik, delci saj, onesnaževala kot so: benzen, toluen, cikloheksan, kloroform, cianidi itd. Spremljanje vrednosti parametra TOC v pitni vodi omogoča hitro in enostavno zaznavanje sprememb lastnosti vode.

Dušikove spojine najbolj splošne in najpomembnejše oblike dušika v odpadnih vodah so amonijak (NH_3), amonij (NH_4^+), dušikov plin (N_2), nitritni ion (NO_2^-) in nitratni ion (NO_3^-). Amonij v vodi v okolju je posledica komunalnega, kmetijskega in industrijskega onesnaženja. Pri razgradnji dušikovih spojin se amonijak in organski dušik spremenita v nitrite in nitrate.

Fosfor je nujno potrebna hranilna snov za žive organizme in omejujoč dejavnik rasti rastlin, od njega je odvisna osnovna proizvodnja v vodnih telesih. Najpomembnejša človeška raba fosforja je v izdelavi gnojil, pesticidov in detergentov. Fosforjeve spojine se v odpadni vodi nahajajo kot ortofosfati, kondenzirani fosfati (polifosfati) in organsko vezani fosfati. Običajno jih v odpadni vodi določamo kot celotni fosfor.

Preglednica 1: Značilna sestava neobdelane komunalne odpadne vode iz gospodinjstev

Parameter	Enota	Razpon	Srednje
Skupni organski ogljik (TOC)	mg/l	100-400	250
Dušik - skupni	mg/l	15-90	40
- skupni organski dušik	mg/l	5-40	25
- amonij (*amonijev dušik)	mg/l	10-50	25
- nitriti (*nitritni dušik)	mg/l	0	0
- nitrati (*nitrati dušik)	mg/l	0	0
Fosfor - skupni	mg/l	5-20	12
- organski	mg/l	1-5	2
- anorganski	mg/l	5-15	10
Klorid	mg/l	30-85	50
Sulfat	mg/l	20-60	30
Težko hlapne lipofilne snovi (masti in olja)	mg/l	50-100	80
Hlapne organske spojine	μg/l	100-400	250
LKCH	μg/l		
BTX	μg/l		
Skupno št. koliformnih bakterij	št./100 ml	10^6 - 10^8	10^7
Fekalne bakterije	št./100 ml	10^3 - 10^8	10^5
intestinalni enterokoki	cfu/100 ml		
Escherichia coli	cfu/100 ml		
Kovine			
Aluminij	mg/l	0.35-1	0.6
Kadmij	mg/l	0.001-0.004	0.002
Krom	mg/l	0.01-0.04	0.025
Baker	mg/l	0.03-0.1	0.07
Svinec	mg/l	0.025-0.08	0.06
Živo srebro	mg/l	0.001-0.003	0.002
Nikelj	mg/l	0.01-0.04	0.025
Srebro	mg/l	0.003-0.01	0.007
Cink	mg/l	0.1-0.3	0.2

Kloridi so v okolju prisotni kot natrijeva, kalijeve ali kalcijeve soli. V pitni vodi so lahko naravnega izvora, lahko pa so iz komunalnih ali industrijskih odpadnih vod, kot posledica površinskega spiranja zaradi soljenja cest ali uporabe gnojil, vdora slanice. Človeški izločki vsebujejo okoli 6 g klorida na osebo na dan. Na področjih, kjer imajo zelo trdo vodo, se zaradi mehčanja vode doda precejšnje količine kloridov.

Sulfati se v naravi pojavljajo v številnih mineralih in se uporabljajo v komercialne namene, predvsem v kemični industriji za proizvodnjo gnojil, kemikalij, barv, itd. V vode se odvajajo preko odplak in industrijskih odpadkov in iz atmosfere - preko emisij žveplovega dioksida in nato kot "kisli dež". Aluminijev ali železov sulfat se uporabljata kot koagulant v pripravi pitne vode. Bakrov sulfat se uporablja tudi kot fungicid in algicid. Uporabljajo se tudi kot aditiv živilom. Glavni vnos v človeka je preko hrane.

Težko hlapne lipofilne snovi (masti in olja) so nepolarne ali šibko polarne snovi, ki imajo temperaturo vrelišča nad 250 °C. Gre za mineralna, rastlinska in živalska olja, maščobe, masti in voske. To so trdne ali tekoče, v vodi netopne organske snovi, ki se uporabljajo za človeško prehrano in v tehniki.

Hlapne organske spojine (HOS oz. VOC – volatile organic compounds) so skupina organskih spojin, ki vsebujejo ogljik, vodik in ostale elemente. Ker imajo pri sobni temperaturi visok parni tlak, zlahka izhlapijo. Njihov glavni vir je promet, ker se hlapne organske spojine tvorijo pri gorenju fosilnih goriv,

kot na primer pri bencinu. Poleg transporta so pogosti viri tudi nafta, petrokemična industrija in topila, premazi in drugi razni viri. Najbolj pogoste hlapne organske spojine, ki jih najdemo v našem vsakodnevnem življenju, so aceton, benzen, etilen glikol, formaldehid, metilen klorid, toluen in ksilen.

Težke kovine (aluminij, kadmij, krom,...) se v okolje sproščajo iz rudarskih in industrijskih odpadkov, avtomobilskih emisij, svinčevih akumulatorjev, gnojil, barv, zastarele vodovodne infrastrukture, mikroplastike,... Kot posledica človeške dejavnosti se koncentrirajo v tleh in lahko preidejo v rastline, živali in človeška tkiva pri vdihavanju, prehranjevanju in njihovem premeščanju ali uporabi.

5.3 Mobilnost onesnaževal

Onesnaževala v našem primeru lahko v splošnem potujejo skozi vertikalno območje nezasičene cone tal in nato horizontalno s tokom podzemne vode. Hitrost pronicanja tekočine z onesnaževalom skozi pore v nezasičeni coni tal je odvisna od hidrogeoloških parametrov (velikosti por in zrn, litološke lastnosti sedimenta, stopnje sortiranosti, vlažnosti tal, debeline nezasičene cone ipd.) ter seveda od vrste in lastnosti tekočine z onesnaževalom. Transport skozi vodonosnik pa je odvisen od hidrogeološke zgradbe vodonosnika. Medtem ko je koeficient prepustnosti v vodonosniku konstantna lastnost, pa se koeficient propustnosti v nezasičeni coni tal spreminja tudi glede na trenutno vlažnost tal. Zaradi tega je možnost onesnaženja največja v času intenzivnih padavin. Škodljiv vpliv onesnažil v tleh in mobilnost skozi talni profil do gladine podzemne vode je neločljivo povezan s sposobnostjo zemljine, da adsorbira in zadrži elemente in spojine onesnaženja v talnem profilu.

Pri pretakanju fluidov skozi porozne sedimente ločimo tok fluidov, ki se med seboj mešajo in tok fluidov, ki se med seboj ne mešajo. V primeru, da se tekočine med seboj ne mešajo (mineralna olja in voda), lahko v podzemni vodi, odvisno ali je gostota manjša ali večja od vode, potujejo v zgornjem ali spodnjem sloju podzemne vode. Od gostote onesnaževala pa je odvisna tudi njegova hitrost v podzemni vodi. V primeru toka dveh tekočin prihaja do razlik pri njihovih hitrosti tako v vzdolžni (longitudinalna disperzija) kot tudi v vertikalni smeri (lateralna disperzija) v zasičeni coni vodonosnika.

Mineralno olje je tipični predstavnik onesnaževal, ki se ne mešajo z vodo in v nezasičeni coni tvorijo trifazni tok, v podzemni vodi pa dvofazni tok v poroznem mediju. Njegovo širjenje v zasičenem delu vodonosnika je vezano praktično le na gladino podzemne vode in ne prodira v globlje predele vodnega stolpca. Skozi pretežno peščeno-prodni material lahko pričakujemo advekcijo s tokom podzemne vode in disperzijo. Vpliv difuzije je v tem tipu vodonosnika manj pomemben, saj so hitrosti toka podzemne vode velike. Prehod skozi nezasičeno cono je lahko lokalno precej spremenljiv, saj se vsebnost meljno-glinene frakcije in s tem poroznost ter prepustnost sedimenta lahko precej spreminjata. V nezasičeni coni prihaja do bolj ali manj intenzivne razgradnje mineralnih olj.

BTX so v primerjavi z drugimi ogljikovodiki dobro topni v vodi, vendar v splošnem slabo topni. Še najbolj topen je benzen (1,5-2 g/l), toluen do 0,5 g/l, medtem ko je xylen topen do okrog 0,15 g/l. Biodegradacija BTX lahko poteka v aerobnih ali anaerobnih pogojih (Kim & Jeon, 2009). Pri tem lahko sodeluje vrsta različnih bakterij, ki različno intenzivno in selektivno razgrajujejo posamezne komponente BTX. V splošnem je njihova razgradnja hitrejša ob povečanju raztopljenega kisika in dušika. Retardacijski faktor benzena v peščenih sedimentih, ki je predvsem posledica absorpcije na drobnozrnate trdne delce in organsko snov, znaša okrog $R_f=3$ (Battle-Aguilar, in drugi, 2009). Retardacijska faktorja za toluen in orto-xylen v takšnem vodonosniku sta 20 in 15 (EPA, Retardation Factor Calculator).

PAH se ne topijo zlahka v vodi in se usedejo na dno, kjer jih v roku nekaj tednov do nekaj mesecev razgradijo mikroorganizmi. V zemlji se vežejo na delce in se lahko premikajo skozi podlago do podtalnice. Prav tako se lahko nabirajo v živalih in rastlinah in se tako širijo skozi okolje.

Dušikove spojine Večina amonija se v tleh s pomočjo mikrobov preoblikuje v nitrate, ki so v tleh zelo mobilni. Nekaj dušika se pri procesu nitrifikacije izgubi v atmosfero kot dušikov oksid. Preostali del amonijaka ostane imobiliziran s talnimi mikroorganizmi in se sprosti šele v daljšem časovnem obdobju. Amonij (NH_4^+) je manj mobilan kot nitrat (NO_3^-). Nitrati in nitriti so v vodi dobro topni.

Fosfor Pri standardni temperaturi in tlaku mnogi fosfati niso topni v vodi. Ortofosfati so v vodi dobro topni. Natrijevi, kalijevi, rubidijski, cesijev in amonijski fosfati so v vodi vsi topni. Večina drugih fosfatov je le malo topnih ali netopnih. Pirofosfati so večinoma topni v vodi.

Kloridi V vodi so topni vsi kloridi razen bakrov(I)klorid, svinčev(II)klorid, živosrebrov(I)klorid in srebrov klorid.

Sulfati so v okolju zelo stabilni. Topnost soli v vodi je odvisna od spremljajočih kationov. Na prst se ne adsorbirajo znatno in se prenašajo skozi njo v nespremenjeni obliki. Natrijevi, kalijevi in magnezijevi sulfati so visoko topljivi, manj pa kalcijevi in barijevi sulfati.

LKCH Lahkohlapni halogenirani (klorirani) ogljikovodiki vključujejo številne kemikalije, ki so običajno v okolju zelo mobilne in obstojne. Hidravlika toka in retardacijske lastnosti onesnaževala bodo določile gibanje raztopljenega onesnaževala v podzemni vodi. Topnost LKCH je zelo različna, od 0,2 g/l (tetrakloroetilen) do 13 g/l (diklorometan).

Težke kovine v okolju so kot elementarne spojine nerazgradljive. V tleh so podvržene naslednjim procesom:

- adsorpcija/desorpcija,
- raztapljanje/precipitacija,
- absorpcija s strani rastlin,
- transport skozi talni profil.

Adsorpcija kovinskih elementov na trdne talne delce je dominanten proces za večji del kovinskih mineralov. Koncentracija kovin v talni vodi je pogojena z adsorbirano vsebnostjo le-teh v trdni fazi prsti. Adsorpcija s strani koreninskega sistema rastlin je sorazmerna razpoložljivi vsebnosti kovin v talni vodi.

Glavni vpliv na topnost in mobilnost težkih kovin v tleh ima pH talne raztopine. Nevtralna in rahlo bazična pH kaže slabo mobilnost vseh težkih kovin (Sherene, 2010). Na splošno kislota talna voda znatno poveča topnost in mobilnost težkih kovin. Nadalje na topnost vplivajo še vsebnost talne in posledično raztopljene organske snovi. Tudi vsebnost drugih raztopljenih ionov (jakost elektrolita) vpliva na izpiranje težkih kovin iz talnega profila, saj prihaja do tekmovanja za adsorpcijo na organsko snov, okside ali minerale glin med vsemi ioni (Sherene, 2010). Vsebnost koloidnih delcev poveča transport skozi talni profil. Prav zato na adsorpcijsko sposobnost tal za težke kovine močno vpliva tekstura tal. Struktura por vpliva na hitrost pretakanja vode skozi tla in možnost difuzijskega mešanja. Sistemi velikih por zato prenašajo nadproporcionalno količino težkih kovin glede na delež toka skozi nje. Nenazadnje na mobilnost težkih kovin vpliva kationsko-anionsko razmerje v raztopini, saj prosti ioni (npr. Cl^-) "vežejo" nasprotno nabite ali nevtralne kovinske ione, kar znižuje njihovo adsorpcijo (Sherene, 2010).

Za stabilizacijo težkih kovin v tleh se prsti dodajajo mineralni dodatki, kot na primer sadra, apno, zeoliti. Dodatek MgSO_4 zelo zniža mobilnost bakra in cinka, medtem ko jo dodatek K_2SO_4 povečuje, kar je povezano predvsem s transportom raztopljene organske snovi (Sherene, 2010).

5.4 Toksičnost onesnaževal

Dizelsko gorivo

Največja nevarnost pri vdihavanju hlapov dizelskega goriva je kemični pneumonitis oz. vnetje pljuč. Akutna izpostavljenost hlapom povzroča vrtoglavico, glavobol, draženje oči, kože in dihalnih poti. Zaužitje lahko povzroča slabost, bruhanje in drisko. Kronična izpostavljenost povzroča dermatitis. Karcinogenost pri človeku ni nedvoumno dokazana, je pa dokazana pri živalih, ki so bile dalj časa izpostavljene uživanju dizelskega goriva.

Hidravlično olje

Izpostavljenost hlapom hidravličnega olja povzroča draženje oči in dihalnih poti, ob stiku pa tudi kože. Ob zaužitju lahko pride do slabosti, vrtoglavice, pri velikih količinah pa tudi do pljučnice, črevesnih krvavitev in smrti.

BTX – benzen, toluen, ksilen

Vdihavanje velikih količin **benzena** lahko povzroči zaspanost, omotičnost, pospešeno bitje srca, glavobol, tresenje, zmedenost in nezavest, zelo velikih količin pa celo smrt. Zaužitje hrane in vode z veliko vsebnostjo benzena lahko povzroči bruhanje, draženje želodca, omotico, zaspanost, krče, hitro bitje srca in smrt. Dolgotrajna izpostavljenost najbolj vpliva na kri. Benzen škodljivo vpliva na kostni mozeg in lahko povzroči zmanjšanje števila eritrocitov ter slabokrvnost in levkemijo. Lahko povzroča tudi prekomerno krvavitev in vpliva na imunski sistem, kar povečuje možnosti za okužbe.

Toluen lahko vpliva na živčni sistem. Nizke do zmerne koncentracije lahko povzročijo utrujenost, zmedenost, šibkost, pijanosti podobna obnašanja, izgubo spomina, slabost, izgubo apetita ter izgubo sluha in barvnega vida. Ti znaki ob prenehanju izpostavljenosti izginejo. Vdihavanje velikih količin toluena v kratkem času lahko povzročijo vrtoglavico ali zaspanost, lahko pa tudi nezavest in celo smrt. Velike količine lahko prizadenejo ledvice.

Kratka ali dolgotrajna izpostavljenost visokim količinam **ksilena** lahko povzroča glavobole, zmanjšano koordinacijo mišic, omotičnost, zmedenost in spremembe občutka za ravnotežje. Kratkotrajna izpostavljenost visokim količinam lahko povzroča tudi draženje kože, oči, nosu in grla, oteženo dihanje, težave s pljuči, počasnejši reakcijski čas, težave s spominom, nelagodje v želodcu in možnosti sprememb v jetrih in ledvicah. Lahko povzroči nezavest, pri zelo visokih količinah pa celo smrt.

PAH navadno vstopijo v telo z dihanjem zraka, ki jih vsebuje (cigaretni dim, dim od lesa, premoga, industrijskih obratov), ali pa z vodo in hrano, vendar je absorpcija v tem primeru počasna. V telesu se odlagajo v ledvicah, jetrih in v maščobi, iz telesa pa izstopijo v roku nekaj dni. PAH so lahko škodljivi za zdravje. Študije so pokazale na kancerogenost nekaterih PAH ob daljši izpostavljenosti (stik s kožo, vdihavanje) na živalih, pa tudi na ljudeh, predvsem benzoantracen in benzopiren.

Dušikove spojine Izpostavljenost amoniju iz okolja je v primerjavi z nastajanjem v organizmu nepomembna. Toksični učinek amonija se pojavi pri izpostavljenosti nad 200 mg/kg telesne teže. V koncentracijah, ki jih pričakujemo v pitni vodi, ne predstavlja neposredne nevarnosti za zdravje. Pitna voda s koncentracijami nitratov nad vrednostjo 50 mg/l predstavlja zdravstveni problem za dojenčke, nosečnice in doječe matere. Nitrati se v telesu reducirajo v nitrite. Najbolj znan škodljiv učinek nitratov oz. nitritov na zdravje je pojav methemoglobinemije, kot posledica oksidacije hemoglobina. Oksidiran hemoglobin - methemoglobin ne more prenašati kisika po telesu. Zaradi posebnosti v razvoju so najbolj ogroženi dojenčki do 6 mesecev starosti, predvsem zalivančki.

Fosfor Učinki pitne vode s fosfati na zdravje niso znani. Ob onesnaženju vodotoka s fosfati ti povzročajo množično razmnoževanje in rast zelenih alg ter modrozelenih bakterij (samo 3 g fosfatov zadostujejo, da zraste 10 kg alg). Kasnejše odmiranje alg in njihovo usedanje na dno povzroči sekundarno onesnaženje, saj začne v vodi primanjkovati kisika.

Kloridi Koncentracije, ki presegajo 250 mg/l lahko dajejo vodi okus; meja okušanja je odvisna od pridruženega kationa. Te koncentracije so daleč pod tistimi, ki bi lahko imele zdravstvene učinke.

Sulfati Prisotnost sulfata v pitni vodi lahko povzroči opazen okus in zelo visoka raven lahko povzroči odvajalne učinke pri nevajenih potrošnikih. Zaznava okusa se giblje nad 250 mg/l pri natrijevem sulfatu in nad 1000 mg/l pri kalcijevem sulfatu. Na splošno velja, da je okus minimalen pri koncentracijah pod 250 mg/l. S stališča zdravja ni postavljenih standardov za sulfat.

LKCH na splošno škodujejo človeškemu zdravju. Lahko povzročajo, ali obstaja sum, da povzročajo raka in so strupeni ali škodljivi za vodne organizme.

Na toksičnost **kovin** vplivajo številni dejavniki, med drugim kemična oblika kovine ali speciacija (elementarna oblika, anorganske spojine, kovinski kompleksi, organokovinske spojine), interakcije toksičnih kovin z esencialnimi, starost in stanje imunskega sistema pri posamezniku. Za toksične učinke je pomemben tudi biološki razpolovni čas kovin, tako je ta za kadmij in svinec od 20 do 30 let, medtem ko je za nekatere kovine, kot so arzen, kobalt in krom, samo nekaj ur ali dni. Kritični organi za kovine so različni, vendar so pri kroničnih učinkih v ospredju pljuča, ledvica, centralni živčni in imunski sistem. Med kronične učinke kovin spadata tudi reprodukcijska toksičnost in kancerogenost (Černe, 2009).

5.5 Količina onesnaževal

Količina onesnaževal v času gradnje bo odvisna od vrste in količine delovnih strojev, ki se bodo v danem trenutku nahajala na gradbišču.

Količina onesnaževal v času obratovanja je odvisna od števila novih priključkov na kanalizacijo in števila oseb v na novo priključenih objektih. Na območju aglomeracije Hoče bo na novo na kanalizacijo priključenih 132 objektov, kjer bodo okvirno stanovale 403 osebe, v aglomeraciji Radizel pa 46 objektov s cca 128 stanovalci. Glede na preglednico 1, kjer je predstavljena značilna sestava neobdelane komunalne odpadne vode iz gospodinjstev in splošni normativ porabe vode na osebo, ki znaša 150 l/dan, smo v preglednici 2 podali skupno količino potencialnih onesnaževal za vsako posamezno aglomeracijo.

Preglednica 2: Količina potencialnih onesnaževal

Parameter	količina (g/osebo/dan)	aglomeracija Hoče količina (g/dan)	aglomeracija Radizel količina (g/dan)
TOC	37,5	15.113	4.800
Dušik - skupni	6	2.418	768
Nitrati (po nitrifikaciji skupnega dušika)	26,6	10.720	3.405
Fosfor - skupni	1,8	725	230
Ortofosfati	5,5	2.217	704
Klorid	7,5	3.023	960
Sulfat	4,5	1.814	576
Težko hlapne lipofilne snovi (masti in olja)	12	4.836	1.536
Lahkohlapne organske spojine (LKCH, BTX)	0,0375	15,1	4,80
Aluminij	0,09	36,3	11,5
Kadmij	0,0003	0,12	0,04
Krom	0,00375	1,51	0,48
Baker	0,0105	4,23	1,34
Svinec	0,009	3,63	1,15
Živo srebro	0,0003	0,12	0,04
Nikelj	0,00375	1,51	0,48
Srebro	0,00105	0,42	0,13
Cink	0,03	12,1	3,84

6 VODNI VIRI

6.1 Opis vodnih virov

6.1.1 Črpališče Dobrovce

je najjužnejše aktivno črpališče Mariborskega vodovoda. Samo črpališče se nahaja v gozdu, ki pa varuje le manjši del najožjega vodovarstvenega območja (VVO I). V tem območju se med gozdom in naseljem Dobrovce nahaja območje njiv z intenzivno proizvodnjo, z mešanim lastništvom in različnimi vrstami kmetovanja (IVO, 2011), kar vpliva na poslabšanje kakovosti vodnega vira s parametri nitrata in pesticidov.

Zaenkrat sta na tem območju zgrajena in aktivna dva vodnjaka (DV-5 in DV-6) s posamezno kapaciteto cca 50 l/s (4320 m³/dan) oz. s kapaciteto trenutno vgrajenih črpalk 2 x 40 l/s. Pregled letno načrpane vode (preglednica 3) poda povprečno količino črpanja v zadnjih petih letih 1,26 mio. m³ podzemne vode oziroma 40 l/s. V konični potrošnji naj bi črpališče obratovalo z maksimalnimi količinami Q_{max} = 80 l/s, kolikor znašajo tudi instalirane kapacitete. Pregled podatkov za leto 2017 poda največjo

dejansko uporabljeno trenutno količino črpanja 66,3 l/s. V času nizkega vodnega stanja pa trenutni odvzemi niso presegli 50 l/s. Območje je varovano tudi kot rezervni vodni vir, kjer bi se naj lahko črpališče povečalo na 6 vodnjakov s skupno kapaciteto 300 l/s (25920 m³/dan).

Preglednica 3: Letno načrpane količine v črpališču Dobrovce (vir podatkov: Letna poročila MB vodovoda)

leto	2019	2020	2021	2022	2023
količina (m ³)	1,269,268	1,248,845	1,257,234	1,273,576	≈ 1,260,840
povprečje	slabih 1,262,000				

Vrtanje obeh vodnjakov in treh piezometrov je izvajalo podjetje RO »GEOTEHNIKA«, OOURa za specialne gradjevinke i hidrološke radove iz Zagreba. V času izvedbe so vodnjaka poimenovali B-1 in B-2. **Tehnični opis vodnjakov** je podan v elaboratu (Vojić et al, 1986):

Vodnjak B-1 (vrtanje marca, 1986)

Φ vrtanja 1200 mm, globina 28,00 m

+0,65 – 15,50 m: polna cev 600/586

15,50 – 25,50 m: filtrska cev 600/586

25, 50 – 27,50 m: usedalnik 600/586

Koeficient prepustnosti je izračunan po Dupuit-u na podlagi podatkov črpanja v vodnjaku in 80 m oddaljenega opazovalnega piezometra: $k_{B-1} = 1,76 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Vodnjak B-2 (vrtanje decembra, 1985)

Φ vrtanja 1200 mm, globina 28,00 m

+0,65 – 15,50 m: polna cev 600/586

15,50 – 25,50 m: filtrska cev 600/586

25, 50 – 27,50 m: usedalnik 600/586

Koeficient prepustnosti je izračunan po Dupuit-u na podlagi podatkov črpanja v vodnjaku in 80 m oddaljenega opazovalnega piezometra: $k_{B-2} = 1,75 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Med testiranjem vodnjakov se je pokazalo, da medsebojni vpliv posameznega črpanja ni enak za oba vodnjaka, kar bi lahko kazalo na to, da nista postavljena v prečni liniji glede na smer glavnega dotoka.

Na parceli 374/3, k.o. Skoke, je severno od že obstoječih črpalnih vodnjakov predviden nov črpalni **vodnjak DV-7**, na koordinatah D96/TM E: 555208, N: 149775. Na podlagi projektne naloge je predvidena izgradnja tipskega črpalnega vodnjaka globine 30 m s predvideno kapaciteto okoli 30 l/s.

6.1.2 Predvideno črpališče Dravski Dvor

Ideja o predvidenem črpališču Dravski Dvor ima dolgo brado, dejansko pa ne poznamo kakršnihkoli aktivnosti za izvedbo le-te. Za mesto vodnjakov je predvideno območje v okolici stare raziskovalne vrtine VP-22, ki jo kot opazovalno mesto uporablja imisijski monitoring MOM.

6.2 Ocena obstoječega stanja vodnih virov

Črpališče Dobrovce

Na vodnjakih črpališča Dobrovce je bilo v obdobju 2020 - 2024 opravljenih 261 mikrobioloških in 23 kemijskih preskušanj (MB vodovod d.o.o., 2025). Od tega sta bila v letu 2023 2 vzorca neskladna s *Pravilnikom o pitni vodi* zaradi prisotnosti koliformnih bakterij, vsi ostali vzorci so bili skladni..

Iz preglednice 4 je razvidno, da noben izmed parametrov ne presega mejne vrednosti (MV) ali standarda kakovosti (SK) za pitno vodo. Večina parametrov je daleč pod tema vrednostma. Nitrati so

cca na 1/2 dovoljene vrednosti, LKCH so pod mejo detekcije ali malenkost nad njo, pod mejo detekcije so tudi PAH in mineralna olja.

Povprečne koncentracije parametrov na merilnem mestu ARSO Rogoza (Rog-1/10) v obdobju 2020 – 2024 izkazujejo v splošnem nekoliko nižje koncentracije kot na MM Dobrovce (kjer se podatke da primerjati, saj so meje detekcije zaradi različnih analitskih metod različne).

Preglednica 4: Povprečne vsebnosti izbranih parametrov v črpališču Dobrovce ter na merilnem mestu ARSO Rogoza (Rog-1/10) z mejno vrednostjo ali standardom kakovosti(MV/SK) za pitno vodo

Parameter	enota	Rog-1/10 20-24	Dobrovce 18-22	MV/SK	št. meritev Rogoza	št. meritev Dobrovce
Terenski in osnovni parametri						
TOC	mg C/l	<5	<0.5		5	11
Amonij	mg NH ₄ /l	<0,013	<0.013		10	11
Nitriti	mg NO ₂ /l	<0,007	<0.007	0,5	10	11
Nitrati	mg NO ₃ /l	22,4	28,1	50	10	16
Sulfati	mg/l	14,7	18,7	250	10	7
Kloridi	mg/l	23,1	27,6	250	10	7
Fosfor (skupno)	mg PO ₄ /l	0,0875			2	
Ortofosfati	mg PO ₄ /l	<0,031	<0.031		10	11
Natrij	mg/l	12	14,4	200	5	7
Kalij	mg/l	1,76	2,3		5	6
Kovine						
Aluminij-filt.	µg/l	<5	<10	200	10	6
Baker-filt.	µg/l	0,203	<1	2000	10	6
Cink-filt.	µg/l	<1,2	<10		10	6
Kadmij-filt.	µg/l	<0,024	<0.1	5	10	6
Krom-filt.	µg/l	0,616	1,9	50	10	6
Nikelj-filt.	µg/l	0,253	<1	20	10	6
Srebro-filt.	µg/l	<0,03	<1		10	6
Svinec-filt.	µg/l	<0,1	<1	10	10	6
Živo srebro-filt.	µg/l	<0,01		1	5	
Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki (LKCH)						
triklorometan (kloroform)	µg/l	<0.1	0,12		2	6
1,2 - Dikloroetan	µg/l	<0.2	<0.2	3	2	11
1,1 - Dikloroeten	µg/l	<0.5	<0.5	2	2	11
Trikloroeten	µg/l	<0.1	0,14	10	2	11
Tetrakloroeten	µg/l	<0.1	<0.1		2	11
Lahkohlapni aromatski ogljikovodiki (BTX):						
Benzen	µg/l		<0.2	1		5
m,p- Ksilen	µg/l		<0.4			5
o-Ksilen	µg/l		<0.2			5
Toluen	µg/l		<0.2			5
PAH vsota	µg/l		<0.007	0,1		5
Celotni ogljikovodiki (mineralna olja)	mg/l		<0.02			5

6.2.1 Predvideno črpališče Dravski Dvor

Na vrtini VP-22 se izvaja Imisijski monitoring MOM. V obdobju 2019-2023 so bile izmerjene povprečne vsebnosti: 27 mg/l nitrata, 16,9 mg/l sulfata in 22,3 mg/l klorida. Opazen je trend upadanja vsebnosti nitrata.

7 OPREDELITEV MOŽNIH SCENARIJEV RAZVOJA DOGODKOV

V analizi tveganja je v skladu s 50. členom Pravilnika potrebno opredeliti tri scenarije dogodkov, za katere se ugotavljajo posledice oziroma vplivi na vodne vire, in sicer normalni, alternativni in črni scenarij. Scenarije dogodkov je potrebno predvideti ločeno za čas gradnje in čas obratovanja.

Pri izbiri dogodkov po scenarijih je treba opredeliti verjetnosti posameznih dogodkov, ki pada od normalnega do črnega scenarija. Normalni scenarij se bo v vsakem primeru zgodil, zato je njegova verjetnost enaka 1. Alternativni scenarij je ob pravilnem ravnanju pri gradnji ali obratovanju bistveno manj verjeten. Najnižjo verjetnost pojavitve ima črni scenarij, saj je sestavljen iz dveh redkih oziroma malo verjetnih dogodkov – razlitja večjega volumna onesnažila ter popolno odpoved preventivnih zaščitnih in omilitvenih ukrepov na območju.

7.1 Scenariji v času gradnje

Scenarij normalnega razvoja dogodkov

Normalni scenarij v času gradnje ne predvideva posebnih dogodkov, ki bi povečali obremenitev okolja. Obremenitve z naslova gradnje so minimalne in so posledica delovanja delovnih strojev ter transporta gradbenih materialov, kot posledica izpuhov ali neočiščene mehanizacije in neprimerne skrbi za gradbene odpadke. V primeru tako minornih obremenitev smatramo, da v tleh pride do popolne biorazgradnje ali lokalne adsorpcije morebitnih onesnaženj.

Scenarij alternativnega razvoja dogodkov

Scenarij alternativnega razvoja dogodkov v času gradnje predstavljajo vsa odstopanja od normalnega scenarija, ki niso posledica nesreče na gradbišču, temveč bolj malomarnega ravnanja z nevarnimi snovmi. Kot dogodek po tem scenariju smo predpostavili razlitje 10 kg dizelskega goriva, do katerega pride zaradi neprimerne ravnanja delavca pri dotakanju goriva v gradbeni stroj. Ob možnem takojšnjem ukrepanju se odstrani večji del onesnažene zemljine, kljub temu v podzemlje infiltrira **10 % (1kg)** pogonskega goriva.

Scenarij najslabše možnosti

Za črn scenarij privzemamo delovno nesrečo s prevrnitvijo in poškodovanjem gradbenega stroja, ki botruje razlitju 100 kg pogonskega goriva (dizel). Zaradi reševanja poškodovanih se s takojšnjo sanacijo onesnaženja zamuja, odstranitev onesnažene zemljine je pomanjkljiva, a zaradi zelo počasnega toka podzemne vode vendarle solidna. V nezasičeno cono ponikne 10 % razlite količine (**10 kg** goriva), ki v celoti prispe do gladine podzemne vode.

7.2 Scenariji v času obratovanja

Scenarij normalnega razvoja dogodkov

Za normalen scenarij predvidevamo, da kanalizacijski sistem obratuje brez posebnosti in je popolnoma vodotesen, komunalne odpadne vode se v celoti odvajajo na komunalno čistilno napravo. Ker se ukinejo številne greznice, se negativni vpliv na okolje močno zmanjša.

Scenarij alternativnega razvoja dogodkov

V alternativnem scenariju smo predvideli puščanje spoja na kanalizacijski cevi in iztekanje manjše količine fekalne vode v vodonosnik. Zaradi majhne količine (npr. 0,1 l/s) se iztekanje ne opazi, onesnaženje se širi s tokom podzemne vode in je podvrženo disperziji ter samočistilni sposobnosti vodonosnika. Ker se ukinejo številne greznice, se negativni vpliv na okolje kljub napaki na cevovodu zmanjša.

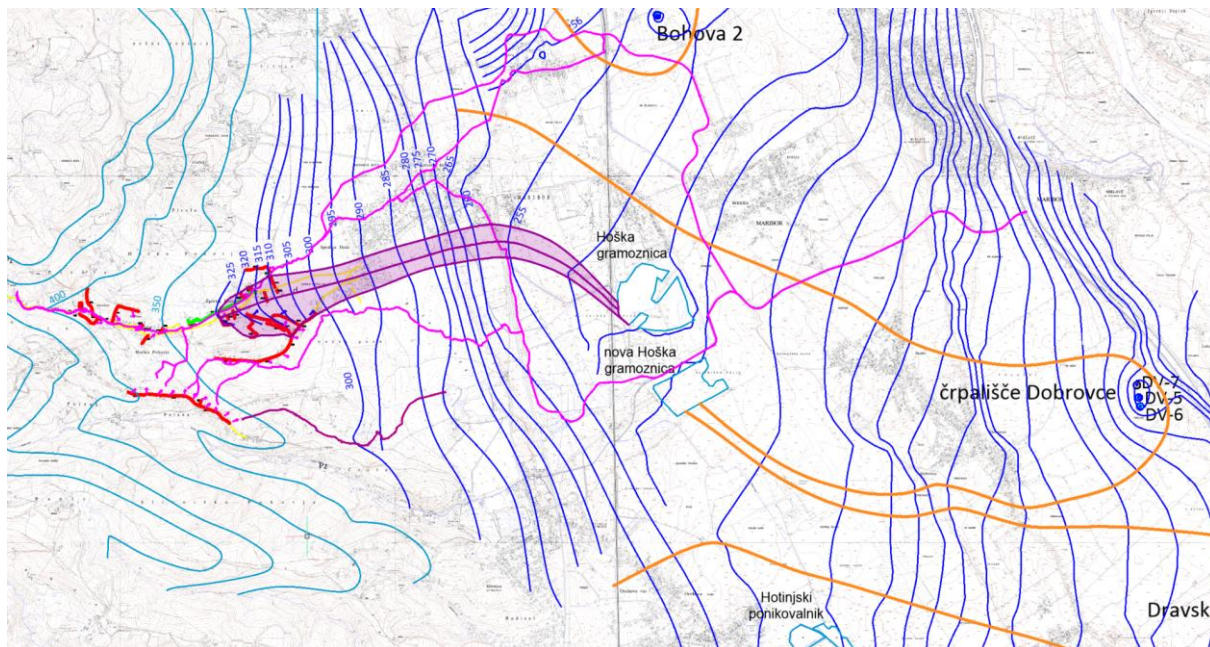
Scenarij najslabše možnosti

Za črni scenarij smo izbrali popoln lom kanalizacijske cevi zaradi zemeljskih del s strani tretje osebe. Do sanacije poškodbe pride z zakasnitvijo, tako da v vodonosnik izteče 1-dnevna količina fekalnih voda.

8 ŠIRJENJE ONESNAŽENJA

8.1 Transportne poti onesnaženja

Glede na lokacijo razlitja potencialnega onesnaževala, lahko le-to potuje po različnih transportnih poteh (slika 9):



Slika 9: Transportne poti morebitnega onesnaženja: roza linija se zaključi v kanalu HE Zlatoličje, vijolična linija v Slivniških ribnikih, črna v Hotinjskem ponikovalniku, vijolični pas v Hoški gramoznici; oranžna linija – vplivno območje črpališč, v Dobrovcih je že upoštevan načrtovani vodnjak DV-7; v Dravskem Dvoru gladine ne prikazujejo črpanja, ga pa upošteva izrisano vplivno območje

1. Onesnaženje z območja zahodnega dela aglomeracije Hoče (Pivola, Hočko Pohorje, majhen del Zg. Hoč in južni del zaselka Zafošt) ter z večjega dela aglomeracije Radizel (Polana) se steka proti Hočkemu potoku. Po njem nadaljuje pot (roza linija; slika 9) in se v nadaljevanju razdeli na več krakov. Vzhodno od Hoške gramoznice se kraki dokončno združijo v eno strugo, ki zaključi pot v kanalu HE Zlatoličje.
2. Razlitje s skrajnega vzhodnega konca aglomeracije Radizel bi odtekalo v neimenovan potok, ki teče cca proti vzhodu in se izliva v Slivniške ribnike (vijolična linija).
3. Onesnaženje iz vzhodnega dela aglomeracije Hoče (del Zg. Hoč, severni del zaselka Zafošt in Spodnje Hoče) se po prehodu nezasičene cone in dosegu gladine podzemne vode širi proti vzhod-severovzhodu v lokalnem vodonosniku s srednjo prepustnostjo in debelino zasičene cone, ki po naši oceni ne preseže nekaj metrov. Dolžina tega odseka transportne poti je 2,4 km. Na območju Hitre ceste (južna MB vpadnica) se tok lokalnega vodonosnika pridruži toku regionalnega vodonosnika Dravskega polja. Hitrost toka se zaradi dobre prepustnosti znatno poveča, tudi omočenost se poveča na cca. 9 m. Smer transportne poti po vstopu v regionalni vodonosnik močno povije proti jugovzhodu oziroma proti Hoški gramoznici. Gramoznica, v kateri je piezometrična gladina praktično izravnana, se namreč napaja z zalednim tokom podzemne vode na celotnem zahodnem in severozahodnem robu, pri čemer v zaledju ustvarja širšo depresijo. Dolžina tega odseka poti je 1,1 km.

V gramoznici se onesnaženje v volumnu vode neizmerno razredči. Iztok iz gramoznice ponovno v vodonosnik se vrši tako na južnem kot vzhodnem robu gramoznice. Pretok podzemne vode skozi gramoznico še ni bil podrobno raziskan, dokazano pa v najbolj sušnih razmerah presega 30 l/s, v vodnatem obdobju pa vsaj 72 l/s. Volumen vode v gramoznici je blizu 2 mio. m³, torej se voda v gramoznici zadrži okrog leto dni do leta in pol. Organska onesnažila so v tem času podvržena mikrobiološki razgradnji.

4. Transportnih poti onesnaženja po prehodu gramoznice je veliko, saj je iztok porazdeljen na praktično polovico oboda gramoznice skozi vse leto, od vodnega stanja se le nekoliko spreminja razmerje med deležema toka proti vzhodu in jugu (v južno Hočko gramoznico). Tako bi se onesnaženje razpršeno širilo od vzhodne do južne smeri toka, v zelo širokem pasu podzemne vode.

Na podlagi obravnavanega vira in vrste potencialnega onesnaženja je v mejah razuma mogoče tveganje za onesnaženje podzemne vode opredeljevati le na prvem in drugem odseku transporta s podzemno vodo, saj v gramoznici poteče enormno razredčenje in biorazgradnja onesnažil.

Z večjega dela območja predvidenih posegov torej podzemna voda drenira v potoke, ali preko dna strug ali v obliki izvirov. Ti potoki v ravninskem svetu Dravskega polja vsaj občasno delno infiltrirajo v podzemlje. Infiltracija je značilna zlasti v času povišanih vodostajev v strugah. Z vidika tveganja za onesnaženje vodnih virov pa je treba upoštevati, da se z izgradnjo kanalizacije nadomeščajo greznice, ki že danes stalno obremenjujejo te transportne poti. **Prav zmanjšanje obremenitev voda je namen izgradnje kanalizacijskega sistema in ukinitve greznic, zato tukaj ni kaj presojati.** Je pa smiselno predvideti ukrepe, ki povečujejo učinkovitost pri doseganju tega cilja.

8.2 Adveksijski tok podzemne vode

Adveksijski tok podzemne vode opišemo z Darcyjevimi zakonom:

$$Q = -\frac{k\rho g}{\mu} A \frac{dh}{dl}$$

Darcyjeva hitrost je:

$$v = \frac{k\rho g}{\mu} \frac{dh}{dl}$$

Realna (linearna) hitrost transporta vode je količnik med Darcyjevo hitrostjo in učinkovito poroznostjo vodonosnika:

$$U = \frac{k\rho g}{\varepsilon\mu} \frac{dh}{dl}$$

Na podlagi podatkov iz poglavja 4.2, izračunamo Darcyjevo hitrost toka podzemne vode v lokalnem vodonosniku doline Hočkega potoka $v = 0,02 \text{ m/dan}$. Realna hitrost toka oziroma napredovanja konservativnega onesnaženja je z ozirom na ocenjeno učinkovito poroznost $U = 0,21 \text{ m/dan}$. Počasen tok omogoča učinkovito sanacijo morebitnega razlitja oziroma onesnaženja.

Primer adveksijskega toka dizelskega goriva

Dizelsko gorivo v vodi ni topno in plava na njeni gladini. Pri izračunu časa potovanja onesnaževal, ki se z vodo ne mešajo, je potrebno upoštevati njihove fizikalne lastnosti, gostoto in viskoznost, ki vplivajo na hitrost pretakanja skozi porozni medij. Za primer dizelskega pogonskega goriva s kinematično viskoznostjo (pri 10 °C) $\nu_{oil} \approx 10 \text{ mm}^2/\text{s}$ in vode $\nu_w = 1,31 \text{ mm}^2/\text{s}$ korigiramo linearno hitrost toka

$$U_{oil} = U \cdot \frac{\nu_{oil}}{\nu_w}$$

in dobimo $U_{(oil)} = 2,8 \text{ cm/dan}$.

Samo z naslova razlike v viskoznosti torej lahko ocenimo R_f za dizelsko gorivo $R_f = 7,6$. V strokovni literaturi sicer najdemo primere, ko je bila ugotovljena dejanska retardacija dizelskega goriva z $R_f = 12$, niso pa povsem znane lastnosti poroznega prostora, za katerega je faktor podan.

Transport ostankov dizelskega goriva, ki jih ne bi odstranili s sanacijo razlitja, bi tako zgolj za pot po lokalni vodonosni strukturi (na sliki 5 enota 2) potreboval okrog 180 let.

9 IZRAČUN RELATIVNE OBČUTLJIVOSTI

Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16) v 48. členu določa, da gradnja objektov in izvajanje dejavnosti predstavlja sprejemljivo tveganje, če sprememba kateregakoli parametra, ki je predmet analize tveganja za onesnaženje, ne presega relativne občutljivosti za ta parameter iz tabele 2 priloge 2, ki je sestavni del Pravilnika. Za parametre, pri katerih vrednost relativne občutljivosti v tabeli ni določena, se šteje, da je vrednost relativne občutljivosti +2. Relativna občutljivost (RO) je razmerje med opazovano novo vrednostjo stanja vode zaradi ogroženosti in referenčnim stanjem in se izračuna na naslednji način:

$$S = (R + \Delta R) / R$$

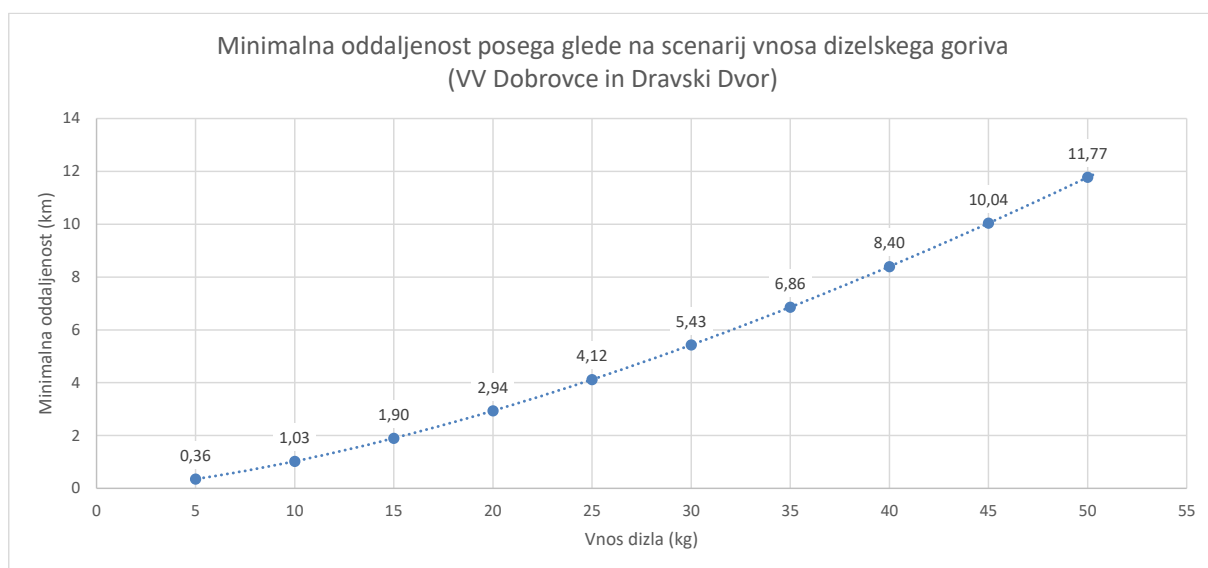
kjer so:

S – relativna občutljivost

R – referenčno stanje, ki je enako povprečni vrednosti parametra pred gradnjo objekta, izračunani kot aritmetična sredina rezultatov analiz monitoringa na zajetu v zadnjih petih letih

ΔR – sprememba referenčnega stanja zaradi ogroženosti

V času gradnje smo v črnem scenariju predvideli razlitje dizelskega goriva, ki doseže gladino podzemne vode v količini 10 kg. V letu 2023 smo zraven napajalnih zaledij vodnih virov določili tudi potrebno oddaljenost razlitja za določeno količino vnosa dizelskega goriva, ki je z vidika izračuna relativne občutljivosti še sprejemljiva. Rezultati so prikazani na sliki 10. Posledic enkratnega vnosa količine 10 kg v črpališčih ne bi bilo mogoče zaznati, v kolikor bi se razlitje zgodilo 1,03 km ali več od črpališča.



Slika 10: Z vidika relativne občutljivosti še dopustna bližina posega od VV Dobrovce in Dravski Dvor glede na količino vnosa dizelskega goriva v podzemno vodo

Poseg je od vodnjakov v Dobrovcih oddaljen vsaj 6,8 km zračne linije. Torej onesnaženja po črnem scenariju v času gradnje nikakor ne bi bilo mogoče zaznati v črpni vodi, četudi bi bila transportna pot homogena (aluvialni vodonosnik Dravskega polja). Izračunana relativna občutljivost zaradi razlitja v času gradnje je tako

$$S = 1$$

in poseg je z vidika tveganja za onesnaženje vodnih virov dopusten.

Kot že rečeno, se z izgradnjo kanalizacij nadomešča greznice, ki že danes obremenjujejo vode. Učinek na kakovost vodnih virov zaradi posega je lahko zgolj pozitiven ali pa ga ni. Izračunana relativna občutljivost za čas obratovanja bi po vseh scenarijih bila

$$S \leq 1$$

in poseg je z vidika tveganja za onesnaženje vodnih virov dopusten.

10 VARNOSTNI IN ZAŠČITNI UKREPI

Za preprečevanje onesnaženja podzemne vode v nadaljevanju podajamo nabor osnovnih varnostnih oziroma zaščitnih ukrepov, ki jih je potrebno dosledno upoštevati.

10.1 Splošni zaščitni ukrepi v času gradnje

1. Gradbišče mora biti urejeno in zavarovano v skladu s *Pravilnikom o gradbiščih* (UL RS št. 55/08, 54/09 – popr., 61/17 – GZ in 199/21 – GZ-1). Dela na gradbišču morajo potekati v skladu z veljavnimi predpisi s področja varstva pri delu in varstva okolja ter *Uredbo o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih* (UL RS št. 83/05 in 43/11 - ZVZD-1).
2. Na širšem VVO je treba graditi nad srednjo gladino podzemne vode, izjemoma je gradnja dovoljena tudi globlje, če se transmisivnost vodonosnika na mestu gradnje ne zmanjša za več kot 10%.
3. Vsa gradbena vozila in stroji, ki se uporabljajo na gradbišču, morajo biti tehnično brezhibni, očiščeni ter redno pregledovani in vzdrževani, da ne bi prišlo do puščanja goriva, motornega, zavornega ali hidravličnega olja.
4. Na gradbišču morajo biti na razpolago zaščitna folija, lovilna korita in absorbna sredstva za primer, da bi prišlo do iztoka goriva oziroma olja. Folija in korita morajo biti nemudoma nameščeni povsod, kjer pride do točkovnega kapljanja goriva ali olja.
5. Zaščitno folijo, absorpcijska sredstva in lovilna korita, ki so bila uporabljena v primeru iztekanja olj ali goriva, je potrebno po končanih delih odstraniti. Z onesnaženim materialom je potrebno ravnati v skladu z *Uredbo o odpadkih* (Uradni list RS, št. 77/22, 113/23 in 13/25).
6. Za primer nezgodnih dogodkov (npr. izlitje naftnih derivatov v tla) mora izvajalec gradbenih del pripraviti načrt ravnanja za takojšnje ukrepanje. V načrtu morajo biti določene pooblaščen osebe, ki so odgovorne za organizacijo intervencije.
7. Odpadke, ki nastanejo pri gradbenih delih je potrebno hraniti ločeno po vrstah gradbenih odpadkov iz klasifikacijskega seznama odpadkov.
8. Nevarne odpadke je potrebno zbirati ločeno. Določeno mora biti ustrezno opremljeno mesto na območju gradbišča za kratkotrajno skladiščenje nevarnih odpadkov, skladiščne posode za nevarne odpadke pa morajo biti iz ustreznih materialov (odpornih na skladiščene snovi), zaprte in ustrezno označene (oznaka odpadka, oznaka nevarnosti).
9. Zagotovljen mora biti reden odvoz odpadkov z območja gradbišča, pri čemer je potrebno gradbene odpadke oddati zbiralcu gradbenih odpadkov, nevarne odpadke pa pooblaščen organizaciji za zbiranje nevarnih odpadkov, kar mora biti tudi ustrezno evidentirano.
10. Na delovišču morajo biti upoštevani vsi predpisi o zaščiti pred požari, eksplozijami in razlivanjem.
11. Sanitarije na gradbišču, razen kemičnih stranišč ali sanitarij z urejeno odvodnjo v kanalizacijo, niso dovoljene.
12. Vgrajevanje in spajanje cevi se izvaja po navodilih proizvajalca. Po končanih delih se izvede preizkus vodotesnosti in pregled kanalizacije s kamero.

10.2 Ukrepi v primeru razlitja nevarnih snovi tekom gradnje

1. Mesto nesreče ustrezno zavarovati in označiti.
2. Preprečiti nastanek požara.
3. Po možnosti takoj izkopati vso kontaminirano zemljino na način, da se ne pospešuje širjenja onesnaženja v globino tal.
4. Površje tal na mestu razlitja posipati z absorbentom in prekriti s PVC folijo, da se prepreči infiltracija padavin.
5. Glede na karakteristike absorbne snovi (ko je zasičena spremeni barvo) absorbno snov odstranimo tako, da s tem ne onesnažimo okolja (z lopato, z metlo).
6. V primeru razlitja nevarne snovi na utrjenih površinah je potrebno absorbent posipati na debelo po robovih razlitja, da se prepreči širjenje madeža.
7. V primeru razlitja nevarne snovi na raščeni tleh ali v gradbenih jamah je potrebno absorbent posipati na debelo po celotni površini madeža, onesnaženju pa dopustiti, da zavzame čim večjo površino in s tem plitvejšo infiltracijo onesnaženja.
8. Kontaminirane zemljine odpeljemo na odlagališče nevarnih odpadkov.
9. O nesreči je potrebno takoj obvestiti regionalni center za obveščanje.
10. V primeru kontaminacije vodonosnika je potrebno sanacijo izvesti po navodilih strokovnjaka s področja hidrogeologije.
11. V primeru kontaminacije vodonosnika je potrebno vzpostaviti monitoring vplivov razlitja na podzemno vodo po načrtu, ki ga izdelata strokovnjak s področja hidrogeologije.

11 MONITORING PODZEMNIH VODA

Monitoring kakovostnega stanja podzemnih voda ni potreben, v kolikor je zagotovljena vodotesnost kanalizacijskega sistema. Obenem tudi ni smiselno, saj s točkovnim opazovanjem ni mogoče vnaprej »pokriti« prostorsko tako razvejanih sistemov oziroma vnaprej predvideti potencialnega mesta in transportne poti onesnaženja. O monitoringu podzemnih voda je potrebno znova presoditi v primeru poškodbe cevovoda ter kontaminacije podzemnih voda.

12 SKLEP

Iz rezultatov analize tveganja izhaja, da je predvideni poseg izgradnje ločenega sistema odvajanja odpadnih voda v Zgornjih Hočah in Polani sprejemljiv. Zastavljeni projekt je skladen z zahtevami in omejitvami Uredbe o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrave in Dravskega polja.

Z vidika obremenjevanja podzemnih voda, ureditev odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda z novo javno kanalizacijo ter posledično ukinitvijo številnih obstoječih greznic, bo predvideni poseg pozitivno vplival na kakovostno stanje vodonosnika Dravskega polja.

13 VIRI IN LITERATURA

- Battle-Aguilar, J., Brouyere, S., Dassargues, A., Morasch, B., Hunkeler, D., Höhener, P., . . . Halen, H. (2009). *Benzene dispersion and natural attenuation in an alluvial aquifer with strong interactions with surface water*. Journal of Hydrology, 369, 305-317.
- IVO. (2011). *Izvajanje pilotnega programa ukrepov za zmanjšanje onesnaženja pitne vode s kemijskimi onesnaževali v Mariborski regiji oskrbe s pitno vodo za obdobje 2007-2010*. Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, Inštitut za varstvo okolja - Prvomajska ulica 1, 2000 Maribor.
- Kim, J., & Jeon, C. (2009). Isolation and Characterization of a New Benzene, Toluene, and Ethylbenzene Degrading Bacterium, *Acinetobacter* sp. B113. *Current Microbiology*(58), 70-75.
- MB vodovod d.o.o. (2025). *Letna poročila o skladnosti pitne vode*. Pridobljeno 27. 06. 2025 iz <https://www.mb-vodovod.si/oskrba-z-vodo/o-pitni-vodi/letna-porocila-o-skladnosti-pitne-vode/>
- Mioč, P., & Žnidarčič, M. (1989). *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tolmač za lista Maribor in Leibnitz L33-56 L33-44*. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Sherene, T. (2010). *Mobility and transport of heavy metals in polluted soil environment*. Biological Forum - An International Journal, 2(2), pp. 112-121.
- Todd, D., & Mays, L. (2005). *Groundwater Hydrology (3rd edition)*. USA: John Wiley & Sons, INC. 636 pp.
- Vojić et al. (1986). *Izveštaj o izvedbi 2 istražno-eksploataciona bunara i 3 piezometra u Dobravcima kod Maribora*. RO »GEOTEHNIKA«, OOURa za specijalne gradjevinske i hidrološke radove, Zagreb.
- WHO. (2008). *Guidelines for Drinking-water Quality*. 3rd edition. Geneva. 515 pp.
- Žgajnar Gotvajn, A., Kompare, B., & Zagorc Končan, J. (2009). *Vpliv odpadnih vod avtocestnega sistema na okolje*. Portorož, 21. - 22. oktober 2009, Vodni dnevi 2009.
- Žnidarčič, M., & Mioč, P. (1988). *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, L 33-56 in L 33-44, Maribor in Leibnitz*. Zvezni geološki zavod, Beograd.