

INVESTITOR:

DARS d.d.

OBJEKT:

HC Koper – Dragonja, odsek 0385 Koper – Dragonja, glavna trasa

VRSTA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

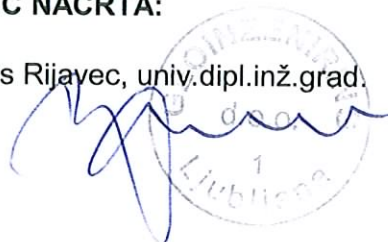
IDP

ZA GRADNJO:

Novogradnja

IZDELOVALEC NAČRTA:

GEOINŽENIRING d.o.o., Boris Rijavec, univ.dipl.inž.grad.



ODGOVORNA IZDELOVALKA NAČRTA:

Mirjana Kraljič Kenk, univ.dipl.inž.grad., IZS G – 1785



MIRJANA KRALJIČ KENK
univ. dipl. inž. grad.
IZS G-1785

ODGOVORNI VODJA PROJEKTA:

Janez Šenk, univ.dipl.inž.grad., IZS G – 0474

ŠTEVILKA PROJEKTA:

C – 180 / 07

ŠTEVILKA, KRAJ IN DATUM IZDELAVE NAČRTA:

8944/09, Ljubljana, april 2009

0385		001.0301	S.1	
-------------	--	-----------------	------------	--

9/3 KAZALO VSEBINE ELABORATA

ZVEZEK 9/3-25.1

S SPLOŠNI DEL

- 1.0 Naslovna stran
- 2.0 Kazalo vsebine elaborata
- 3.0 Zabeležka sestanka recenzijske komisije
- 4.0 Poročilo o pregledu projektne dokumentacije (FGG, dr. Logar)
- 5.0 Odgovori na pripombe recenzenta
- 6.0 Izjava recenzenta o usklajenosti projektne dokumentacije s pripombami

T1 TEHNIČNO POROČILO O IZVEDENIH RAZISKAVAH TAL

- 1.0 UVOD
 - 1.1 Povzetek vsebine poročila
 - 1.2 Predhodne raziskave
 - 1.3 Kratak geografsko geomorfološki opis terena

- 2.0 TERENSKE RAZISKAVE
 - 2.1 Inženirsko geološko kartiranje
 - 2.2 Raziskovalno vrtanje
 - 2.3 Meritve s presiometrom
 - 2.4 SPT meritve
 - 2.5 Nalivalni preizkusi
 - 2.6 Sondažni jaški
 - 2.7 Dinamične penetracijske sonde

- 3.0 LABORATORIJSKE PREISKAVE
 - 3.1 Splošno o izvedenih preiskavah
 - 3.2 Pregled rezultatov preiskav zemljin in hribin s komentarjem

- 4.0 GEOLOŠKI OPIS OZEMLJA
 - 4.1 Splošni opis
 - 4.2 Litološko stratigrafski pregled inženirsko geoloških enot
 - 4.3 Hidrogeološka slika obravnavanega območja
 - 4.4 Inženirsko geološka ocena flišnih kamnin
 - 4.5 Seizmičnost terena

- 5.0 PREGLED INŽENIRSKO GEOLOŠKIH, HIDRO GEOLOŠKIH IN GEOTEHNIČNIH RAZMER NA TRASI PO ODSEKIH
 - 5.1 Odsek od km -0,5 + 00 do km 3,3 + 80
 - 5.2 Odsek od km 3,3 + 80 do km 5,0 + 00
 - 5.3 Odsek od km 5,0 + 00 do km 7,3 + 20
 - 5.4 Odsek od km 7,3 + 20 do km 8,5 + 80(predor Šmarje)
 - 5.5 Odsek od km 8,5 + 80 do km 10,3 + 00
 - 5.6 Odsek od km 10,3 + 00 do km 11,4 + 80
 - 5.7 Odsek od km 11,4 + 80 do km 15,8 + 00

T2 TEHNIČNO POROČILO O POGOJIH IZGRADNJE TRASE HC

- 6.0 UPORABNOST LOKALNIH MATERIALOV ZA VGRADNJO V NASIPE
- 7.0 STABILNOSTNE ANALIZE VKOPOV, NASIPOV
 - 7.1 Splošno o stabilnostnih analizah nasipov (in nižjih vkopov v zemljinah)
 - 7.2 Opis stabilnostnih analiz karakterističnih prečnih profilov
 - 7.3 Splošno o stabilnostnih analizah vkopov
 - 7.4 Opis stabilnostnih analiz karakterističnih prečnih profilov vkopov
- 8.0 POSEDKI IN KONSOLIDACIJA TAL POD NASIPI
 - 8.1 Izračuni posedkov in konsolidacije tal pod nasipi
 - 8.2 Komentar izračunov in ukrepi za pospešitev posedanja
- 9.0 GEOTEHNIČNI POGOJI ZA IZGRADNJO VKOPOV, NASIPOV
 - 9.1 Pogoji izvedbe vkopov
 - 9.2 Pogoji izvedbe nasipov
- 10.0 POGOJI IZGRADNJE OBJEKTOV
- 11.0 PREDLOGI ZA GEOTEHNIČNE RAZISKAVE V VIŠJI STOPNJI NAČRTOVANJA

R GRAFIČNE PRILOGE A4 FORMATA

- ZVEZEK 9/3-25.2 : R. 1 Geotehnični profili sondažnih vrtin
- ZVEZEK 9/3-25.3 : R.2 Diagrami dinamičnih penetracijskih sond
R.3 Geotehnični profili sondažnih jaškov z rezultati meritev E_{vd}
R.4 Prikazi presiometričnih meritev
R.5 Prikazi nalivalnih poizkusov
- ZVEZEK 9/3-25.4 : R.6 Rezultati laboratorijskih preiskav
- ZVEZEK 9/3-25.5 : R.7 Prikazi stabilnostnih analiz vkopov in nasipov
R.8 Izračuni posedkov in konsolidacije tal pod nasipi

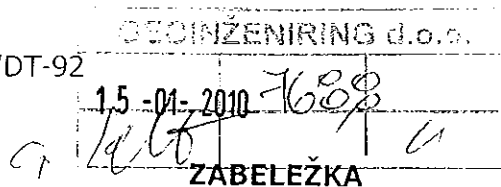
G RISBE

- ZVEZEK 9/3-26.1 : G.1.0 Pregledna karta M 1 : 25 000
G.1.1 – 1.12 Inženirsko geološke karte M 1 : 2 000
- ZVEZEK 9/3-26.2 : G.2.1-2.15 Vzdolžni geološki profil trase HC M 1 : 2000/200
- ZVEZEK 9/3-26.3 : G.3.1 – 3.24 Karakteristični prečni profili trase HC M 1 : 200
G.4.1 – 4.3 Hidrogeološki profili piezometrov M 1 : 200



Kotnikova ulica 40
1000 Ljubljana
p.p. 258
T: 01 30 68 100
F: 01 30 68 101
E: ddc@ddc.si
www.ddc.si

Številka: 402-26/09-DDC/DT-92
Datum: 12.01.2010



ZABELEŽKA

sestanka **Recenzijske komisije**, ki je bil dne 07.12.2009 pri DDC svetovanje inženiring d.o.o. v prostorih na Kotnikovi ulici 40 v Ljubljani

Tema sestanka: IDP (Strokovne podlage za DPN)
HC Koper - Dragonja
a) Geološko geotehnični elaborat
(JV Proniz d.o.o. Lj. & PA-NG d.o.o. Lj. & SPIT d.o.o. Solkan & Ginex d.o.o. NG & Projekt Nova Gorica d.d., št. projekta: C-180/07, sept.2009)

Navzoči:

- g. Pavel Saje, predsednik recenzijske komisije
- g. Jože Zimšek, stalni član, predstavnik Naročnika
- dr. Miklavž Čepon, stalni član
- prof.dr. Janez Žmavc, stalni član
- prof.dr. Milenko Pržulj, občasni član
- g. Andrej Ločniškar, občasni član
- g. Blaž Kuželički, DDC
- izr.prof.dr. Janko Logar, recenzent
- ga. Katja Bebar, PA-NG d.o.o. Lj.
- ga. Mirjana Kenk, Geoinženiring d.o.o. Lj.
- g. Marko Kočevar, Geoinženiring d.o.o. Lj.

Projektno dokumentacijo je izdelal JV Proniz d.o.o. Lj. & PA-NG d.o.o. Lj. & SPIT d.o.o. Solkan & Ginex international d.o.o. Nova Gorica & Projekt Nova Gorica d.d., odgovorni vodja projekta je Janez Šenk, univ.dipl.inž.grad.

Geološko geotehnični elaborat je izdelal Geoinženiring d.o.o. Ljubljana, odgovorni izdelovalec elaborata je Mirjana Kenk, univ.dipl.inž.grad.

Elaborat je pregledal izr.prof.dr. Janko Logar ter pripravil pisno poročilo z dne 4.12.2009, ki je sestavni del zabeležke.


Recenzijska komisija je na podlagi pisnega poročila recenzenta in razprave na sestanku sprejela naslednje ugotovitve, zaključke in sklepe:

Ugotovitve k poročilu g.Logarja:

Sklep 1: Načrt je potrebno dopolniti v skladu s pripombami recenzenta, navedenimi v poročilu o pregledu projekta, oziroma na pripombe in ugotovitve podati pisne odgovore.

Sklep 2: Pokriti vkop Škocjan 8-1 je mogoče izvesti tudi brez predorskega dela v odprti gradbeni jami. Za zaščito magistralne vodovodne cevi je mogoče izvesti premostitveno konstrukcijo za čas gradnje pokritega vkopa. Predlaga se izdelavo inženirske analize premostitvene konstrukcije s projektom konstrukcije, ki zajema statično in ekonomsko presojo, ki bo služila za primerjavo obeh predlaganih postopkov gradnje.

Stran 1 od 3

 0385 <small>ISO 9001 Q-216</small>		001.0301	S.3	
--	--	-----------------	------------	--

Sklep 3: Ponovno je potrebno analizirati vhodne podatke za izračune posedkov nasipov (v ravninskem delu so ocenjeni na do 70 cm).

Pripombe v razpravi:

Sklep 4: Izpostavljen je bil koncept izgradnje premostitvenih objektov, ki na mestu krajnih opornih konstrukcij predvideva pilotiranje skozi nasipe vse do naleganja prekladne konstrukcije. Takšen koncept gradnje se predlaga tudi na nadvozu 4-4.

Sklep 5: Izdela naj se idejna zasnova za oporne in podporne konstrukcije po celotni trasi z geološko geomehanskimi pogoji temeljenja

Sklep 6: Voziščne konstrukcije je treba uskladiti s prognozirano prometno obremenitvijo na načrtovanih prometnih pasovih.

Sklep 7: Opredeliti je treba dolžine vertikalnih drenaž na območjih slabo nosilnih temeljnih tal in predvideti postopke izvedbe (samo do poltrdne oziroma trdne zemljine plasti).

Sklep 8: Potek trase HC je treba ponovno proučiti, posebno na odsekih z velikimi zemeljskimi deli, vključno s postopkom izvajanja del.

Sklep 9: Napake in pomanjkljivosti v tehničnem poročilu je treba popraviti.

Po izvršenih dopolnitvah in popravkih projektne dokumentacije mora projektant pridobiti izjavo sodelujočih recenzentov, da je obravnavana projektna dokumentacija korigirana in dopolnjena skladno z zahtevami Recenzijske komisije (zabeležka št. 402-26/09-DDC/DT-92 z dne 12.01.2010). En podpisan izvod izjave za vsak posamezni načrt je potrebno dostaviti v arhiv Recenzijske komisije.

Skrbnik projektne dokumentacije mora s strokovnimi službami Inženirja preveriti resničnost izjav sodelujočih recenzentov o izvršenih dopolnitvah, skladno z zahtevki in sklepi recenzijske komisije, kar zagotovi s svojim podpisom v izjavi.

Projekti morajo biti zvezani in vsebinsko opremljeni po Pravilniku o projektni dokumentaciji (Ur.l. RS št. 55/2008). Smiselno je potrebno upoštevati Klasifikacijski načrt za projektno dokumentacijo (RS Ministrstvo za promet in DRSC, september 2002, dopolnitev oktober 2003).

Upoštevati je potrebno novi Zakon o graditvi objektov ZGO-1-UPB1 (Ur. l. RS št. 102/04) in Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o graditvi objektov (ZGO-1B, Ur. l. RS, št. 126/2007, z dne 31.12.2007).

Projektant mora urediti vsebino projektne dokumentacije tako, da bodo načrti in navedene tehnične specifikacije v skladu s 37. členom Zakona o javnih naročilih ZJN-2.

Zabeležko pripravila:

Blaž Kuželički, univ.dipl.inž.grad. *Blaž Kuželički*

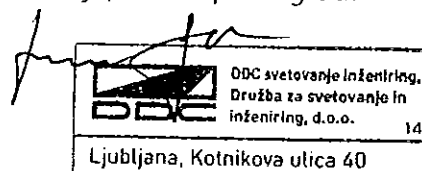
Pavel Saje, univ.dipl.inž.grad.

Predsednik komisije:

Pavel Saje, univ.dipl.inž.grad.

Dostaviti:

- DARS d.d. + poročilo
- vsem navzočim
- DDC: Projekt 4 + poročilo
- DDC: g. S. Henigman, g. D. Vrtovec, ga. K. Eržen
- Proniz d.o.o. Lj., g. J. Šenk





POROČILO O PREGLEDU PROJEKTNE DOKUMENTACIJE Z NASLOVOM:

**Geološko – geotehnični elaborat za HC Koper –
Dragonja**

Investitor: DARS d.d.
Naročnik recenzije: DDC svetovanje inženiring d.o.o.
Projektant: Proniz d.o.o.
GG poročilo: Geoinženiring d.o.o., Ljubljana
Faza: IDP
Št. projekta / načrta: C-180/07 ; 8944/09
Datum: April 2009

Številka poročila: R-16-09
Datum: 4. 12. 2009

Obdelal: izr. prof. dr. Janko Logar, univ. dipl. inž. grad.

Predstojnik: prof. dr. Bojan Majes, univ. dipl. inž. grad.

Stran 1 od 4

0385		001.0301	S.4	
------	--	----------	-----	--

1.0 UVOD

Po naročilu DDC svetovanje inženiring iz Ljubljane smo pregledali geološko geotehnični elaborat za traso hitre ceste Koper – Dragonja. Poročilo smo prejeli v dveh rednikih s skupno 8 zvezki in ima naslednjo vsebino:

1. Zvezek: Tehnični del
2. Zvezek: Geotehnični profili vrtin
3. Zvezek: Profili dinamičnih penetracij, sondažnih jaškov, rezultati meritev Evd, presiometriških meritev in nalivalnih preizkusov
4. Zvezek: Rezultati laboratorijskih preiskav
5. Zvezek: Stabilnostne analize
6. Zvezek: Inženirsko geološke karte
7. Zvezek: Vzдолžni geološko geotehnični profili
8. Zvezek: Prečni geološko geotehnični profili

2.0 MNENJE

Po pregledu elaborata ugotavljamo, da je narejen natančno, na podlagi nekoliko skromnega fonda raziskav, kar bo treba v višjih fazah dopolniti, da so zaključki in priporočila večinoma korektni, da pa je v njem nekaj nedoslednosti, predvsem v zvezi z uveljavljanjem standarda Evrokod. Konkretna vprašanja, predlogi in pripombe so naslednje:

1. Kjer cesta prečka ali se nasloni na aluvialne ravnice pogrešam izvedbo dilatometriških preiskav za natančnejši izračun posedkov tal.
2. Direktne strižne preiskave nekaterih vzorcev so narejene prehitro in zato rezultati niso relevantni (to so preiskave, ki izkazujejo zelo nizek strižni kot in visoko kohezijo).
3. Pogrešam definicijo karakterističnih vrednosti materialnih parametrov za posamezne materiale po odsekih in posameznih mejnih stanjih. Za stabilnostne analize so uporabljeni parametri sicer razvidni iz računskih analiz in vasj na tak način naj se predstavijo še karakteristične vrednosti pri računih posedkov in nosilnosti tal.
4. Stabilnostne analize vkopov so narejene s karakterističnimi in ne s projektnimi vrednostmi strižnih karakteristik, zaradi česar je treba rezultate pri računskih analizah vkopov razumeti drugače kot pri analizah stabilnosti tal pod nasipi (pri nasipih zadošča računsko varnost 1,0, pri vkopih pa mora biti 1,25).

5. Pri objektih se pojavlja termin »projektna dopustna nosilnost«. Skladno z EC-7 je treba izračunati »projektno nosilnost« tal. Razlika ni le terminološka ampak gre za izbiro delnih faktorjev v primerjavi z globalnim faktorjem varnosti.
6. Stabilnost vkopov v flišni kamnini in preperelem flišu je treba obravnavati tudi s strukturnimi analizami stabilnosti ali vsaj komentirati možnost pojava strukturno pogojenih nestabilnosti.
7. Na trasi so na nekaj mestih predvideni globoki in obsežni vkopi. Strinjamo se, da v tej fazi ostane projekt tak kot je zaradi določitve dovolj obsežnega vplivnega prostora gradnje. V višjih fazah projektiranja pa bo treba s podpornimi ukrepi na brežinah zmanjšati obseg gradbenih posegov v prostoru.
8. Vzhodni portal predora Šmarje je zaradi konfiguracije terena zelo zahteven. Premik trase leve cevi za ca 10 m v levo bi predor sicer podaljšal, a zmanjšal medsebojne vplive obeh vozišč.

3.0 ZAKLJUČEK

Geotehnični elaborat za HC Koper – Dragonja je dobra podlaga za idejni nivo projektiranja.


izr.prof.dr. Janko Logar, udig.

ODGOVORI NA PRIPOMBE RECENZENTA (poročilo R-16-09)

- Ad 1: V višjih fazah načrtovanja HC smo predlagali izvedbo dilatometerskih preiskav za natančnejši izračun posedkov tal (točka 11 predmetnega elaborata).
- Ad 2: Direktne strižne preiskave nekaterih vzorcev so bile res izvedene prehitro, zato so izkazale nizek strižni kot in visoko kohezijo. Pri nadaljnjih izračunih stabilnosti smo se tega zavedali in smo te rezultate upoštevali z rezervo.
- Ad 3: V skladu z SIST ENV 1007-1 (Evrokod 7) smo v tekstu pri izračunu posedkov pripisali karakteristične vrednosti materialnih parametrov. V izračunu posedkov so bili moduli stisljivosti posameznih slojev specificirani na prilogah R.8 elaborata.

Materialni parametri pri stabilnostnih analizah nasipov so podani dvakrat: v tekstu so podane karakteristične vrednosti, na grafičnih prilogah R.7 pa projektne vrednosti. Pri stabilnostnih analizah vkopov pa so materialni parametri podani samo na grafičnih prilogah R.7 – podane so karakteristične vrednosti, s katerimi je bil izračun tudi izveden. V tekstu smo pri izračunu nosilnosti temeljnih tal pripisali karakteristične vrednosti materialnih parametrov.

- Ad 4. Stabilnostne analize vkopov so izvedene s karakterističnimi vrednostmi strižnih parametrov, kar smo v tekstu še enkrat poudarili – prepisali recenzentovo pripombo, da ne bi prišlo do napačnega razumevanja rezultatov analiz.
- Ad 5. Projektne nosilnosti tal so bile izračunane v skladu z EC-7, le termin, uporabljen v tekstu ni bil pravi. Napačen termin »projektna dopustna nosilnost« smo nadomestili z »projektni odpor tal pod plitvimi temelji« oziroma »projektna nosilnost« za globoke temelje.
- Ad 6. Večina vkopnih brežin na trasi HC Koper – Dragonja bo izvedenih v deluvialnih gruščih in glinah, ter preperelem flišu. Le manjši del brežin na mestih največje višine vkopov bo segal v kompaktne fliše. Naše mnenje je, da v deluvialnih gruščih in preperelem flišu stabilnostne analize strukturnih blokov in klinov niso smiselne, zaradi vsesplošne razpokanosti in preperelosti materiala.

S kartiranjem in popisov vrtin smo ugotovili, da debelina plasti laporjev znaša v povprečju 2 cm do 3 cm, medtem ko je debelina plasti peščenjakov 10 cm do 20 cm. Sistemi razpok, pravokotnih na plastovitost, krojijo hribino na paralelepipedne bloke velikosti od 10 cm x 10 cm do največ 50 cm x 50 cm. Menimo, da je takšno hribino potrebno obravnavati kot kontinuum in posledično uporabljati stabilnostne analize kontinuuma.

Porušitve blokov in klinov preprečimo s protierozijsko zaščito brežin.

Zapisala:

Mirjana Kraljič Kenk, univ.dipl.inž.grad.
Marko Kočevar, univ.dipl.inž.geol.

Marec 2010

0385		001.0301	S.5	
-------------	--	-----------------	------------	--

IZJAVA O DOPOLNITVI PROJEKTNE DOKUMENTACIJE PO RECENZIJU

Podpisani: izr.prof.dr. Janko Logar, univ.dipl.inž.grad.

Naslov: FGG
Jamova 2
1000 Ljubljana

potrjujem, da je projektna dokumentacija za:

objekt : HC Koper – Dragonja, odsek 0385 Koper – Dragonja,
glavna trasa - Geološko geotehnični elaborat

faza obdelave: IDP

št. projekta: C – 180 / 07

št. načrta: 8944

projektivno podjetje: Geoinženiring d.o.o. Ljubljana
Dimičeva 14, 1000 Ljubljana

datum: maj 2009

dopolnjena v skladu z zahtevami in pripombami recenzenta.

Recenzent:

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



Ljubljana, marec 2010

Stran 1 od 1

0385		001.0301	S.6	
-------------	--	-----------------	------------	--

T1

TEHNIČNO POROČILO O GEOLOŠKO GEOTEHNIČNIH RAZISKAVAH TER O UGOTOVLJENI SESTAVI TAL NA OBMOČJU TRASE HC KOPER – DRAGONJA (faza: IDP)

1.0 UVOD

1.1 Povzetek vsebine poročila

Na osnovi pogodbe št.: C-180/07 glg, ki smo je sklenili s projektantom hitre ceste Koper – Dragonja (PRONIZ d.o.o.), smo izvedli terenske raziskave, laboratorijske preiskave materialov in kabinetno obdelavo podatkov o sestavi tal na območju načrtovane trase HC. Obdelava je obsegala inženirsko geološki pregled območja trase, izdelavo raziskovalnih vrtin, dinamičnih penetracijskih sond in razkopov ter geomehanske laboratorijske preiskave vzorcev karakterističnih zemljin in hribin ter sintezo vseh pridobljenih podatkov v predmetnem elaboratu, vključno z inženirsko geološkimi kartami in vzdolžnim geološkim profilom po osi trase HC.

Namen poročila je podati osnovne geološke značilnosti (litologijo, tektoniko, hidrogeologijo) ter pričakovane geomehanske lastnosti materialov na območju obravnavane trase.

1.2 Predhodne raziskave

Osnovne geološke podatke privzemamo po Osnovni geološki karti Slovenije v merilu M 1:100.000, list Trst (GZL, 1969).

Uporabili smo še podatke različnih geoloških, hidrogeoloških in geotehničnih raziskav, ki so se v preteklih letih vršile na GZL, GZL – GeoZS in Geoinženiringu, d.o.o. Ljubljana.

Uporabljeni viri:

- Geotehnično poročilo o pogojih izgradnje avtoceste Ankaran – Koper, izvedbeni projekt (Geološki zavod Ljubljana, avgust 1987, arh.št. J-II-30d/a -3/273-a,b,c)
- Geotehnično poročilo o pogojih rekonstrukcije ceste G1/11 – 1062 (R 311) Šmarje – Dragonja od km 7,220 do km 7,800 (Geoinženiring, december 1998, Arh.št. J-II-30 d/a – 2/568-a)
- Geološko-geotehnični elaborat o pogojih gradnje trase HC Koper – Izola in Geološko – geomehanski elaborat za izdelavo projekta PGD - PZI predora Markovec na trasi HC Koper – Izola (Geoinženiring, marec 2003, arh.št. 20-7738/03).
- Starost terciarnega fliša v Sloveniji, Pavlovec R., (Geologija 7, str. 275 – 260).
- OGK, list Trst; Tolmač za list Trst, Beograd 1973
- Inženirsko geološka ocena območja predvidene akumulacije Piševac (Geoinženiring, 2002)

1.3 Kratek geografsko geomorfološki opis terena

Trasa HC Koper – Dragonja poteka po morfološko razgibanem terenu. V začetnem delu, od km -0,5 do km 2,4 poteka mimo Lazareta in Bertokov, ob Škocjanskem zatoku, nato pa med km 2,4 in km 3,3 preči Škocjanski hrib z nadmorsko višino 57 m. V nadaljevanju od km 3,3 do km 5,0 poteka trasa po aluvialnih ravninah Pradišjola, Badavščice in Pjažentina. Od km 5,0 sledi vzpon v flišno gričevje Šalare, do km 7,3. Tu poteka trasa po južnih oz. vzhodnih pobočjih Šalare, na levem bregu Pjažentina. V km 7,3 trasa preide v območje Brezljevca in Komeščaka. Med približno km 7,4 in km 8,5 trasa s predorom preči sedlo Komeščak in se spusti v dolino potoka Drnice. Na tem območju poteka trasa po severnem in vzhodnem pobočju Bandla in Padne ter v km 11,5 preide v aluvialno ravnico Drnice. Od km 11,5 do konca obravnavanega odseka v km 15,8 trasa poteka ob vznožju flišnih gričev na levem bregu Drnice.

Od vodotokov velja izpostaviti potok Badaševico ter pritoka Pradišjol in Pjažentin na Koprskem delu trase ter Drnico (Valderigo) s številnimi manjšimi pritoki, kot so Derešnjak, Baradinka, Piševac in Medijanščica, v delu trase proti Dragonji. Večina teh manjših potokov je hudourniškega značaja. V sušnih mesecih so večinoma presahnjeni. Vsi potoki ustvarjajo različno velike in globoke erozijske zajede in grape.

2.0 TERENSKE RAZISKAVE

2.1 Inženirsko geološko kartiranje

Teren na območju predvidene trase HC smo inženirsko geološko skartirali na topografskih osnovah v merilu M 1:1000. Na osnovi vseh pridobljenih podatkov smo izdelali pregledno inženirsko geološko karto v istem merilu. Karta ima priloženo ustrezno legendo.

Pri inženirsko geološkem kartiranju smo se osredotočili na ločevanje nastopajočih IG enot, pridobili smo podatke o litoloških in strukturnih elementih in njihovih medsebojnih odnosih. Zaradi morfoloških značilnosti terena smo izvedli geološko kartiranje po metodi izdankov. Poudariti je potrebno, da večino površine obravnavane trase prekriva preperina in gosta vegetacija, tako da je geološka prospekcija težavna.

Hribina je razkrita ob poteh in cestah, na območju erozijskih grap in klifov, tako da je pokritost terena s podatki neenakomerna. Pri interpretaciji terenskih podatkov smo želeli vsesplošno prisotnost deluvialne preperine poudariti le v delih, kjer je le ta koncentrirana v obsežnejših nanosih. Tako smo v členitvi IG členov ločevali flišne sedimente (3E_2) in deluvij (de) le po načelu predpostavljenih in pričakovanih debelejših nanosih preperine v vznožju pobočij in grap. Za točno določitev bo potrebno v višjih fazah raziskav izvesti sondažne izkope ali strukturna vrtanja.

Veliko pozornosti smo posvetili izdvajanju con labilnega terena in con zelo intenzivnega delovanja erozije. Označevali smo erozijske grape, merili vpade plasti, ki pa so večinoma v horizontalnem ali subhorizontalnem položaju. Označili smo tudi cone vlažnega terena in površinske vodotoke.

Prelomne strukture (prelomi) so praviloma zakrite, zato jih običajno povezujemo z nastopanjem večjih anomalij v terenu, kot so erozijske zajede, kjer je hribina manj odporna na erozijo prav

zaradi večje tektonske pretrtosti. Vendar v flišnem okolju to ni pravilo, saj tu povezujemo nastanek grap tudi z lokalnimi pojavi vode, ki razdira erozijsko dovzetne flišne brežine. V tem okolju so pojavi vode vezani predvsem na litološko sestavo tal.

Za natančno določitev morebitnih prelomnih struktur je potrebno izvesti podrobnejše analize, kot so analiza orto-foto posnetkov, detajlno kartiranje odkritih sten v območjih grap, kjer predvidimo pojav tektonske cone in raziskovalno vrtanje v profilih.

2.2 Raziskovalno vrtanje

Traso HC Koper – Dragonja smo poleti 2008 za fazo IDP preiskali s 40 vrtinami, ki so bile globoke od 7 m do 53 m. Vrtanje je izvajalo podjetje ROVS z vrtnimi garniturami TK-600 in GEO-305, rotacijsko, s kontinuirnim jedrovanjem. Večinoma se je vrtanje izvajalo na suho, le vrtine na območju pokritega vkopa ter predora so bile vrtane na vodo.

V vrtinah so bili izvajani SPT testi, testi s presiometrom, nalivalni preizkusi, jedro je bilo vizualno popisano, ob vrtanju je bil registriran nivo podzemne vode, odvzeti so bili vzorci zemljin in hribin za laboratorijske preiskave.

Vrtine KDP-1, PŠM-1, PŠM-2 in KT-4 so bile opremljene kot piezometri.

Pri izdelavi geološke karte in vzdolžnega profila smo uporabili tudi podatke starih vrtin iz leta 1987. Podatke o lokacijah vrtin iz leta 1987 ter iz leta 2008 podajamo v spodnjih dveh tabelah:

	VRTINE 1987	Y	X	Z	Globina [m]
1	AK-20/87	402.314,27	44.605,34	9,53	14,5
2	AK-19/87	402.547,62	44.750,45	9,83	12,9
3	AK-18/87	402.701,97	44.829,29	10,89	12,6
4	AK-17/87	402.879,56	44.943,23	8,80	1,5
5	AK-16/87	403.051,86	45.035,29	10,87	9,0
6	AK-15/87	403.236,72	45.152,07	10,69	10,0
7	AK-14/87	403.377,93	45.244,35	9,68	8,0
8	AK-12/87	403.561,83	45.363,82	6,43	8,0
9	A-8R/87	403.802,41	45.602,22	4,22	10,0
10	A-9/87	403.831,78	45.508,65	7,38	12,0
11	A-10/87	403.842,49	45.477,21	8,92	14,0
12	A-8Č/87	404.107,51	45.606,41	6,48	8,0
13	A-7/87	404.502,99	45.835,36	4,50	9,9

	VRTINE 2008	Y	X	Z	Globina [m]
1	KDR-26/08	395.354,32	36.150,20	10,60	45,0
2	KDR-26a/08	395.860,16	36.610,68	13,50	36,0
3	KDR-25b/08	396.198,08	36.790,95	15,80	27,0
4	KDR-25a/08	396.495,36	37.162,22	19,30	19,0
5	KDR-25/08	396.627,57	37.403,81	20,00	11,5
6	KDR-24a/08	396.779,66	37.928,27	25,50	18,0
7	KDR-24/08	396.948,40	38.552,31	31,40	18,0
8	KDR-23/08	396.823,52	39.176,01	36,10	19,0
9	KDR-22/08	396.982,22	39.214,54	41,80	13,0
10	KDR-21/08	396.913,28	39.203,33	35,50	16,5
11	KDR-20a/08	396.893,23	39.452,37	42,70	19,0
12	KDR-20/08	396.928,34	39.763,50	46,00	15,0
13	KDR-19/08	397.207,75	40.341,97	60,40	15,0
14	KDR-17/08	399.978,56	41.175,28	92,70	8,0
15	KDR-16/08	400.053,00	41.216,57	95,7	9,0
16	KDR-15/08	400.151,02	41.317,44	101,90	8,0
17	KDR-15a/08	400.256,05	41.473,27	97,00	8,0
18	KDR-14b/08	400.423,94	41.772,68	89,00	8,0
19	KDR-14a/08	400.486,13	41.977,17	58,30	8,0
20	KDR-14/08	400.590,44	42.414,08	27,70	12,0
21	KDR-13/08	400.640,60	42.514,80	43,00	12,0
22	KDR-12/08	401.148,70	42.877,66	17,00	12,0
23	KDR-11a/08	401.359,36	42.929,18	11,60	23,0
24	KDR-11/08	401.473,86	42.940,53	10,00	15,0
25	KDR-10a/08	401.721,08	43.021,59	5,50	32,0
26	KDR-10/08	401.982,15	43.136,48	3,40	30,0
27	KDR-9/08	402.364,66	43.513,18	3,50	26,0
28	KDR-8/08	402.407,54	43.624,90	2,50	15,0
29	KDR-7/08	402.427,89	43.739,84	2,60	16,0
30	KDR-5/08	402.397,62	44.535,72	20,65	7,0
31	KDR-4/08	402.450,81	44.636,82	12,80	14,0
32	KDP-1/08	401.963,89	43.341,11	3,10	15,0
33	KT-4/08	398.138,69	40.990,69	127,70	10,0
34	KT-2/08	401.099,25	42.964,62	28,85	10,0
35	KT-1/08	401.186,41	42.796,30	13,40	15,0
36	PŠM-2/08	398.699,61	41.045,93	146,50	25,0
37	PŠM-1/08	399.533,42	41.056,12	168,50	53,0
38	PŠK-3/08	402.396,05	44.048,19	28,90	25,0
39	PŠK-2/08	402.371,41	44.249,66	46,80	30,0
40	PŠK-1/08	402.371,87	44.426,56	36,20	20,0

Vrtina KDR-18 je bila predvidena v osi trase med km 9,4 in km 9,7 vendar zaradi goste zaraščenosti terena ni bila izvrtana. Potrebno bi bilo izdelati dostopno pot v dolžini 100 – 200 m.

2.3 Meritve s presiometrom

Presiometrične meritve smo izvedli v vrtinah na območju pokritega vkopa Škocjan (PŠK-2) ter na območju predora Šmarje (PŠM-1 in PŠM2).

Modul elastičnosti/deformacije računamo po enačbi 1:

$$E_0 = \Delta P / \Delta R * r_s * (1 + \nu) \quad (1)$$

kjer je:

E_0	presiometrski modul
ΔP	sprememba pritiska na kvazilinearnem območju obremenilnega dela krivulje
ΔR	sprememba radija vrtine pri ΔP
r_s	sredinski radij vrtine na kvazilinearnem območju obremenilnega dela krivulje
ν	Poissonov količnik (ocenjen 0.33)

Poleg modulov elastičnosti podajamo še veličino P_L (efektivni mejni tlak), ki je v našem primeru definirana kot maksimalno doseženi tlak na presiometrski krivulji.

2.3.1 Rezultati meritev na območju pokritega vkopa »ŠKOCJAN«

V vrtini PŠK-2 smo izvedli pet preiskav na globinah 13 m, 14 m in 15 m ter 18 in 19 m. V prvem odseku od 13 m do 15 m so temeljna tla gradi sivi laporovec, v drugem pa pregneteni sivi glinasti laporovec in melj. Nivo podtalnice je na cca 8,8 m globine. Rezultati preiskav so podani v spodnji preglednici in prilogah elaborata.

Preglednica 1: Rezultati presiometriških preiskav v PŠK-2

Globina [m]	E_0 [MPa]	E_R [MPa]	P_L [MPa]	OPREMA
-13,0	2231,81	1868,91	10,98	
-14,0	3563,35	3339,94	11,01	
-15,0	2969,72	9189,73	10,98	
-18,0	1098,79	2908,51	9,12	
-19,0	2169,67	6215,33	9,43	
<ul style="list-style-type: none"> • Neuspešne meritve • Min vrednost • Max vrednost 				

Maksimalna vrednost presiometriškega modula ter efektivnega mejnega tlaka je registrirana na globini 14 m.

2.3.2 Rezultati meritev na območju predora »ŠMARJE«

V vrtini PŠM-1 smo izvedli tri preiskave na različnih globinah in sicer na globini: 42,2 m, 46,4 m ter 52 m. Temeljna tla so sestavljena iz peščenjaka in laporovca horizontalne plastovitosti. Nivo podtalnice ni bil registriran v času vrtnja. Rezultati preiskav so podani v spodnji preglednici in prilogah elaborata.

Preglednica 2: Rezultati presiometriških preiskav v PŠM-1

Globina [m]	E_0 [MPa]	E_R [MPa]	P_L [MPa]	OPREMA
-42,2	9519,38		10,33	OYO ELASTMETER 2
-46,4	12173,34		10,85	
-52,0	7651,50		16,58	
<ul style="list-style-type: none"> • Neuspešne meritve • Min vrednost • Max vrednost 				

Maksimalna vrednost presiometriškega modula je izmerjena na globini 46,4 m in sicer 12173,34 MPa. Maksimalni efektivni mejni tlak je registriran na 52. metru globine (16,58 MPa).

V vrtini PŠM-2 je izvedeno 7 preiskav in sicer na globini: 11 m, 11,8 m, 16,2 m, 17 m, 17,8 m, 24 m 24,8 m. Temeljna tla gradijo peščenjaki in laporovci katerih plastovitost se z globino spreminja iz horizontalne v subvertikalno (od $a=0^\circ$ do $a=70^\circ$ - na koncu odseka). Nivo podtalnice ni bil registriran v času vrtnja. Rezultati preiskav so podani v spodnji preglednici in prilogah elaborata.

Preglednica 3: Rezultati presiometriških preiskav v PŠM-2

Globina [m]	E_0 [MPa]	E_R [MPa]	P_L [MPa]	OPREMA
-11,0	387,32	1534,66	15,5	OYO ELASTMETER 2
-11,8	2810,17		15,15	
-16,2	3493,83		14,8	
-17,0	4857,16		15,2	
-17,8	1644,60		15,25	
-24,0	6945,86		14,93	
-24,8	1943,52		15,25	
<ul style="list-style-type: none"> • Neuspešne meritve • Min vrednost • Max vrednost 				

V splošnem vrednosti naraščajo z globino. Maksimalna vrednost presiometriškega modula je izmerjena na globini 24,0 m in sicer 6945,86 MPa. Maksimalni efektivni mejni tlak je registriran na 24.8 metru globine (15,25 MPa).

2.4 SPT meritve

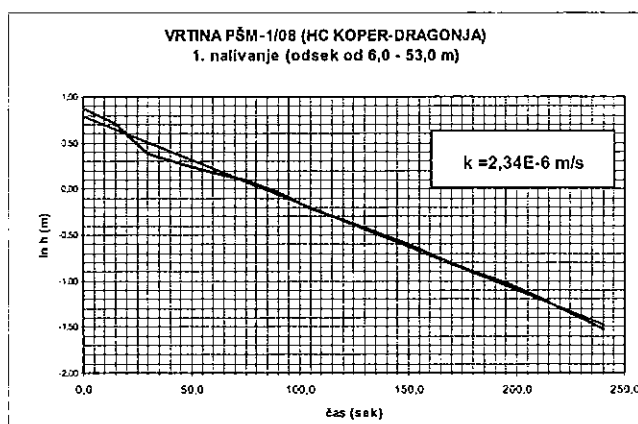
V sondažnih vrtinah smo izvedli enainosemdeset (81) SPT testov oziroma testov penetrabilnosti. Rezultate meritev (N je število udarcev pri prodoru 30 cm, P je globina v cm, do katere prodre konica pri 60 udarcih) smo korigirali po evrokodu-7, energijski faktor zabijala na vrtalni garnituri TK-600 je $k_{60} = 0,94$, na vrtalni garnituri GEO-305 pa je $k_{60} = 1,342$.

Rezultati meritev so vpisani ob geotehničnih profilih sond, ki jih prilagamo elaboratu.

2.5 Nalivalni preizkusi

Za potrebe določitve prepustnosti eocenskih flišnih plasti na območju predorskih cevi dvocevne predora "Šmarje" in vkopa pod vasjo Srgaši, so bila v sondažnih-piezometričnih vrtinah izvedena hidrogeološka testiranja, nalivalni poskusi. Nalivalni poskusi so bili izvedeni v piezometrični vrtini PŠM-1/08, PŠM-2/08 (predor "Šmarje") in sondažni vrtini KT-4/08 (vkop "pod vasjo Srgaši").

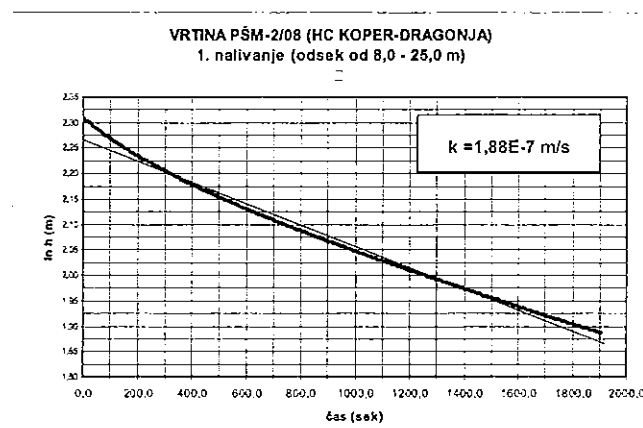
Piezometrična vrtina PŠM-1/08 je bila izvrtana do končne globine 53,0 m. Do globine 6,0 m je navrtala gruščnat material, ki ga pretežno sestavljajo preperele flišne kamenine. Od 6,0 do 6,9 m nahajamo rjavo glino z meljem, od 6,9 do 9,8 m preperele flišne kamenine in od 9,8 do končne globine 53 m, kompaktne flišne kamenine v katerih prevladujeta peščenjak in lapor, glinovec in meljevec nastopata podrejeno. Odstotek peščenjaka v vrtini se z globino menja, do globine 25 m je povprečna vrednost peščenjaka 44,6 %, od 25 m do 53 m pa se vsebnost peščenjaka zniža na 38 %. Povprečna vrednost peščenjaka za celotno vrtino je 41,1 %.



V času hidrogeološkega testiranja vrtine, izvedbi nalivalnega poskusa je bila gladina podzemne vode v vrtini 9,63 m pod koto terena (merjeno od kote terena), to je na koti 158,87 m.n.m. Kota ustja vrtine PŠM-1/08 je po vgradnji piezometričnih cevi 0,36 m nad koto terena. V času testiranja je bila vrtina začasno zacevljena s polno, železno cevjo do globine 6,0 m, do končne globine 53,0 m vrtina ni bila zacevljena ("open hole"). Za izračun prepustnosti smo uporabili metodo Hvorslev-a

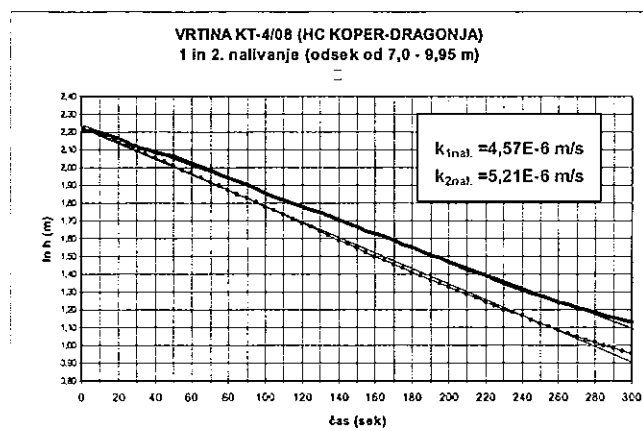
za nestacionarno stanje. Povprečni izračunani koeficient prepustnosti preizkušanih flišnih plasti je, $K = 2,34 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ – priloga 5.1. Po klasifikaciji tako prepustnost uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} > k > 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$). Vodonosnik je ocenjen kot revni vodonosnik s kategorijo nizke izdatnosti (0,5 – 2,0 l/s).

Piezometrična vrtina PŠM-2/08 je bila izvrtana do končne globine 25,0 m. Do globine 5,9 m je vrtina navrtala rjavo do rumeno rjavo glino in glino z meljem ter drobci preperelega peščenjaka, od 5,9 do 6,3 m preperele flišne kamenine in od 6,3 do končne globine 25,0 m, kompaktne flišne kamenine v katerih prevladujeta peščenjak in lapor, glinovec in meljevec nastopata podrejeno. Odstotek peščenjaka v vrtini se z globino menja, za celotno vrtino do končne globine 25 m je povprečna vrednost peščenjaka 46,7 %, na odseku od 7 m pa do 23 m pa je povprečna vsebnost peščenjaka večja in znaša cca 70 %.



V času hidrogeološkega testiranja vrtine, izvedbi nalivalnega poskusa je bila gladina podzemne vode v vrtini 11,28 m pod koto trenutnega ustja zaščitne cevi (merjeno od kote terena + 0,40 m), to je na koti 135,62 m.n.m. Kota ustja vrtine PŠM-2/08 je po vgradnji piezometričnih cevi 0,36 m nad koto terena. V času testiranja je bila vrtina začasno zacevljena s polno, železno cevjo do globine 8,0 m, do končne globine 25,0 m vrtina ni bila zacevljena ("open hole"). Za izračun prepustnosti smo uporabili metodo Hvorslev-a za nestacionarno stanje. Povprečni izračunani koeficient prepustnosti flišnih plasti je, $K = 1,88 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ – priloga 5.2. Po klasifikaciji tako prepustnost še uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} > k > 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$), vendar je tik na meji s slabo prepustnostjo. Vodonosnik je ocenjen kot revni vodonosnik s kategorijo nizke izdatnosti (0,5 – 2,0 l/s).

Sondažna vrtina KT-4/08 je bila izvrtana do končne globine 10,0 m. Do globine 6,8 m je vrtina navrtala preperle sivkasto rjave flišne kamenine, predvsem preperino peščenega laporja in od 6,8 do končne globine 10,0 m, kompakten siv lapor, ki je ponekod rahlo preperel.



V času hidrogeološkega testiranja vrtine, izvedbi nalivalnega poskusa je bila vrtina suha, gladine podzemne vode do kote dna vrtine (117,7 m.n.m.) ne sledimo. V času testiranja je bila vrtina začasno zacevljena s polno, železno cevjo do globine 7,0 m, do končne globine 9,95 m vrtina ni bila zacevljena ("open hole"). Za izračun prepustnosti smo uporabili metodo Hvorslev-a za nestacionarno stanje. Povprečni izračunani koeficient prepustnosti flišnih plasti po dveh (2) nalivanjih je, $K = 4,88 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ – priloga 5.3. Po klasifikaciji tako prepustnost uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} > k > 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$). Vodonosnik je ocenjen kot revni vodonosnik s kategorijo nizke izdatnosti (0,5 – 2,0 l/s).

Primerjava koeficientov prepustnosti po posameznih vrtinah kaže, da je prepustnost flišnih kamenin odvisna predvsem od njihove preperelosti in razpokanosti (predvsem pripovršinske plasti). Bolj prepustne so tudi deluvialne plasti, ki jih pretežno sestavljajo zaglinjeni peščeni grušči, melji in gline, ostanki preperle matične kamenine. V preperelih flišnih kameninah je prepustnost po izračunih, lahko > 30 krat boljša kot v kompaktni kamenini. Večino manjših naravnih izvirov in zajetij na tem območju tako najdemo na stiku preperelih (deluvialnih) in kompaktnih flišnih kamenin in to na kotah, ki so tudi več deset metrov nad koto podzemne vode za posamezno obravnavano območje. Kompaktne flišne plasti tako predstavljajo delno zaporo toku podzemne vode.

2.6 Sondažni jaški

Vzdolž trase HC je bilo izkopanih pet sondažnih jaškov z oznakami J-1 do J-7. Jaška J-4 in J-5 sta bila načrtovana v osi trase nekje med km 9,4 in km 9,7 vendar zaradi nedostopnosti lokacije ni bila izvrtana. Teren je gosto zaraščen z drevjem in grmovjem, za dostop z rovokopačem bi bilo potrebno izdelati dostopno pot in posekati drevje.

Izvedeni jaški so bili globoki od 2,8 do 3,0 m. Sestava tal je bila popisana v skladu z AC klasifikacijo, odvzeti so bili vzorci za laboratorijske preiskave zemljin, z deflektometrom s padajočo utežjo smo tik pod humusno plastjo izmerili dinamične deformacijske module E_{vd} za potrebe dimenzioniranja voziščne konstrukcije.

Posamezne profile sondažnih jaškov ter rezultate meritev E_{vd} podajamo na prilogah elaborata. Lokacije sondažnih jaškov so prikazane v Inženirsko geološki karti M 1: 2000 na prilogah G.1.1 do G.1.12. V preglednici v nadaljevanju podajamo izmerjene deformacijske module E_{vd} , na podlagi katerih ocenjujemo tudi statični deformacijski modul E_{v2} ter vrednosti CBR.

Oznaka jaška	Stacionaža	Globina (m)	Opis zemljine	E_{vd} (MPa)	Ocena E_{v2} (MPa)	Ocena CBR (%)
J-1	km 2,3 + 60	0,50	Peščena glina CL	10,31	22	5
J-2	km 4,2 + 90	0,60	Pusta do peščena glina CL	7,54	18	3,5
J-3	km 4,9 + 80, 100 m desno od osi	0,60	Peščena glina CL	4,53	12	2,5
J-6	km 11,6 + 50	0,50	Pusta do peščena glina CL	4,44	12	2,5
J-7	km 13,7 + 90	0,60	Pusta do peščena glina CL	4,43	12	2,5

2.7 Dinamične penetracijske sonde

Vzdolž trase smo izvedli petnajst (15) dinamičnih penetracijskih sond (DP-1 do DP-15), ki so bile globoke od 2,1 m do 13,3 m.

Preiskava se izvaja podobno kot SPT test: bat normirane teže prosto pada z normirane višine na konus, pri čemer se za vsakih 10 cm prodiranja konusa v zemljino štejejo za to potrebni udarci. Rezultate meritev (N je število udarcev na vsakih 30 cm) smo korigirali po EC-7, energijski faktor je $k_{60} = 1,22$. Na osnovi izmerjenega števila udarcev N ocenjujemo gostotno stanje, strižni kot ter module stisljivosti nevezljivih zemljin, konsistenčno stanje vezanih zemljin, oziroma stopnjo penetrabilnosti hribine.

Lokacije sond so vrisane v IG karti v prilogah elaborata, posamezne diagrame dinamičnega penetriranja podajamo na prilogah elaborata, vrisani so tudi v vzdolžni geološki profil trase ceste.

	DP sonde	Y	X	Z	Globina [m]
1	DP-15/08	395.413,47	35.771,16	11,00	12,3
2	DP-14/08	395.608,83	36.374,88	41,00	2,4
3	DP-13/08	396.984,04	39.906,05	52,00	10,7
4	DP-12/08	397.042,78	40.034,50	55,00	10,3
5	DP-11/08	397.104,58	40.158,02	59,00	13,3
6	DP-10/08	397.423,37	40.646,40	98,00	3,4
7	DP-9/08	398.652,28	41.024,64	145,00	12,0
8	DP-8/08	401.237,73	42.902,68	13,00	5,6
9	DP-7/08	401.385,72	42.961,22	11,40	10,0
10	DP-6/08	401.426,97	42.925,78	11,30	10,7
11	DP-5/08	400.381,45	41.811,46	106,00	2,1
12	DP-4/08	400.787,50	42.719,11	49,10	3,5
13	DP-3/08	402.401,86	44.487,82	27,70	2,1
14	DP-2/08	403.034,50	45.010,17	12,50	3,7
15	DP-1/08	404.300,64	45.649,75	9,20	3,5

3.0 LABORATORIJSKE PREISKAVE

3.1 Splošno o izvedenih preiskavah

Med vrtnjem raziskovalnih vrtin smo odvzeli večje število vzorcev za geomehanske laboratorijske preiskave. Laboratorijske raziskave vzorcev zemljin in hribin so potekale v laboratoriju za mehaniko tal Geoinženiringa d.o.o. Ljubljana. Namen preiskav je bil določiti trdnostne lastnosti posameznih litoloških tipov, po katerih bo potekala trasa HC.

Laboratorijske preiskave zemljin so bile izvedene v skladu z naslednjimi standardi:

- naravna vlaga SIST-TS CEN ISO/TS 17892-1:2004,
- ugotavljanje gostote drobnozrnatih zemljin SIST-TS CEN ISO/TS 17892-2:2004,
- Atterbergovi konsistenčni mej SIST-TS CEN ISO/TS 17892-12:2004,
- preizkus nedrenirane strižne trdnosti s konusom SIST-TS CEN ISO/TS 17892-6:2004,
- neposredni strižni preizkus SIST-TS CEN ISO/TS 17892-10:2004,
- enoosna tlačna trdnost zemljin SIST-TS CEN ISO/TS 17892-7:2004,
- moduli stisljivosti v edometru SIST-TS CEN ISO/TS 17892-5:2004

Potek in rezultati preiskav so podrobno podani na prilogah elaborata.

Izvedenih je bilo:

- 45 preiskav naravne vlage,
- 45 preiskav prostorninske teže,
- 38 preiskav konsistenčnih meja,
- 42 preiskav nedrenirane strižne trdnosti s konusom,
- 28 preiskav stisljivosti in vodoprepustnosti v edometru,
- 20 preiskav enoosne tlačne trdnosti ter
- 13 neposrednih strižnih preiskav.

Laboratorijske preiskave hribin smo zaradi relativno dobre preiskanosti flišnih materialov za podobne objekte omejili na:

- enoosno tlačno trdnost ASTM 3148, D 2938,
- točkovni trdnostni indeks ASTM D5731, priporočila ISRM.

Izvedene so bile štiri (4) preiskave enoosne tlačne trdnosti ter stoenainštirideset (141) preiskav točkovnega trdnostnega indeksa.

3.2 Pregled rezultatov preiskav zemljin in hribin s komentarjem

3.2.1 Vzorci zemljin in hribin s pododseka od km 2,4 do km 3,3 + 80

Iz vrtin KDR-4 in KDR-5, je bilo odvzetih 5 vzorcev zemljin, ki so bili vsi kvalificirani kot mastne glinice CH, v poltrdnem in trdnem konsistenčnem stanju. Izmerili smo jim naravno vlago od $w = 17\%$ do 26% , nedrenirano strižno trdnost τ preko 240 kPa, dva direktna strižna preizkusa pa sta izkazala razmeroma nizke strižne kote ($\varphi = 14,7^\circ$ in $8,8^\circ$) pri visokih kohezijah ($c = 25,5$ kPa in 38 kPa). Tudi izmerjeni moduli stisljivosti so visoki: za obremenitve od $\sigma = 50$ kPa pa do 300 kPa so bile izmerjene vrednosti modulov med $M_v = 13$ MPa in 17 MPa (izvedena je bila ena edometerska preiskava). V edometru je bil izmerjen tudi količnik vodoprepustnosti $k = 1,2 \text{ E-}09$ cm/sek (pri najvišji obremenitvi $\sigma = 300$ kPa).

Enoosno tlačno trdnost flišnih kamnin iz območja predora smo preiskali posredno, s pomočjo točkovnega trdnostnega indeksa. Za obdelavo trase smo izbrali 84 preiskav, brez vzorcev iz območja predora, ki imajo, v povprečju boljše trdnostne lastnosti od ostalih:

	Vrsta preiskave	Povprečje:	Standardna deviacija:	Varianca:	Koeficient variacije:	Št. vzorcev:
glinovec, lapor	C,T	5,0	5,76	33,2	1,15	17
	C,II	3,4	5,49	30,1	1,62	15
	C	6,6	5,43	29,5	0,83	29
peščenjak	C	72,7	26,5	701,9	0,36	18

C,T vzorec nepravilne oblike, prečno na plastovitost

C,II vzorec nepravilne oblike, v smeri plastovitosti

Iz tabele je razvidno, da je enoosna tlačna trdnost glinovcev bistveno manjša od enoosne tlačne trdnosti peščenjakov, kar je pričakovano. Za nadaljnjo obdelavo izberemo naslednje vrednosti enoosne tlačne trdnosti:

- Glinovec $s_c = 5,00$ MPa, v smeri pravokotno na plastovitost
- Peščenjak $s_c = 28,00$ MPa,

3.2.2 Vzorci zemljin s pododseka od km 3,3 + 80 do km 5,0 + 00

Na tem pododseku se nahaja šest (6) raziskovalnih vrtin: KDR-8, KDR-9, KDR-10, KDR-10a, KDR-11 IN KDR-11a, iz katerih je bilo odvzetih dvajset (20) vzorcev peščenih in mastnih glin (CL, CH). Izmerili smo jim naravno vlago od $w = 20,3 \%$ do $54,2 \%$, konsistenčno stanje gline pa je v razponu od lahko gnetnega do poltrdnega. V skladu z raznolikim konsistenčnim stanjem je tudi razpon rezultatov nedrenirane strižne trdnosti velik: od $\tau = 12,8 \text{ kPa}$ do τ več od 250 kPa .

Pet direktnih strižnih preizkusov je izkazalo nizke strižne kote.

- CL tgn. kons. (3 preiskave) $c = 5,7 \text{ do } 7,2 \text{ kPa}$, $\varphi = 14,2^\circ \text{ do } 21,28^\circ$,
- CL trdne kons. (1 preiskava) $c = 26,9 \text{ kPa}$, $\varphi = 13,2^\circ$,
- CH tgn. in ptd. kons. (1 preiskava) $c = 1,9 \text{ kPa}$, $\varphi = 17,6^\circ$.

Izvedenih je bilo štirinajst (14) edometerskih preiskav. Lahko in srednje gnetnim glinam se za obremenitve od $\sigma = 25 \text{ kPa}$ do 40 kPa izmerjene vrednosti modulov stisljivosti gibljejo v mejah med $M_v = 689 \text{ MPa}$ in 1668 kPa , za obremenitve od $\sigma = 160 \text{ kPa}$ do 240 kPa pa med $M_v = 1928 \text{ MPa}$ in 3847 kPa . V edometru je bil vsem osmim vzorcem izmerjen tudi količnik vodoprepustnosti, ki je znašal od $k = 1,4 \text{ E-}08 \text{ cm/sek}$ do $k = 8,6 \text{ E-}10 \text{ cm/sek}$ (pri najvišji obremenitvi $\sigma = 240 \text{ kPa}$). Izmerjeni količnik vodoprepustnosti težko gnetnih in poltrdnih glin je istega velikostnega razreda, so pa moduli stisljivosti nekoliko višji: za obremenitve od $\sigma = 25 \text{ kPa}$ do 40 kPa se gibljejo v mejah med $M_v = 770 \text{ MPa}$ in 3318 kPa , za obremenitve od $\sigma = 160 \text{ kPa}$ do 240 kPa pa med $M_v = 3295 \text{ MPa}$ in 4065 kPa .

3.2.3 Vzorci zemljin in hribin s pododseka od km 5,0 + 00 do km 7,3 + 20

Iz dvanajstih (12) vrtin z obravnavanega pododseka (KDR-12, KDR-13, KDR-14, KDR-14a, KDR-14b, KDR-15, KDR-15a, KDR-16, KDR-17 in KT-1) je bilo odvzetih 7 vzorcev zemljin ter 48 vzorcev hribin.

Glinasto meljnim zemljinam (CL, CH, CL-ML) v težko gnetnem, poltrdnem in trdnem konsistenčnem stanju smo izmerili naravno vlago od $w = 19,4 \%$ do $26,8 \%$, nedrenirano strižno trdnost $\tau = 211 \text{ kPa}$ in 131 kPa ter enoosno tlačno trdnost $q_u =$ od 250 kPa do $q_u = 748,9 \text{ kPa}$. Edometerska preiskava mastne poltrdne gline pa je izkazala visoke module stisljivosti: za obremenitve od $\sigma = 80 \text{ kPa}$ pa do 240 kPa so bile izmerjene vrednosti modulov med $M_v = 8,5 \text{ MPa}$ in $14,6 \text{ MPa}$. Količnik vodoprepustnosti pri najvišji obremenitvi je nizek: $k = 6,3 \text{ E-}10 \text{ cm/sek}$.

Enoosni tlačni preizkus treh vzorcev apnenega peščenjaka je izkazal visoke vrednosti enoosne tlačne trdnosti $q_u = 23,5 \text{ MPa}$ do $42,9 \text{ MPa}$, tudi naravna prostorninska teža je visoka: $\gamma = 24,3$ do $25,8 \text{ kN/m}^3$.

Petinštiridesetim vzorcem laporja, peščenega laporja, peščenjaka in apnenca smo izmerili točkovni trdnostni indeks $I_{s(50)}$, na podlagi katerega ocenjujemo enoosno tlačno trdnost q_u materiala. Rezultate podajamo za vsak tip hribine posebej:

- lapor: $I_{s(50)} =$ med $0,02$ in $1,39$, $q_u =$ od $0,22 \text{ MPa}$ do $q_u = 16,7 \text{ MPa}$,
- pešč. lapor: $I_{s(50)} =$ med $0,14$ in $1,24$, $q_u =$ od $1,67 \text{ MPa}$ do $q_u = 14,9 \text{ MPa}$,
- peščenjak: $I_{s(50)} =$ med $2,67$ in $3,89$, $q_u =$ od $48,1 \text{ MPa}$ do $q_u = 70,0 \text{ MPa}$,
- apnenec: $I_{s(50)} =$ med $2,38$ in $7,12$, $q_u =$ od $47,7 \text{ MPa}$ do $q_u = 142,3 \text{ MPa}$.

3.2.4 Vzorci hribin in zemljin s pododseka od km 7,3 + 20 do km 8,5 + 80 ... (predor Šmarje)

Na širšem območju portalov načrtovanega predora Šmarje sta bili izvedeni vrtini PŠM-1 in PŠM-2, iz katerih je bilo odvzetih 53 vzorcev hribine in en vzorec zemljine. Enoosno tlačno trdnost q_u flišnih hribin smo preiskali posredno, s pomočjo točkovnega trdnostnega indeksa $I_{s(50)}$. Izvedenih je bilo 53 preiskav, v različnih smereh in na vzorcih različnih oblik, rezultati so podani v tabeli na naslednji strani, pri čemer pomeni:

- A preizkus v radialni smeri,
 C,T vzorec nepravilne oblike, preizkus prečno na plastovitost,
 C,II vzorec nepravilne oblike, preizkus v smeri plastovitosti.

Vrtina	Globina (m)	Tip	w(cm)	P (kN)	$I_{s(50)}$	q_u (MPa)	Opis hribine
PŠM-1	38,25	C,T	8,50	7,20	1,75	21,0	Glinovec
	38,25	C,T	8,15	9,00	1,66	19,9	glinovec
PŠM-1	38,70	C,II	9,00	0,50	0,07	0,9	glinovec
	38,70	C,T	8,25	8,00	1,68	20,1	glinovec
PŠM-1	39,50	C,II	8,18	0,20	0,03	0,4	glinovec
	39,50	C,T	8,28	2,00	0,46	5,5	glinovec
PŠM-1	39,80	C,II	12,45	2,20	0,24	2,9	glinovec
	39,80	C,T	8,15	2,70	0,64	7,7	glinovec
PŠM-1	42,60		11,80	19,60	3,03	54,5	peščenjak
	42,60		8,98	20,30	3,86	69,6	peščenjak
PŠM-1	48,30	C,T	8,15	2,90	0,67	8,1	glinovec
	48,30	C,II	5,22	0,80	0,37	4,4	glinovec
PŠM-1	48,50		10,15	19,80	2,58	46,5	peščenjak
	48,50		8,45	24,90	5,46	98,2	peščenjak
PŠM-1	48,70	C,II		14,90	2,76	33,1	glinovec
	48,70	C,T	8,10	2,60	0,51	6,1	glinovec
PŠM-1	49,00	A,II		1,20	0,23	2,7	glinovec
	49,00	C,T	8,22	4,20	0,81	9,8	glinovec
PŠM-1	49,25	C,T	8,28	6,10	1,32	15,8	glinovec
	49,25	C,II	5,05	2,70	1,04	12,4	glinovec
PŠM-1	49,43	A,II		1,20	0,23	2,7	glinovec
	49,43	A,T		4,00	1,27	15,3	glinovec
PŠM-1	50,50	A		20,70	6,67	120,0	peščenjak
	50,50	C	7,30	26,40	5,86	105,5	peščenjak
PŠM-1	50,80	C	5,22	0,40	0,12	2,1	peščenjak
PŠM-2	7,80	C,T	11,30	5,00	0,64	7,7	glinovec
	7,80	C,II	7,35	2,20	0,56	6,7	glinovec
PŠM-2	8,80	C,II	10,01	0,80	0,10	1,2	glinovec
	8,80	C,T	9,45	1,90	0,37	4,4	glinovec
PŠM-2	9,80	C,T	9,40	1,90	0,37	4,5	glinovec
	9,80	C,II	5,45	0,70	0,24	2,9	glinovec
PŠM-2	12,90	C	5,88	3,80	1,00	12,0	glinovec
	12,90	C	5,98	19,50	6,39	76,6	glinovec
PŠM-2	14,80	C	11,10	25,70	3,89	46,7	glinovec
	14,80	C	5,99	13,00	3,66	43,9	glinovec
PŠM-2	17,50	C	10,95	14,80	2,42	29,0	glinovec
PŠM-2	14,80	C	5,99	13,00	3,66	43,9	glinovec
PŠM-2	17,50	C	10,95	14,80	2,42	29,0	glinovec

	17,50	C	6,68	15,20	3,57	42,8	glinovec
PŠM-2	19,75	C,T	8,12	8,30	1,82	21,8	glinovec
	19,75	C,II	5,65	2,20	0,67	12,0	glinovec
PŠM-2	20,50	C	11,35	14,90	1,79	32,3	peščenjak
	20,50	C	7,70	7,20	2,24	40,4	peščenjak
PŠM-2	21,10	C	10,08	10,10	1,51	18,1	glinovec
	21,10	C	6,00	8,80	2,77	33,3	glinovec
PŠM-2	21,70	C	11,10	7,80	0,95	11,4	glinovec
	21,70	C	8,82	16,80	2,45	29,4	glinovec
PŠM-2	23,50	C	5,70	23,40	8,06	96,7	peščenjak
	23,50	C	5,70	14,20	5,61	67,3	peščenjak
PŠM-2	23,60	C	5,71	5,10	1,53	18,4	glinovec
PŠM-2	23,70	C	6,65	4,00	0,96	11,5	glinovec
PŠM-2	24,40	C	5,15	1,20	0,36	4,3	glinovec
	24,40	C	5,71	5,20	2,03	24,4	glinovec

Od vseh preiskanih vzorcev jih je 42 pripadalo glinovcu in 11 peščenjaku. V nadaljevanju podajamo nekaj osnovnih statističnih podatkov:

material	Vrsta preiskave	Povprečje q_u	Std. deviacija:	Koef. variacije:	Št. vzorcev:
		(MPa)	(MPa)		
peščenjak	C,T				
	C,II				
	A	120,0			1
	C	61,3	32,87	0,54	10
glinovec	C,T	11,7	6,87	0,59	13
	C,II	7,7	9,92	1,29	18
	A	6,9	7,24	1,05	3
	C	29,7	18,25	0,62	16

Osnovna statistična obdelava kaže značilno razliko med vzorci peščenjaka in glinovca. Nadalje ugotovimo precejšnjo razliko med rezultati različnih vrst preiskav za glinovec. Te razlike so v celoti pričakovane, saj najmanjše vrednosti enosne tlačne trdnosti izmerjene v radialni smeri in v smeri vzporedno na plastovitost. Nadalje ugotovimo veliko variabilnost znotraj posameznih skupin vzorcev.

Za nadaljnjo rabo pri določanju trdnostnih karakteristik kamninske mase kot celote uporabimo vrednosti reducirane za standardno deviacijo:

- S_c peščenjak: $61,3 - 32,9 = 28,4$ MPa
- S_c glinovec: $29,7 - 18,3 = 11,4$ MPa

3.2.5 Vzorec zemljine s pododseka od km 8,5 + 80 do km 10,3 + 00

Odsek smo preiskali z dvema vrtinama (KT-4, KDR-19), odvzet pa je bil le en vzorec peščene glinice z gruščem, ki smo ji izmerili naravno vlago $w = 18,5$ % ter naravno prostorninsko težo $\gamma = 19,2$ kN/m³.

3.2.6 Vzorci zemljin in hribin s pododseka od km 10,3 + 00 do km 11,4 + 80

Dva vzorca mastnih glin CH trdne konsistence iz vrtine KDR-20a sta izkazala naravno vlago $w = 17,0$ in $18,9$ %, enoosno tlačno trdnost $q_u = 428$ kPa, preizkus v direktnem strižnem aparatu pa je izkazal kohezijo $c = 4,3$ kPa in strižni kot $\varphi = 21,4^\circ$.

Petim vzorcem peščenjaka iz vrtine KDR-20 je bil izmerjen točkovni trdnostni indeks $I_{s(50)}$, ki je znašal od $4,12$ do $7,77$, na podlagi katerega ocenjujemo enoosno tlačno trdnost med $q_u = 74$ MPa in $q_u = 140$ MPa.

3.2.7 Vzorci zemljin in hribin s pododseka od km 11,4 + 80 do km 15,8 + 00

Na tem odseku se nahaja devet vrtin (KDR-21, KDR-22, KDR-23, KDR-24, KDR-24a, KDR-25, KDR-25a, KDR-25b, KDR-26, KDR-26A), iz katerih je bilo odvzetih 33 vzorcev zemljin in 29 vzorcev hribin.

Večina preiskanih vzorcev zemljin je bilo klasificiranih kot peščene in mastne glin (CL, CH). Izmerili smo jim naravno vlago od $w = 16,7$ % do $43,7$ %, konsistenčno stanje glin pa je v razponu od lahko gnetnega do trdnega. V skladu z raznolikim konsistenčnim stanjem je tudi razpon rezultatov nedrenirane strižne trdnosti velik: od $\tau = 8,9$ kPa do τ več od 250 kPa.

Direktni strižni preizkusi treh vzorcev težko gnetnih peščenih in mastnih glin so izkazali rezultate v mejah $c = 0$ do $5,7$ kPa, $\varphi = 17,2^\circ$ do $23,9^\circ$. Vzorcju peščene glin CL srednje gnetne konsistence pa smo pri nični koheziji izmerili strižni kot $\varphi = 19,2^\circ$.

Izvedenih je bilo dvanajst (12) edometerskih preiskav. Lahko in srednje gnetnim glinam se za obremenitve od $\sigma = 25$ kPa do 40 kPa izmerjene vrednosti modulov stisljivosti gibljejo v mejah med $M_v = 654$ MPa in 845 kPa, za obremenitve od $\sigma = 160$ kPa do 240 kPa pa med $M_v = 2249$ MPa in 5722 kPa. Moduli stisljivosti težko gnetnih in poltrdnih glin so nekoliko višji: za obremenitve od $\sigma =$ do 50 kPa se gibljejo v mejah med $M_v = 2296$ MPa in 3394 kPa, za obremenitve od $\sigma = 200$ kPa do 300 kPa pa med $M_v = 7130$ MPa in 9731 kPa. Enemu vzorcju mastne glin trdne konsistence so bili izmerjeni še višji moduli stisljivosti: za obremenitev $\sigma =$ do 100 kPa znaša $M_v = 11\,283$ kPa, za obremenitev od $\sigma = 200$ kPa do 300 kPa pa $M_v = 14\,064$ kPa.

V edometru je bil vsem vzorcem izmerjen tudi količnik vodoprepustnosti, ki je bil velikostnega razreda E-09 cm/sek do $k = 8,6$ E-10 cm/sek.

Enoosni tlačni preizkus enega vzorca apnenega peščenjaka iz vrtine KDR-25 je izkazal vrednost enoosne tlačne trdnosti $q_u = 18,8$ MPa, vzorcju laporja iz vrtine KDR-26 pa smo izmerili enoosno tlačno trdnost $q_u = 0,87$ MPa.

Dvajsetim vzorcem laporja in devetim vzorcem peščenjaka smo izmerili točkovni trdnostni indeks $I_{s(50)}$, na podlagi katerega ocenjujemo enoosno tlačno trdnost q_u materiala. Rezultate podajamo za vsak tip hribine posebej:

- lapor: $I_{s(50)} =$ med $0,02$ in $2,19$, $q_u =$ od $0,18$ MPa do $q_u = 26,3$ MPa,
- peščenjak: $I_{s(50)} =$ med $1,53$ in $5,37$, $q_u =$ od $30,5$ MPa do $q_u = 96,7$ MPa.

4.0 GEOLOŠKI OPIS OZEMLJA

4.1 Splošni opis

Območje, ki ga obravnavamo, pripada jadranski masi zunanjih dinaridov, ki je razdeljeno v več manjših tektonskih enot. V tej členitvi pa je območje obravnave zajeto v Tržaškem paleogenem bazenu.

V Tržaškem paleogenem bazenu pretežno horizontalni in mirni sloji klastičnih kamenin skrivajo pod seboj znatno drugačne odnose. Skladi Tržaškega bazena so na meji z Bujskim tektonskim prodorom nagnjeni proti severu in severovzhodu, saj je ta meja prelomna. Antiklinalne strukture so na kopnem ugotovljene le na dveh mestih.

Obravnavanega ozemlja ne sekajo pomembnejši prelomi. Na terenu zasledimo manjše prelome z metriskimi zmiki, ob katerih kamnine niso močno poškodovane.

Plastovitost je večinoma subhorizontalna, ali z vpadi proti jugovzhodu, jugu in jugozahodu. V erozijskih grapah najdemo tudi plasti z vpadom proti severu in severovzhodu.

Z vrtino PŠM-2 na južni strani predora Šmarje smo ugotovili, da v globinah nad 15 m plastovitost ni več horizontalna, temveč se postopoma spreminja v navpično. Domnevamo, da gre za segment flišne gube, ki jo bo potrebno podrobneje preiskati v višjih fazah izdelave projektne dokumentacije.

4.2 Litološko stratigrafski pregled inženirsko geoloških enot

4.2.1 Eocenski klastični (flišni) sedimenti (3E_2)

Trasa HC Koper – Dragonja poteka po ozemlju, ki ga v osnovi gradijo eocenski klastični sedimenti (3E_2) ali njihovi reziduali. Imenujemo jih tudi flišni sedimenti, za katere je značilno ritmično in ciklično menjavanje glinovcev, meljevcev, laporovcev in peščenjakov. Vmes se mestoma pojavljajo različno velike leče ali plasti apnenčevega peščenjaka – kalkarenita, redkeje pa tudi apnenčevih breč in celo apnenci.

Glinovci in meljevci predstavljajo siv in zelen, mestoma moder kamninski agregat, ki so najpogostejši litološki element med flišnimi sedimenti. Sveži so sive do zelenkasto sive in tudi modro sive barve. Plastovitost predstavljajo pretežno ravne diskontinuitete, na nekaterih odkritih površinah pa opazujemo tudi izrazito iverasto krojitev. Kamnina je podvržena preperevanju. Preperevanje sega v globino do nekaj metrov. Debelina lapornih plasti v povprečju znaša 2 - 3 cm in vsebujejo do 70% glinenih mineralov. Zaradi tega so podvrženi intenzivnemu preperevanju (eroziji) in v stiku z vodo razpadajo v mastno do pusto glino. V primeru, da vsebujejo 70 % karbonatnega veziva, jih poimenujemo **laporovci**. Ti so mehansko bolj odporni od glinovcev in meljevcev, vendar manj od peščenjakov.

Peščenjak nastopa v različno debelih plasteh, v povprečju so plasti debele 10-30 cm. Prevladujejo drobno in drobno do srednje zrnati peščenjaki. Sveži so obarvani svetlo sive do sive barve, prepereli pa so rjavi in značilno razpokani. Kamninski agregat je trden in ima apneno

vezivo. Peščenjak je zelo odporen proti preperevanju in eroziji. Značilno je conalno prodiranje procesov preperevanja v kamnine.

Apnenec predstavlja grobozrnat apneni peščenjak, imenovan kalkarenit. Značilno je pojavljanje zakrasevanja in izrazito prevajanje vode ter izviranje na kontaktih z nižje ležečimi neprepustnimi skladi. V flišnih plasteh močno izstopa, ker je zelo trd in odporen proti preperevanju. Svež je obarvan svetlo sive do rjavo sive barve. Plasti so debele od 0,15 do 0,5 m, mestoma pa tudi 1,0 – 2,0 m.

4.2.2 Preperina fliša (deluvij – de)

Skoraj celotno površino fliša prekriva flišna preperina. Preperina je zemljinska zmes preperevanja matične podlage ali pa sekundarnih nanosov višje ležečih pobočij. Spekter granulometrične sestave teh zemljin je zelo širok. Nastopajo kot močno zaglinjene peščeno gruščne zemljine rjave barve (GC), mestoma prevladujejo puste glin (CL) rjave barve s posameznimi drobci preperelih flišnih kamnin, ki so pretežno poltrdne in trdne konsistence. Mestoma, na področjih aluvialnih ravnin, nastopajo pod aluvialnimi glinami tudi mastne glin (CH) rjave barve. Konsistenčno stanje je lahko židko in lahkognetno, pa vse do poltrdnega. Meljne frakcije nastopajo redkeje (ML).

Debelina deluvija močno variira, tako zaradi lokalnih morfoloških značilnosti območja, kakor tudi litološke sestave tal. Debelina preperine, ki smo jo preiskali z vrtinami, znaša od 0,5 m do več m. Na strmih pobočjih erozijskih grap preperine praktično ni – izdanjajo delno preperele flišne plasti. Preperina se nabira ob vznožjih pobočij in v strugah občasnih vodotokov.

Z raziskavami smo izločili območja s prevladujočo glineno komponento (Q_{del_CL}) in območja s prevladujočo gruščnato komponento (Q_{del_GC}).

Q_{del_CL} predstavlja območja s prevladujočo glineno in meljno komponento, rjave in sive barve, težkognetne do poltrdne konsistence. Plasti mastnih glin (CH) se pojavljajo redkeje, predvsem v začetnem delu trase. Ob prisotnosti podtalnice so lahko v židkem do lahkognetnem konsistenčnem stanju.

Q_{del_GC} predstavlja območja s prevladujočo gruščnato komponento, ki je vezana z glineno meljnim vezivom. Grušči so rjave in sive barve, srednje gosti, gosti in zelo gosti, vezivo je težkognetne do poltrdne konsistence. Nastopajo večinoma na strmejših pobočjih.

Območja s povečano debelino deluvija so običajno oblikovana v umetne terase. V območju trase HC zasledimo pobočni grušč flišnega peščenjaka in laporja svetlorjave barve in meljasto peščene glin rjave barve, srednje do težko gnetne konsistence. Ti sedimenti se pojavljajo v erozijskih grapah na trasi in ob vznožju pobočij.

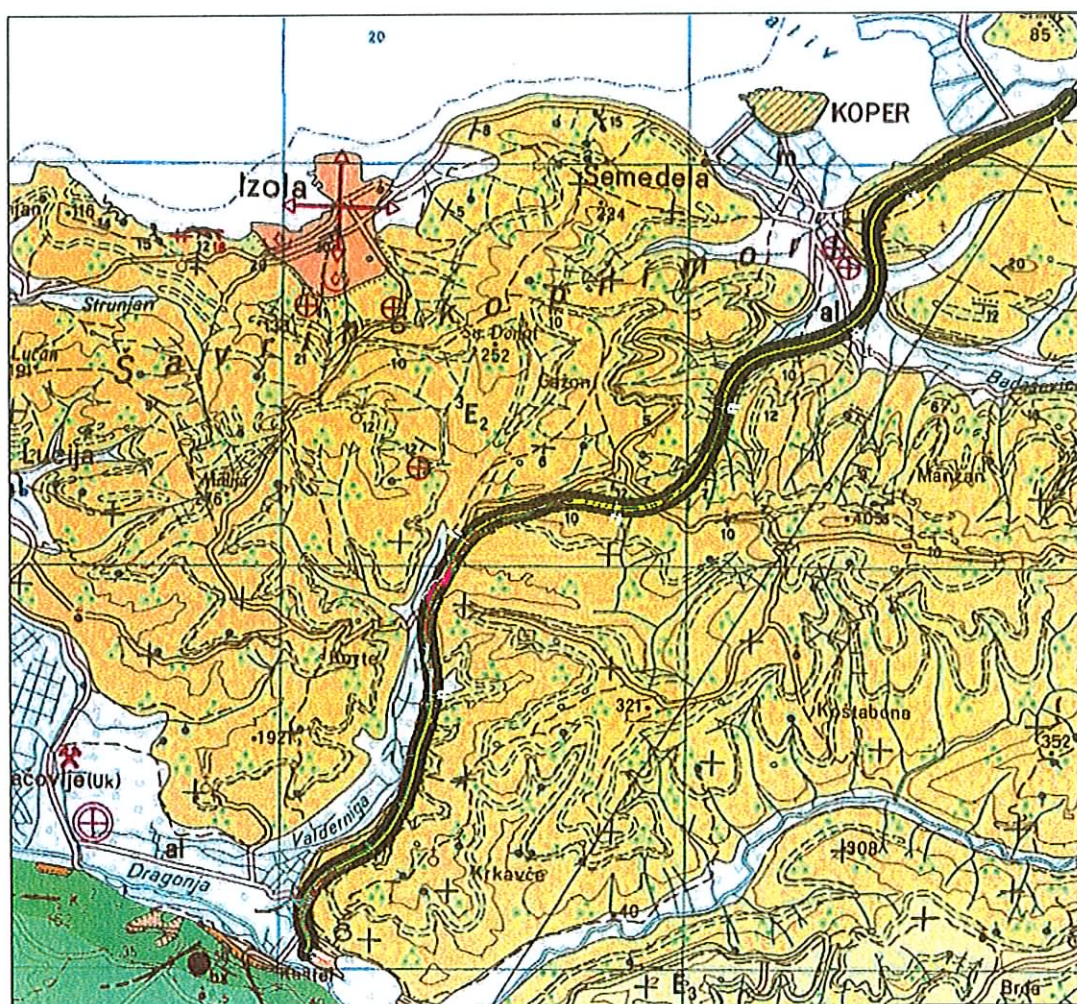
Plasti preperelega fliša ponekod povijajo v smeri pobočij. Sicer vodoravne plasti v bližini površja preperevajo in postopoma težijo k vpadom, vzporednim s pobočjem. Pojav kaže na počasno deluvijalno lezenje preperinskega pokrova s pobočjem. Pojav smo sledili v useku dostopne ceste proti Padni.

4.2.3 Morski sedimenti (m)

V zaledju Koprskje ravnice, v dolini Pradišjola in Badaševice, je poleg aluvialnih naplavin po različnih virih prisotno tudi morsko blato, morska glina, ki je sivomodre barve in je pod prsti mastna. V tej glini so prisotne hišice polžev in školjk, ki so značilne za brakična okolja. To priča o nekoč višje segajočem morskem zalivu kot danes.

4.2.4 Aluvijalni nanosi (al)

Dna korit večjih vodotokov prekriva pretežno glineni nanos, ki je nastal s preperevanjem laporne komponente fliša. V glineni osnovi se pojavljajo drobcji flišnih kamnin. Ob večjih potokih so tako odloženi aluvialni sedimenti. To so pretežno glinaste zemljine, ki so nastale pri preperevanju flišnih plasti. Prevladuje peščena glina s peskom in drobnim prodrom in posameznimi različno velikimi prodniki. Aluvialni nanosi so rjave do sivo rjave barve.



Slika 1: OGK, list Trst M 1: 100.000 (izrez)

4.3 Hidrogeološka slika obravnavanega območja

Intaktne flišne plasti so v splošnem slabo prepustne. Značilna je razpoklinska prepustnost pretežno plasti peščenjaka. V splošnem je preperelost in razpokanost večja v zgornjem delu flišnih plasti in se z globino zmanjšuje. Območje preperevanja je odvisno tudi od strukture, lege in smeri plasti ter nagubanosti in lahko seže od nekaj metrov do več 10 m globoko. Plasti glinovcev in

meljevcev ob stiku z vodo hitro razpadejo v gline in melje, še posebej če so tektonsko pretrte, kot v območjih gub in prelomov.

V splošnem so pobočja prekrita z več metrov debelim slojem flišne preperine (deluvijalnih glin z grušči), ki je vodoprepustna in ima velik potencial infiltracije meteornih voda. Zaradi tega je potrebno vse posege v takšna pobočja skrbno načrtovati, saj vsaka sprememba geometrije lahko poruši ravnovesje. Do porušitev najpogosteje prihaja na kontaktu deluvija z podlago, kjer so preceja podtalnica.

Pogosto se vrši tudi precejanje vode po razpoklinskih sistemih poroznih – srednje prepustnih vodonosnih plasti kalkarenita in peščenjaka. Površinske vode imajo zaradi relativno slabih mehanskih lastnosti meljevcev in glinovcev močan erozijski učinek, ki je lepo viden na strmih pobočjih okoliških hribov. Vsi manjši vodotoki imajo tako večinoma hudourniški značaj.

4.3.1 Eocenski klastični (flišni) sedimenti (³E₂)

Za flišne sedimente je značilno ritmično in ciklično menjavanje glinovcev, peščenih laporjev in peščenjakov. Vmes se mestoma pojavljajo različno velike leče ali plasti apnenčevega peščenjaka – kalkarenita, pa tudi apnenčeve breče ter apnenci.

- Sivi, zeleni in mestoma modri **ginovec in peščen lapor** predstavljata najpogostejši litološki element med flišnimi plastmi. Debelina posameznih pasti je 0,2 – 0,3 m, podvržene so preperevanju in v stiku z vodo razpadejo v glino. Preperina lahko doseže debelino nekaj metrov. V teh plasteh nastopa pretežno razpoklinska poroznost, podrejeno v preperini tudi medzrnska. Na splošno te plasti, toku podzemne vode tvorijo oviro (bariero), njihovo prepustnost uvrščamo v slabo prepustnost ($1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s} > k > 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike, njihova izdatnost pa v kategorijo nizka izdatnosti, ki praviloma ne presega 0,5 l/s. Na obravnavanem območju v takih plasteh nahajamo redke vaške vodnjake, manjša zajetja in kali.
- Svetlo sivi in sivi **peščenjak** predstavlja drugi litološki element v flišnih plasteh. Debelina posameznih pasti je lahko zelo različna, v povprečju pa 0,1 – 0,3 m. Prevladujejo drobno do srednje zrnati peščenjaki, vezivo je karbonatno. Zaradi take litološke sestave so preperevanju podvrženi mnogo manj, kot glinovci in laporji. V stiku z vodo, ki se pretaka po razpokah peščenjaki preperevajo, preperina se v kamenino širi od razpok navznoter. Preperela kamenina je značilne rjave barve. V teh plasteh nastopa pretežno razpoklinska poroznost. Plasti peščenjakov so akumulator podzemne vode, njihovo prepustnost uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} > k > 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$). Po oceni vodonosnikov so plasti peščenjakov uvrščene med revne vodonosnike, njihova izdatnost pa v kategorijo nizke do srednje izdatnosti, ki praviloma ne presega nekaj litrov na sekundo. Na obravnavanem območju v takih plasteh, posebno na stikih z slabše prepustnimi glinovci in laporji, nahajamo posamezne vaške vodnjake in manjša zajetja.
- Svetlo sivi do rjavo sivi **grobo zrnati apnenčev peščenjak - kalkarenit** predstavlja naslednji litološki element v flišnih plasteh. Debelina posameznih pasti je lahko zelo različna, v povprečju pa 0,15 – 0,5 m, mestoma pa so posamezne plasti kalkarenita lahko debele tudi do 2,0 m. Zaradi take litološke sestave je v paketu flišnih plasti najmanj podvržen preperevanju, je pa v teh plasteh značilno zakrasevanje. V teh plasteh nastopa pretežno kraška poroznost, razpoklinska poroznost nastopa podrejeno. Plasti kalkarenitov so akumulator in prevodnik

podzemne vode, posebno v skraselih conah. Izviri podzemne vode nastopajo pogosto na stikih s slabše prepustnimi lapornatimi plastmi. Prepustnost kalkarenitov uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5}$ m/s $> k > 1 \cdot 10^{-7}$ m/s). Po oceni vodonosnikov so plasti kalkarenitov uvrščene med revne vodonosnike, njihova izdatnost pa v kategorijo nizke do srednje izdatnosti, kar je direktno odvisno od zakraselosti kamenine. Izdatnost nezakraselih kalkarenitov uvrščamo v nizko izdatnost (0,5 – 2,0 l/s), izdatnost zakraselih plasti pa uvrščamo v srednjo izdatnost (2,0 – 50,0 l/s). Na obravnavanem območju v takih plasteh, posebno na stikih z slabše prepustnimi glinovci in laporji, nahajamo predvsem manjša zajetja podzemne vode.

4.3.2 Preperina fliša (deluvij – de)

Velik del območja, ki ga gradijo flišni sedimenti, prekriva preperina fliša. Preperina je lahko rezultat preperevanja matične kamenine, ali pa posledica sekundarnih nanosov iz višje ležečih pobočij. Preperina flišnih kamenin nastopa kot *zaglinjena peščeno gruščnata zemljina*, rjave barve, mestoma pa prevladujejo *gline s posameznimi drobci preperile kamenine*, prav tako rjave barve. Debelina deluvialnih nanosov je zelo različna, odvisna predvsem od morfoloških značilnosti terena in litološke sestave tal in znaša od 0,5 m pa do več metrov. Največ deluvialne preperine nahajamo ob vznožju strmih pobočij erozijskih grap in v strugah občasnih površinskih vodotokov.

Izločeni sta dve bistveni enoti, prvo s prevladujočo glineno komponento in drugo s prevladujočo gruščnato komponento.

- Q_{del_CL} ta območja predstavlja deluvialni nanos s prevladujočo vsebnostjo gline, redkeje melja.

V teh plasteh nastopa medzrnska poroznost. Na splošno te plasti, toku podzemne vode tvorijo oviro (bariero), njihovo prepustnost uvrščamo v slabo prepustnost ($1 \cdot 10^{-7}$ m/s $> k > 1 \cdot 10^{-9}$ m/s), mestoma lahko tudi v zelo slabo prepustnost ($k < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike, mestoma jih uvrščamo celo med neprepustne plasti. Njihovo izdatnost uvrščamo v kategorijo nizka izdatnost, ($< 0,5$ l/s). Na obravnavanem območju v takih plasteh nahajamo redka manjša zajetja in kali (površinski zbiralniki meteorne vode).

- Q_{del_GC} ta območja predstavlja deluvialni nanos s prevladujočo vsebnostjo grušča z glino in meljem. Ta nanos nahajamo pretežno ob vznožjih strmejših pobočij erozijskih grap.

V teh plasteh nastopa medzrnska poroznost. Na splošno so te plasti omejen vodonosnik, njihovo prepustnost uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5}$ m/s $> k > 1 \cdot 10^{-7}$ m/s). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike. Njihovo izdatnost uvrščamo v kategorijo nizka izdatnost, (0,5 – 2,0 l/s). Na obravnavanem območju v takih plasteh nahajamo redke vaške vodnjake in manjša zajetja.

4.3.3 Morski sedimenti (m)

Pod aluvialnimi nanosi v dolini Badaševice in Pradišjola, ter dolini Drnice nahajamo tudi morske sedimente, ki jih sestavlja pretežno morska glina, sivo modre barve.

V teh plasteh nastopa medzrnska poroznost. Na splošno te plasti, toku podzemne vode tvorijo oviro (bariero), njihovo prepustnost uvrščamo v zelo slabo prepustnost ($k < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med neprepustne.

4.3.4 Aluvialni nanosi (al)

Večji površinski vodotoki (npr. Badaševica, Drnica) so odložili aluvialne sedimente vzdolž svojih strug. To so pretežno glineni nanosi, ki so nastali s preperevanjem laporja. V glini se pojavljajo drobci flišnih kamnin. Prevladuje glina s peskom in mestoma drobnim prodom, rjave barve.

V aluvialnih nanosih nastopa medzrnska poroznost. Na splošno so te plasti relativno omejen vodonosnik. Prepustnost aluvialnega nanosa, ki je zelo heterogen, je lahko zelo različna, od zelo slabe prepustnosti ($k < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s), do srednje prepustnosti ($1 \cdot 10^{-5}$ m/s $> k > 1 \cdot 10^{-7}$ m/s). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike. Njihovo izdatnost uvrščamo pretežno v kategorijo nizka izdatnost, (0,5 – 2,0 l/s), zelo redko v srednjo izdatnost (> 2,0 l/s). Na obravnavanem območju v takih plasteh nahajamo redke vaške vodnjake in manjša zajetja.

4.4 Inženirsko geološka ocena flišnih kamnin

Kot smo že navedli v poglavju o Geološkem opisu ozemlja poteka trasa HC Koper – Dragonja po ozemlju, ki ga v osnovi gradijo eocenski klastični sedimenti (3E_2) ali njihovi reziduali ter morski in rečni sedimenti. Imenujemo jih tudi flišni sedimenti, za katere je značilno ritmično in ciklično menjavanje glinovcev, meljevcev, laporovcev in peščenjakov. Vmes se mestoma pojavljajo različno velike leče ali plasti apnenčevega peščenjaka – kalkarenita, redkeje pa tudi apnenčevih breč in celo apnenci.

Flišne plasti so glede na generalen, skoraj vodoraven položaj plasti v stabilnostno ugodnem položaju. Pobočja so zaradi hitrega preperevanja glinovcev in meljevcev podvržena potencialnemu drsenju, oziroma teh pojavov ne moremo izključiti. Pri tem govorimo predvsem o počasnem deluvijalnem drsenju, čeprav večjih aktivnih plazov nismo sledili. Da gre za večje debeline grušča priča tudi dejstvo, da se voda potokov na več delih izgublja.

Verjetnost nastopanja plazov na območjih večjih strmin je pogojena z razpokanostjo plasti peščenjaka in laporja v smereh pravokotno na plastovitost ter z deležem in stopnjo razpokanosti laporja v paketu fliša. Zato se aktivni plazovi lahko manifestirajo predvsem kot zdrsi preperine na strmih pobočjih.

Kvaliteto flišnih kamnin določimo glede na stopnjo preperelosti, vpad plasti in vrsto rabe, oz. način temeljenja objektov. Na tej stopnji obdelave ločimo dva kvalitetna razreda flišnih kamnin:

- Preperele flišne kamnine, do globine nekaj metrov, v katerih bo izvedena večina vkopov
- Kompaktne flišne kamnine, v katerih bo potekal izkop predorskih cevi

Kamnino smo klasificirali in določili osnovne geomehanske lastnosti. Klasifikacijo smo izvedli po Bieniawskem, z upoštevanjem stanja kamnin, kot smo jih ugotovili z raziskovalnimi vrtinami in kartiranjem, ter na osnovi izkušenj pri gradnji podobnih objektov v podobnih geoloških razmerah.

Preperelim flišnim kamninam pripišemo naslednje lastnosti:

PREPEREL FLIŠ

ROCK MASS RATING		Zgornja meja		Spodnja meja	
Območje preperelega fliša		Opis	Št.točk	Opis	Št.točk
1	Trdnost intaktne hribine	1 - 5 [MPa]	1	1 - 5 [MPa]	1
2	RQD	< 25 [%]	3	< 25 [%]	3
3	Razdalja med razpokami	< 0,060 [m]	5	< 0,060 [m]	5
4	Stanje razpok		9		8
5	Voda v razpokah	vlažne	7	teče	4
SKUPAJ [RMR]			25		21
Orientacija diskontinuitet			-5		-5
RMR			20		16
GSI			28		23

	Zgornja meja	Spodnja meja
Dolžina diskontinuitet	2	2
Odprtost razpok	1	1
Hrapavost razpok	3	3
Zapolnitve razpok	2	2
Preperelost razpok	1	0
Skupaj	9	8

Glede na klasifikacijo po Bieniawskem uvrščamo preperete flišne kamnine v razred IV – Slaba kamnina (RMR = 21 – 40 točk).

KOMPAKTEN FLIŠ

ROCK MASS RATING		Zgornja meja		Spodnja meja	
Območje kompaktnega fliša		Opis	Št.točk	Opis	Št.točk
1	Trdnost intaktne hribine	5 - 25 [MPa]	2	5 - 25 [MPa]	2
2	RQD	25 - 50 [%]	8	< 25 [%]	3
3	Razdalja med razpokami	0,060 - 0,200 [m]	8	< 0,060 [m]	5
4	Stanje razpok		13		13
5	Voda v razpokah	vlažno	10	kaplja	7
Točk SKUPAJ [RMR]			41		30
Orientacija diskontinuitet			-5		-5
RMR za vkop			36		25
GSI			38		35

	Zgornja meja	Spodnja meja
Dolžina diskontinuitet	4	4
Odprtost razpok	1	1
Hrapavost razpok	3	3
Zapolnitve razpok	2	2
Preperelost razpok	3	3
Skupaj	13	13

Glede na klasifikacijo po Bieniawskem uvrščamo kompaktne flišne kamnine v razred IV – Slaba kamnina (RMR = 21 – 40 točk).

Na osnovi inženirsko geološkega kartiranja in pregleda jeder vrtin ugotavljamo, da je kvaliteta flišnih kamnin na območju pokritega vkopa Škocjan zelo podobna kvaliteti flišnih kamnin na ostalem delu trase, razen na območju predora Šmarje.

Celotno območje predora smo razdelili na 4 odseke in portalna območja, za katere menimo, da se inženirsko geološke, hidrogeološke in geomehanske razmere ločijo v tolikšni meri, da jih lahko obravnavamo posebej.

		Obm. 1: P374 - P389		Obm. 2: P389 - P393		Obm. 3: P393 - P417		Obm. 4: P417 - P427	
		ocena		ocena		ocena		ocena	
PARAMETER		Opis	št.točk	Opis	št.točk	Opis	št.točk	Opis	št.točk
1	Trdnost intaktne hribine	5-25 [MPa]	2	5-25 [MPa]	2	5-25 [MPa]	2	5-25 [MPa]	2
2	RQD	25-50 [%]	8	25-50 [%]	8	25-50 [%]	8	25-50 [%]	8
3	Razdalja med razpokami	6-20 [cm]	8	6-20 [cm]	8	6-20 [cm]	8	6-20 [cm]	8
4	Stanje razpok		13		11		20		13
5	Voda v razpokah	vlažne	10	vlažne	10	suhe	15	vlažne	10
SKUPAJ [RMR]			41		39		53		41
	Orientacija diskontinuitet glede na smer napredovanja		-5		-5		-5		-5
	RMR za predor		36		34		48		36
	GSI		41		39		48		41

STANJE RAZPOK		ocena		ocena		ocena		Ocena	
1	Dolžina diskontinuitet	3 - 10 m	2	3 - 10 m	2	1 - 3 m	4	3 - 10 m	2
2	Odprtost razpok	1 - 5 mm	1	1 - 5 mm	1	0,1 - 1 mm	4	1 - 5 mm	1
3	Hrapavost razpok	Malo hrapave	3	malo hrapave	3	malo hrapave	3	Malo hrapave	3
4	Zapolnitve razpok	Trda zapolnitev < 5 mm	4	mehka zapolnitev < 5 mm	2	Trda zapolnitev < 5 mm	4	Trda zapolnitev < 5 mm	4
5	Preperelost razpok	Zmerno preperele	3	zmerno preperele	3	rahlo preperele	5	Zmerno preperele	3
Skupaj točk:			13		11		20		13

V območjih portalov opišemo kvaliteto kamnin:.

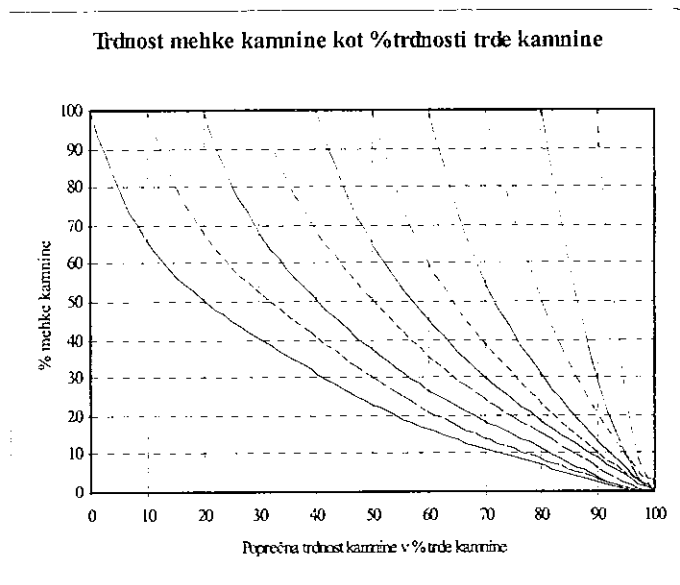
Parameter	Preperel fliš				Kompakten fliš			
	Zgornja meja		Spodnja meja		Zgornja meja		Spodnja meja	
	Opis	št.točk	Opis	št.točk	Opis	št.točk	Opis	št.točk
1 Trdnost intaktne hribine	5-25 [MPa]	2	1-5 [MPa]	1	5-25 [MPa]	2	5- 25 [MPa]	2
2 RQD	< 25 [%]	3	< 25 [%]	3	< 25 [%]	3	< 25 [%]	3
3 Razdalja med razpokami	6-20 [cm]	8	< 6 [cm]	5	6-20 [cm]	8	6-20 [cm]	8
4 Stanje razpok		11		9		21		16
5 Voda v razpokah	vlažne	10	teče	4	suhe	15	vlažne	10
SKUPAJ [RMR]		34		22		49		39
Orientacija diskontinuitet		-5		-5		-5		-5
RMR		29		17		44		34
GSI		34		22		49		39

Parameter	Preperel fliš				Kompakten fliš			
	Zgornja meja		Spodnja meja		Zgornja meja		Spodnja meja	
1 Dolžina diskontinuitet	3 - 10 m	2	3 - 10 m	2	1 - 3 m	4	1 - 3 m	4
2 Odprtost razpok	1 - 5 mm	1	1 - 5 mm	1	0,1 - 1 mm	4	0,1 - 1 mm	4
3 Hrapavost razpok	Malo hrapave	3	Malo hrapave	3	Malo hrapave	3	Malo hrapave	3
4 Zapolnitve razpok	Trda zapolnitev < 5 mm	4	Mehka zapolnitev < 5 mm	2	Trda zapolnitev < 5 mm	4	Trda zapolnitev > 5 mm	2
5 Preperelost razpok	zelo preperele	1	Zelo preperele	1	Rahlo preperele	5	Zmerno preperele	3
Skupaj točk:		11		9		21		16

Glede na klasifikacijo po Bieniawskem preperele flišne kamnine uvrščamo v razred IV – slaba kamnina (RMR = 21 – 40 točk), kompaktne flišne kamnine uvrščamo v razred III – Zmerno dobra kamnina (RMR = 41 – 60 točk).

Določitev trdnostnih karakteristik fliša:

Trdnost flišne kamninske mase kot celote ocenimo na osnovi empirične zveze po Laubscher-ju. Povprečna trdnost celotne kamninske mase v kateri nastopajo plasti z različnimi geomehanskimi lastnostmi je odvisna od količine mehkih con v kamninski masi in od razmerja med enoosno tlačno trdnostjo mehkih in trdnih delov kamnine (slika na naslednji strani).



Enoosna tlačna trdnost flišnih kamnin na območju trase HC

V spodnji tabeli podajamo vrednosti enoosne tlačne trdnosti kompaktnega fliša za različna razmerja vsebnosti peščenjaka:

Karakteristično razmerje		σ_c pešč.	σ_c lapor	% $\sigma_{clapor.} / \sigma_{cpešč}$	% $\sigma_{ckamn.} / \sigma_{cpešč}$	σ_c kamnine
Lapor	peščenjaka	[Mpa]	[MPa]			[MPa]
90	10	28	5	18	20	5,6
95	5	28	5	18	18	5,0
80	20	28	5	18	23	6,4

Preperelemu flišu pripišemo vrednost enoosne tlačne trdnosti kot jo ima glinovec, $\sigma_c = 5,0$ MPa.

Enoosna tlačna trdnost flišnih kamnin na območju trase pokritega vkopa PV 8-1 Škocjan

Na območju pokritega vkopa PV 8-1 Škocjan so razmere zelo podobne tistim na preostalem delu trase, zato privzamemo enake vrednosti enoosne tlačne trdnosti.

Enoosna tlačna trdnost flišnih kamnin na območju trase predora Šmarje

V spodnji tabeli podajamo vrednosti enoosne tlačne trdnosti kompaktnega fliša za različna razmerja vsebnosti peščenjaka:

Karakteristično razmerje		σ_c pešč.	σ_c lapor	% $\sigma_{clapor.} / \sigma_{cpešč}$	% $\sigma_{ckamn.} / \sigma_{cpešč}$	σ_c kamnine
Lapor	peščenjaka	[Mpa]	[MPa]			[MPa]
35	65	28	11	39	61	17,1
55	45	28	11	39	52	14,5
70	30	28	11	39	47	13,2

Preperelomu flišu pripišemo vrednost enoosne tlačne trdnosti kot jo ima glinovec, $s_c = 6,9$ MPa.

Vrednosti strižnih parametrov, trdnosti in elastičnosti kamninske mase, kot celote ocenimo na osnovi Hoek & Brownovega kriterija porušitve. Vrednotenje izvedemo za preperel in kompakten fliš.

GSI parameter smo določili na podlagi popisa jeder vrtn in izdankov fliša v cestnih vsekih. Parameter je osnova za določitev strižnih in trdnostnih lastnosti kamnin po Hoek & Brownovem kriteriju porušitve. V računu strižnih karakteristik smo upoštevali spodnjo mejo in sicer $GSI = 23$ za preperel fliš in $GSI = 35$ za kompakten fliš.

Za območje trase HC, določimo naslednje vrednosti strižnih karakteristik fliša:

Količina	Enote	Preperel fliš		Kompakten fliš		
		$\sigma_3 = 0,035$	$\sigma_3 = 0,085$	$\sigma_3 = 0,092$	$\sigma_3 = 0,159$	$\sigma_3 = 0,324$
enoosna tlačna trdnost	[MPa]	5	5	5,6	5,6	5,6
GSI	-	23	23	33	33	33
m_i	-	6	6	7	7	7
D	-	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5
E_i	[MPa]	10.000	10.000	12.000	12.000	12.000
γ	[kN/m ³]	21,0	21,0	23,0	23,0	23,0
Globina	[m]	2	5	5	10	20
Napetostno stanje σ_3	[MPa]	0,035	0,085	0,092	0,159	0,324
kohezija hribinske mase	[kPa]	7	11	26	38	56
strižni kot hribinske mase	[°]	32	26	38	33	28
Natezna trdnost hribinske mase	[MPa]	-0,001	-0,001	-0,003	-0,003	-0,003
modul elastičnosti	[MPa]	285	285	614	614	614

Zaradi podobnih inženirsko geoloških lastnosti terena, lahko strižne karakteristike iz območja trase HC apliciramo tudi na območju pokritega vkopa PV 8-1 Škocjan.

Območje Predora Šmarje smo razdelili na štiri (4) območja, ki jim pripišemo naslednje karakteristike:

Količina	Enote	Območje 1	Območje 2	Območje 3	Območje 4
enoosna tlačna trdnost	[MPa]	17	13	17	13
GSI	-	41	39	48	38
m_i	-	7	7	7	7
D	-	0,7	0,7	0,7	0,7
E_i	[MPa]	12.000	12.000	12.000	12.000
γ	[kN/m ³]	23,0	23,0	23,0	23,0
Globina	[m]	43	80	86	32
Napetostno stanje σ_3	[MPa]	0,468	0,823	0,911	0,349
kohezija hribinske mase	[kPa]	107	129	196	81
strižni kot hribinske mase	[°]	33	25,4	31,0	33,2
Natezna trdnost hribinske mase	[MPa]	-0,012	-0,008	-0,023	-0,009
modul elastičnosti	[MPa]	740	660	1.130	740

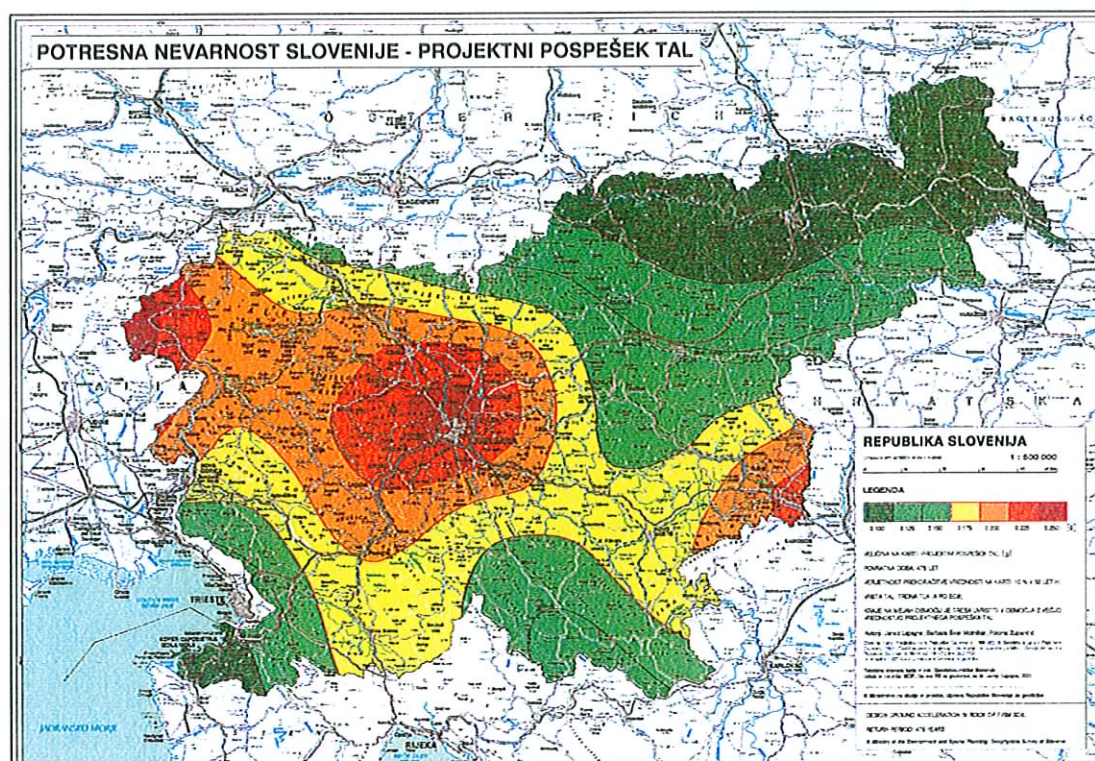
V območjih portalov upoštevamo materialne karakteristike ločeno, za preperelo flišno kamnino in kompaktno flišno kamnino:

Količina	Enote	Preperel fliš				Kompakten fliš			
		Zgornja meja		Spodnja meja		Zgornja meja		Spodnja meja	
		$\sigma_{3max} =$ 42 kPa	$\sigma_{3max} =$ 170 kPa	$\sigma_{3max} =$ 42 kPa	$\sigma_{3max} =$ 170 kPa	$\sigma_{3max} =$ 200 kPa	$\sigma_{3max} =$ 400 kPa	$\sigma_{3max} =$ 100 kPa	$\sigma_{3max} =$ 400 kPa
enoosna tlačna trdnost	[MPa]	6,9	6,9	6,9	6,9	17	17	13	13
GSI	-	34	34	22	22	49	49	39	39
m_i	-	7	7	6	6	7	7	7	7
D	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
E_i	[MPa]	4.500	4.500	4.500	4.500	12.000	12.000	12.000	12.000
γ	[kN/m ³]	21	21	21	21	23	23	23	23
Globina	[m]	2	8	2	8	10	20	10	20
kohezija hribinske mase	[kPa]	14	30	9	20	73	128	44	92
strižni kot hribinske mase	[°]	38	28	31	22	48	38	44	33
modul elastičnosti	[MPa]	183	183	125	125	1.200	1.200	660	660

4.5 Seizmičnost terena

Obravnavano območje se uvršča v 7 stopnjo seizmične intenzitete po EMS lestvici (European Macroseismic Scale). V tem območju lahko pričakujemo seizmične pospeške do 0,125 g. Podatke povzemamo po Karti makroseizmičnih intenzitet Slovenije za povratno dobo potresov 475 let in po karti projektnih pospeškov potresov a_g (vir: <http://www.arso.gov.si/podrocja/potresi/podatki/>).

Za prostorsko in urbanistično načrtovanje in za potresno varno projektiranje se uporablja karto projektnega pospeška a_g . Kategorizacija upošteva litološko sestavo tal, inženirsko geološke lastnosti kamnin, tektonske značilnosti in morfološke značilnosti.



Slika: projektni pospešek tal s povratno dobo 475 let

V skladu z Evrokodom 8 uvrščamo tla na območju projektirane trase v naslednje tipe tal:

Tip tal	Opis stratigrafskega profila
A	Laporji s plastmi peščenjaka in kalkarenita. Tla so gosta, trda do polgosta, srednje trda (hribine, polhribine). Na površini so preperela in razpokana, debelina preperine do največ 5 m. Teren je stabilen in delno plazovit.
D	Deluvialna preperina (glina z gruščem in meljni grušči), aluvialni nanosi (glina s peskom in prodrom). Mehka tla, majhne gostote, glina je pretežno težkognetna do poltrdna, grušč pretežno zameljen, v srednje gostem stanju, debelina navedenih slojev je večja od 20 m. Občasni vodotoki, ponekod zamočvirjen teren.
E	Deluvialna preperina (glina z gruščem in meljni grušči) in aluvialni nanosi (glina s peskom in prodrom). Mehka tla, majhne gostote, glina je pretežno težkognetna do poltrdna, grušč pretežno zameljen, v srednje gostem stanju. Debelina teh slojev znaša med 5 in 20 m, globlje se nahaja material tipa A. Labilna pobočja, občasni vodotoki, ponekod zamočvirjen teren.

5.0 PREGLED INŽENIRSKO GEOLOŠKIH, HIDROGEOLOŠKIH IN GEOTEHNIČNIH RAZMER NA TRASI PO POSAMEZNIH ODSEKIH

Na osnovi opisanih raziskav podajamo inženirsko geološke, hidrogeološke in geotehnične pogoje na trasah HC Koper - Dragonja. Celotna trasa dolžine 15,8 km poteka od Bertokov, prek Šmarskega hriba (55,2 mnv) po dolini Pjažentina in se vzpne v pobočje Šalare in Gažona. Skozi Gažon (245 mnv) poteka trasa HC v predoru okvirne dolžine 1.260 m. Od zahodnega portala predora Šmarje se trasa spušča proti dolini Drnice. Trasa ves čas poteka po levem bregu Drnice, oziroma po zahodnih pobočjih gričev. Celotno traso smo glede na inženirsko geološke in hidrogeološke kriterije razdelili na odseke:

- km -0,2 + 80 do km 3,3 + 80
- km 3,3 + 80 do km km 5,0 + 00
- km 5,0 + 00 do km 7,3 + 20
- km 7,3 + 20 do km 8,5 + 80 (predor Šmarje)
- km 8,5 + 80 do km 10,3 + 00
- km 10,3 + 00 do km 11,4 + 80
- km 11,4 + 80 do km 15,8 + 00

5.1 Odsek km - 0,2 + 80 do km 3,3 + 80

Na prvem delu odseka od km -0,2 + 80 do km 2,1 + 00 trasa HC poteka po trasi obstoječe HC med Škocjanom in Kopro. V km 2,1+00 se prične razcep 2-1 Škocjan. Na tem mestu trasa zavije v širokem loku proti jugu in se takoj zareže v Škocjanski hrib (55,2 mnv), ki ga preči s pokritim vkopom 8 -1 Škocjan. Po prehodu Škocjanskega hriba se trasa spusti v aluvialno ravnino rek Badaševice in Pjažentina, kjer se konča prvi odsek.

Obstoječa HC poteka do km 0,5 v nasipu, od tu naprej do načrtovanega razcepa Škocjan in pokritega vkopa Škocjan, leži na deluvialnih glinah in gruščih ter preperelem laporju. Podatke za prvi del odseka, ki poteka po trasi obstoječe hitre ceste, smo črpali iz arhiva (vrtine z oznako »AK« in »A«). Izvedena sta bila dva (2) dinamična penetrometra (DP-1, DP-2). Na osnovi arhivskih podatkov in izvedenih dinamičnih penetrometrov ugotavljamo, da tudi nasip obstoječe HC leži na deluvialnih glinah, debeline do 3 m.

Na območju Škocjanskega hriba, od km 2,4 do km 3,4 smo izvrtali šest (6) vrtin in izvedli eno (1) dinamično penetracijsko sondo: vrtine KDR-4, KDR-5, KDR-7, PŠK-1, PŠK-2 in PŠK-3 ter DP sondo DP-3.

Na osnovi raziskav ugotavljamo, da ob severnem vznožju Škocjanskega hriba znaša debelina deluvialnih glin do 12,0 m. To so v zgornjem delu pretežno puste gline poltrdne do trdne konsistence, ki z globino preidejo v mastne gline poltrdne do trdne konsistence. V laboratoriju izmerjena naravna vlaga glin je v mejah od $w = 17\%$ do 26% , strižni koti so razmeroma nizki ($\varphi = 14,7^\circ$ in $8,8^\circ$) pri visokih kohezijah ($c = 25,5$ kPa in 38 kPa). Tudi izmerjeni moduli stisljivosti so visoki: med $M_v = 13$ MPa in 17 MPa, vodoprepustnosti k pa je velikostnega razreda E-09 cm/sek.

Višje v pobočju, nad koto približno 21 mnv izdanjajo preperele flišne plasti. Na južni strani Škocjanskega hriba prekrivajo pobočje deluvialni grušči in grušči z glinami, ki segajo do kote približno 30,0 mnv.

Škocjanski hrib gradijo flišne plasti s prevladujočo komponento laporovca in glinovca. Peščenjak je podrejen. Plasti so subhorizontalne, na pobočjih pa povijajo v smeri padnice pobočja. GSI preperelega fliša ocenjujemo na vrednost 23-28 točk (razred IV – slaba kamnina) s sledečimi fizikalnimi karakteristikami : kohezija $c = 7$ do 11 kPa, strižni kot $\varphi = 26^\circ$ do 32° , modul elastičnosti $E = 285$ MPa. Enosno tlačno trdnost preperelega laporovca smo v laboratoriju ocenili na vrednost $q_u = 5,0$ MPa. GSI kompaktnega fliša znaša 35 – 38 točk, (razred IV – slaba kamnina). Strižne karakteristike tega materiala so: kohezija $c = 26$ do 56 kPa, strižni kot $\varphi = 28^\circ$ do 38° , modul elastičnosti $E = 614$ MPa. Enosno tlačno trdnost laporovca smo v laboratoriju ocenili na vrednost $q_u = 5,6$ MPa.

Teren je globalno stabilen.

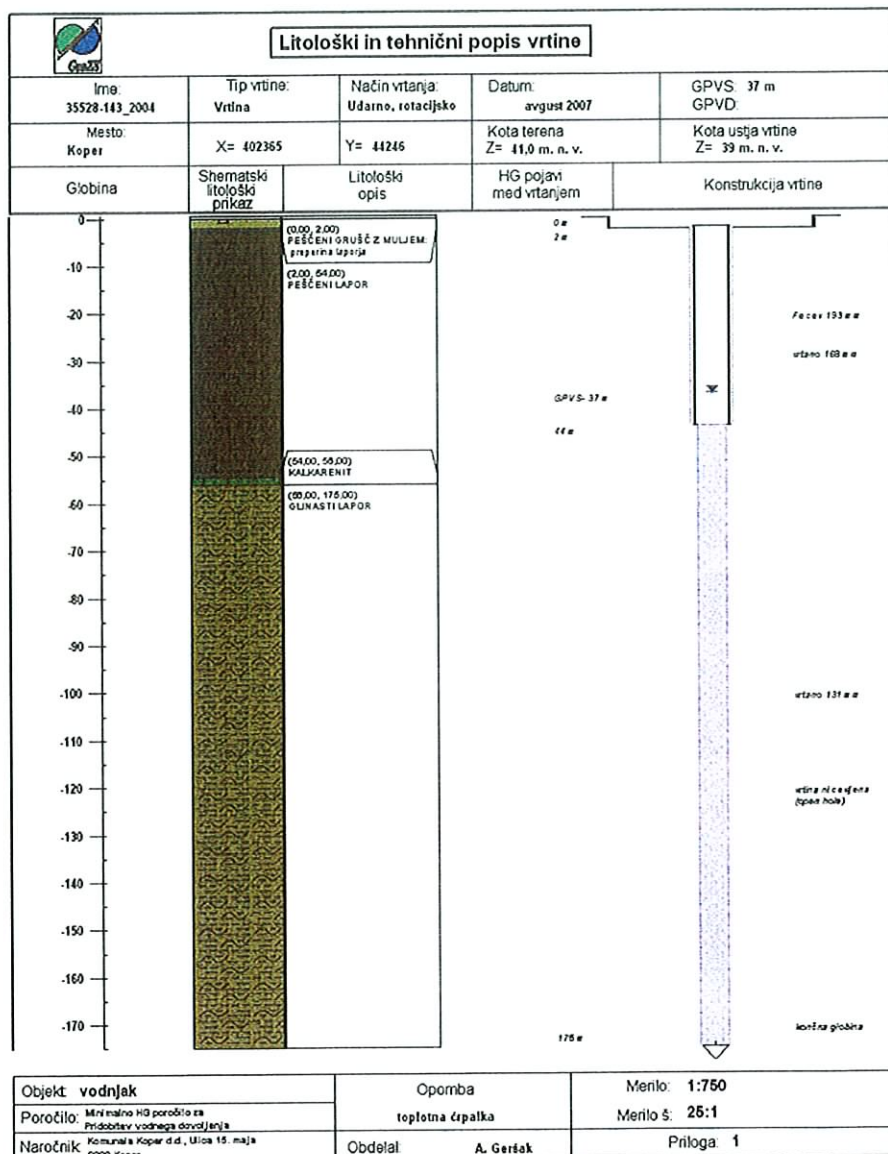
Hidrogeološke razmere od km - 0,2 + 80 do km 3,3 + 80

Obstoječa HC poteka, od **km - 0,2+80 do km 0,5+20** v nasipu. Na osnovi arhivskih podatkov in rezultatov izvedenih geomehanskih raziskav, nasip obstoječe HC leži na deluvialnih glinah, debeline do 3 m. Podlago deluvialnim glinam (Q_{del-CL}) tvori cca 2,5 m debela plast preperelelih flišnih kamenin, pod katerimi ležijo plasti kompaktnega laporja v menjavanju s plastmi peščenjaka (3E_2). Iz arhivskih podatkov nam je poznano, da se gladina podzemne vode pojavlja na stiku preperelelih flišnih kamenin z deluvialno glino. V bližini Škocjanskega hriba pa se gladina podzemne vode v sondažnih vrtinah dvigne nad koto stika deluvialne glin z preperelelimi flišnimi sedimenti (subarteška gladina podzemne vode).

Od **km 0,5+20 do km 2,5+80**, do načrtovanega pokritega vkopa oziroma predora Škocjan, leži trasa HC na deluvialnih glinah in gruščih (debelina teh plasti na severnem vznožju Škocjanskega hriba preseže 12,0 m) ter na preperelelih flišnih kameninah - laporju. Od km 0,5+40 pa do km 2,2+80 je obstoječa trasa HC vkopana mestoma tudi po več metrov pod koto raščenege terena. Iz arhivskih podatkov vrtanja (1987) je razvidno, da je bila gladina podzemne vode cca 3,0 m pod takratno koto terena. Vkop je s svojo niveleto posegel pod takratno gladino podzemne vode in tako spremenil režim njenega toka. Podzemna voda verjetno po cestnem drenažnem sistemu odteka v smeri Škocjanskega zatoka.

Od **km 2,5+80 do km 3,1+40** trasa HC poteka po vkopu (pokriti vkop oziroma predor od km 2,6+40 do km 3,0+40). Pokriti vkop oziroma tunel bo potekal delno po preperelelih in delno po kompaktnih flišnih kameninah, samo na južni strani Škocjanskega hriba med km 3,0+80 in 3,1+40 po deluvialnih gruščih (Q_{del-GC}). V fazi raziskav v letu 2008 so bile na tem odseku izvrtane tri sondažne vrtine z oznako PŠK-1/08, PŠK-2/08 in PŠK-3/08 končnih globin 20,30 in 25 m. Vse vrtine so navrtale od cca 6 do 9 m debelo plast preperelelih flišnih kamenin in > 2 m debelo plast deluvialnega grušča (vrtina PŠK-3/08). Od stika preperelelih flišnih kamenin naprej do končne globine posamezne vrtine pa nahajamo kompaktne peščene in glinaste laporje ter peščenjake. Med vrtanjem se je podzemna voda pojavila na stiku preperelelih in kompaktnih flišnih kamenin. To gladino podzemne vode na tem odseku obravnavamo kot *visečo gladino*.

V letu 1995 je bila na Škocjanskem hribu v bližini "Vrtnarije Škocjan" za potrebe pršenja, zalivanja in namakanja izvrtana globoka črpalna vrtina. Vrtina leži v neposredni bližini sondažne vrtnine PŠK-2/08. Za črpalno vrtino je Komunala Koper v letu 2007 vložila pri MOP prošnjo za pridobitev



vodnega dovoljenja. Vrtina je dosegla končno globino 175,0 m in je v celoti navrtala flišne plasti. Do globine 54,0 m nahajamo pretežno plasti peščenega laporja in peščenjaka, od globine 54,0 do 56,0 m plast kalkarenita in do končne globine 175,0 m pretežno plasti glinastega laporja z vložki peščenega laporja in peščenjaka. Statična gladina podzemne vode je cca 37,0 m pod koto terena (cca 18,0 m pod koto nivelete pokritega vkopa oziroma predora), to je na koti 9,8 m.n.m. Izdatnost vrtnine je določena s črpalnim poskusom in je v povprečju 0,5 l/s. Znižanje gladine podzemne vode zaradi črpanja nam ni poznano, saj se na vrtini zaenkrat ne izvaja monitoring, vendar smo mnenja, da depresija (Δs) presega 10,0 m (pod koto gladine morja), saj se

v sušnem obdobju med večjo porabo podzemne vode, v vrtini pojavi delno slana (morska) voda (verjetno dotok slane vode s strani Škocjanskega zatoka). Ob nespremenjeni projektirani trasi HC bo vrtina uničena in jo bo potrebno nadomestiti z novo na primernejši lokaciji.

Na južnem pobočju Škocjanskega hriba, vzhodno in zahodno od projektirane trase HC je bilo v sklopu hidrogeoloških raziskav izvedeno podrobnejše kartiranje zajetij in izvirov podzemne vode, ki se uporabljajo pretežno v namene zalivanja in namakanja za posamezne uporabnike. Vsa obravnavana zajetja podzemne vode se nahajajo v plasteh deluvialnega grušča med koto 30,0 m.n.m. in 7,5 m.n.m. Glede na litološko sestavo širšega območja Škocjanskega hriba, predvsem njegovega južnega pobočja, je režim napajanja izvirov in zajetij predvsem odvisen od nadmorske višine njihove lege.

Izviri in zajetja na višjih kotah 30 in 25 m.n.m. nastopajo neposredno na stiku (ali v neposredni bližini) preperelih flišnih kamenin in deluvialnega grušča. Napajanje je izključno iz padavinske vode, ki ponikne v več metrov debelo plast preperelih flišnih kamenin. Napajalno zaledje sega cca 300 do 400 m (severno) gorvodno od izvirov in zajetij v Škocjanski hrib, do površinske

razvodnice, ki poteka po grebenu. Izdatnost zajetij in izvirov je v celoti odvisna od letne količine padavin in zlasti poleti, ob daljši odsotnosti padavin, presušijo. Ker niveleta pokritega vkopa oziroma predora na južni strani Škocjanskega hriba seže pod koto 25,0 m.n.m., bo projektirani objekt sigurno vplival na režim napajanja in tok podzemne vode in s tem posredno na izdatnost izvirov in zajetij, ki ležijo v bližini projektiranega objekta.

Izviri in zajetja na nižji koti (cca 7,5 m.n.m.) pa nastopajo v deluvialnem grušču, pretežno v bližini stika z aluvialnimi nanosi, ki jih pretežno sestavljajo plasti različnih, slabo prepustnih glin. Napajanje je vezano na padavine, ki na južni strani Škocjanskega hriba poniknejo v preperle flišne plasti in predvsem v deluvialne gruščnate nanose. Glede na predhodne hidrogeološke raziskave na tem območju (globoka vrtna "vrtnarije Škocjan"), pa režim podzemne vode teh zajetij (vodnjakov) in izvirov regulira podzemna voda, ki nastopa v flišnih kameninah Škocjanskega hriba (vzdolžni profil km 3,6+40 do km 3,2+00). Ti vodnjaki redko ali nikoli ne presušijo. Negativnega vpliva projektiranega pokritega vkopa oziroma predora na ta zajetja oziroma izvire nižje kote, ne pričakujemo.

Od **km 3,1+40 do km 3,3+80** trasa HC poteka po nasipu, ki bo mestoma lahko debel tudi 7,5 m. Na tem odseku preide trasa HC iz območja Škocjanskega hriba na območje Vanganelške doline, ki je prekrita z aluvialnimi sedimenti površinskih vodotokov, predvsem Badaševice in Pradišjola. Nasip poteka po plasteh deluvialnega grušču, ki prekrivajo plasti preperelih in kompaktnih flišnih kamenin. Na območju stika, kjer deluvialni grušč tone pod aluvialne sedimente, na koti do 7,5 m.n.m. nahajamo vrsto izvirov podzemne vode. Aluvialni sedimenti so zelo slabo prepustni, pod njimi ležeči morski sedimenti pa veljajo za neprepustne, tvorijo zaporo podzemni vodi, ki se nahaja v plasteh gruščev in tudi v plasteh flišnih sedimentov. Zaradi takih hidrogeoloških lastnosti nastopajočih plasti podzemna voda izvira iz plasti deluvialnega grušču. Zajeti izviri na tej koti pojavljanja, redko ali nikoli ne presahnejo je pa njihova izdatnost močno odvisna od količine letnih padavin.

Kjer trasa HC preide iz vkopa oziroma predora na nasip (km 3,1+40 do km 3,3+80) obstaja verjetnost zasutja posameznega izvira oziroma zajetja. V takih primerih bo potrebno za vsak posamezni objekt v bližini trase posebej pripraviti ustrezni tehnični ukrep, ki bo v celoti rešil problem odvajanja podzemne vode na primerno mesto, stran od trase HC.

Hidrogeološke lastnosti litoloških enot od km - 0,2 + 80 do km 3,3 + 80

V plasteh preperelih in kompaktnih flišnih kamenin, ki ležijo pod deluvialnimi nanosi nastopa pretežno razpoklinska poroznost. Plasti laporja in predvsem peščenjaka so akumulator podzemne vode, njihovo prepustnost uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} > k > 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$). Iz rezultatov nalivalnih poskusov je izračunana prepustnost kompaktnih laporjev in peščenjakov reda velikosti $5 \cdot 10^{-7} - 2 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$, preperelih in razpokanih pa $5 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$. Po oceni vodonosnikov so plasti laporjev in peščenjakov uvrščene med revne vodonosnike, njihova izdatnost pa v kategorijo nizke do srednje izdatnosti, ki praviloma ne presega nekaj litrov na sekundo.

V plasteh deluvialnih glin nastopa medzrnska poroznost. Te plasti toku podzemne vode tvorijo oviro (bariero), njihovo prepustnost uvrščamo v slabo prepustnost ($1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s} > k > 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$), mestoma lahko tudi v zelo slabo prepustnost ($k < 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike, mestoma jih uvrščamo celo med neprepustne plasti. Njihovo izdatnost uvrščamo v kategorijo nizka izdatnost, ($< 0,5 \text{ l/s}$).

V plasteh deluvialnih gruščev nastopa medzrnska poroznost. Na splošno so te plasti omejen vodonosnik, njihovo prepustnost uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} > k > 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike. Njihovo izdatnost uvrščamo v kategorijo nizka izdatnost, (0,5 – 2,0 l/s). Na obravnavanem območju v takih plasteh nahajamo redke vaške vodnjake (globine 7 – 8 m) in predvsem manjša zajetja, ki se uporabljajo predvsem za zalivanje in namakanje kmetijskih površin v dobi vegetacije.

V aluvialnih nanosih nastopa medzrnska poroznost. Na splošno so te plasti relativno omejen vodonosnik. Prepustnost aluvialnega nanosa, ki je zelo heterogen, je lahko zelo različna, od zelo slabe prepustnosti ($k < 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$), do srednje prepustnosti ($1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} > k > 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike. Njihovo izdatnost uvrščamo pretežno v kategorijo nizka izdatnost, (0,5 – 2,0 l/s), zelo redko v srednjo izdatnost (> 2,0 l/s). Na obravnavanem območju Vanganelške doline v takih plasteh nahajamo redke vaške vodnjake in manjša zajetja.

5.2 Odsek od km 3,3 + 80 do km 5,0 + 00

Na tem odseku trasa HC preči aluvialno ravnico vodotokov Pradišjol in Badaševica. Teren je poseljen in obdelan ter prepreden s številnimi melioracijskimi kanali. Trasa bo ležala na nasipu višine do 2,5 m. Aluvialne nanose gradijo puste gline večinoma težkognetne do poltrdne konsistence (pa tudi lahko gnetne konsistence), ki z globino preidejo v mastne gline poltrdne do trdne konsistence z vmesnimi plastmi organske gline. Debelino aluvialnih naplavin ocenjujemo na 20 m. Pod aluvialno glino leži do 10 m debel sloj deluvialnih glin s drobci preperelih flišnih kamnin. Skupna debelina aluvialnih in deluvialnih nanosov v osrednjem delu odseka verjetno presega 30 m. Teren je stabilen, a so pripovršinski glinasti sloji razmeroma slabo nosilni in precej deformabilni.

Na tem odseku smo izvrtali šest (6) raziskovalnih vrtin: KDR-8, KDR-9, KDR-10, KDR-10a, KDR-11 IN KDR-11a in izvedli tri (3) dinamične penetracijske sonde: DP-6, DP-7 in DP-8.

Vzorcem glinastih zemljin je bila v laboratoriju ugotovljena naravna vlaga od $w = 20,3 \%$ do $54,2 \%$, strižni parametri in moduli stisljivosti pa so bili izmerjeni v sledečih mejah:

Opis zemljine	Kohezija (kPa)	Strižni kot φ (°)	Modul stisljivosti M_v (kPa)	Pri vertikalnih tlakih σ (kPa)
CL lg. kons			689 -1668	25-40
			1928 -3847	160-240
CL tgn. kons	5,7 – 7,2	14,2 - 21,28		
CL trdne kons.	26,9	13,2		
CH tgn. in ptd. kons			770 - 3318	25-40
			3295 - 4065	160-240

V edometru izmerjeni količnik vodoprepustnosti glin je bil velikostnega razreda E-08 do E-9 cm/sek.

Hidrogeološke razmere

Od km 3,3+80 do km 5,0+00, poteka trasa HC po nasipu. Na tem odseku preide trasa HC na območje Vanganelške doline, prekrte z aluvialnimi sedimenti, ki sta jih odložila površinska vodotoka Badaševica in Pradišjol. Nasip poteka praktično v celoti po aluvialnih sedimentih, ki so pretežno glineni nanosi nastali s preperevanjem laporja. V glini se pojavljajo drobcji flišnih kamenin. Prevladuje glina s peskom in mestoma drobnim prodrom, rjave barve. Predvsem v centralnem delu doline, pod tipičnimi aluvialnimi nanosi nahajamo tudi *morske sedimente*, ki jih sestavlja pretežno morska glina, sivo modre barve. Flišna podlaga v najglobljem delu doline leži več kot 30,0 m pod koto terena, med aluvialnimi sedimenti in eocensko flišno podlago nahajamo še plasti deluvialnih glin debeline cca 10,0 m, ki na zahodnem robu Vanganelške doline, ob vznožju južnega in vzhodnega pobočja pod Bošamarinom in Grinjanom, dosežejo debelino cca 20,0 m. Gladina podzemne vode na območju aluvialnega zasipa je 3,35 m pod koto terena (podatki iz piezometrične vrtine KDP-1/08, ki je od trase HC oddaljena 105,0 m severno). Nihanja gladine podzemne vode v aluvialnem zasipu po do sedaj znanih podatkih ocenjujemo na < 2,0 m. Napajanje podzemne vode je vezano pretežno na padavine, dotoki iz obrobja v bilanci napajanja predstavljajo zanemarljiv delež. V območju, kjer trasa prečka aluvialni zasip, ne nahajamo večjih zajetij podzemne vode.

Hidrogeološke lastnosti litoloških enot

V plasteh *morskih sedimentov* nastopa medzrnska poroznost. Na splošno te plasti, toku podzemne vode tvorijo oviro (bariero), njihovo prepustnost uvrščamo v *zelo slabo prepustnost* ($k < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med *neprepustne*.

V *aluvialnih nanosih* nastopa medzrnska poroznost. Na splošno so te plasti relativno omejen vodonosnik. Prepustnost aluvialnega nanosa, ki je zelo heterogen, je lahko zelo različna, od *zelo slabe prepustnosti* ($k < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s), do *srednje prepustnosti* ($1 \cdot 10^{-5}$ m/s > $k > 1 \cdot 10^{-7}$ m/s). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med *revne vodonosnike*. Njihovo izdatnost uvrščamo pretežno v kategorijo *nizka izdatnost*, (0,5 – 2,0 l/s), zelo redko v *srednjo izdatnost* (> 2,0 l/s). Na obravnavanem območju Vanganelške doline v takih plasteh nahajamo redke vaške vodnjake in manjša zajetja.

5.3 Odsek od km 5,0 + 00 do km 7,3 + 20

V tem delu trasa preide iz aluvialne ravnice v vzhodno in južno pobočje gričev pod zaselki Bošamarina in Grinjana. Vzhodna in južna pobočja gričev so kultivirana in poseljena ter preprežena s številnimi erozijskimi grapami. Celoten odsek smo preiskali s trinajst (13) vrtinami: KDR-12, KDR-13, KDR-14, KDR-14a, KDR-14b, KDR-15, KDR-15a, KDR-16, KDR-17, KT-1 in KT-2 ter z dvema (2) dinamičnima penetracijskima sondama: DP-4 in DP-5.

Teren gradijo flišni sedimenti, za katere je značilno menjavanje glinovcev, meljevcev, laporovcev in peščenjakov. Vmes se pojavljajo debele plasti apnenčevega peščenjaka – kalkarenita. Za območje je iz IG stališča potrebno izpostaviti posamezna labilna območja in območja erozijskih grap, kjer je zaradi intenzivne denudacije terena pričakovati že formirane usade in plazove:

- km 6,2 + 00 do km 6,2 + 80
- km 6,4 + 60 do km 6,5 + 40
- km 6,6 + 00 do km 6,8 + 40

Potencialno nestabilna območja se lahko pojavijo na območjih umetnih teras, kjer je navožen gruščnat in meljno peščen material.

- km 5,9 + 00 do km 6,2 + 00
- km 6,3 + 20 do km 6,4 + 00
- km 6,5 + 40 do km 6,5 + 80
- km 6,6 + 80 do km 6,7 + 30

V prvem delu pododseka (do km 5,9) leži trasa v položnem pobočju z naklonom do 12°. Na tem delu preči štiri manjše grape z vodotoki. Od km 5,9 do konca pododseka v km 7,3 + 20 nastopa še pet večjih erozijskih grap. Na bregovih grap je denudacija hribinskega masiva zelo intenzivna, zato lahko ta območja opredelimo kot labilna.

Pripovršinskim slojem glinasto meljnih zemljin v težko gnetnem, poltrdnem in trdnem konsistenčnem stanju smo izmerili naravno vlago od $w = 19,4 \%$ do $26,8 \%$ in enoosno tlačno trdnost $q_u =$ od 250 kPa do $q_u = 748,9$ kPa. Moduli stisljivosti mastne poltrdne gline so visoki: med $M_v = 8,5$ MPa in 14,6 MPa za obremenitve od $\sigma = 80$ kPa pa do 240 kPa.

Hidrogeološke razmere

Od km 5,0+00 do km 5,6+00 trasa HC preide iz aluvialne ravnice v vzhodno in južno pobočje gričev pod zaselki Bošamarin in Grinjan. Ta pobočja so kultivirana in relativno gosto poseljena ter preprežena s številnimi globokimi erozijskimi grapami. Od km 5,0 + 00 do km 5,1 + 80 poteka trasa po nasipu. Nasip poteka po relativno tanki plasti deluvialnih glin, ki prekrivajo preperete in kompaktne flišne kamenine, za katere je na tem delu značilno menjavanje glinovca, meljevca, laporja in peščenjaka. Vmes se pojavljajo debele plasti kalkarenita (apnenčevega peščenjaka). Gladina podzemne vode v sondažnih vrtinah globine 12,0 m, se pojavlja v plasti preperelih flišnih kamenin, cca > 5,0 m pod površino terena. Nizko izdatni izviri in zajetja se na tem delu odseka pojavljajo v deluvialnih plasteh na kotah 60,0 m.n.m. in 80,0 m.n.m. Zajetja se uporabljajo za namakanje ali zalivanje kmetijskih površin. Imajo majhno napajalno zaledje, cca 400 m do površinske razvodnice na grebenu Šalare. Padavinska voda se delno podzemno in delno površinsko, po preperelih flišnih kamninah pretaka v deluvialne plasti, kjer najverjetneje na stiku z deluvialnimi glinami izvira na površje. Ti izviri ob daljši odsotnosti padavin presušijo. Projektirani vkop leži jugo vzhodno, ter dol vodno, njegova niveleta je od 20 do 40 m nižja od kote izvirov. Vkop na opisane izvire ne bo imel vpliva.

Manjša nizko izdatna zajetja in izviri se pojavljajo tudi v Stari Šalari na koti 25,0 m.n.m., na stiku deluvialnih plasti in aluvialnega zasipa Pjažentinskega potoka in njegovih pritokov. Ker vkop na tem delu preseka deluvialne plasti in posega tudi v plasti preperelih flišnih kamenin, lahko pričakujemo znaten vpliv na režim napajanja in s tem na izdatnost opisanih izvirov in zajetij. Napajanje podzemne vode je vezano izključno na padavine, ki padejo na to območje in poniknejo v preperete flišne plasti. Odtok padavinske vode je pretežno površinski, posebno na območjih, prekritih z deluvialno glino. Padavinska voda odteče po površini v erozijske grape površinskega vodotoka Potok (dolina zasuta z deluvialnim zasipom) in po njih proti z aluvialnim zasipom prekriti dolini Pjažentinskega potoka.

Od km 5,1 + 80 do km 5,6 + 00 poteka trasa delno po površini, ki jo prekriva plast deluvialne glin, delno pa po relativno plitkem vkopu skozi preperele flišne kamenine. Geološke in hidrogeološke značilnosti tega dela odseka so enake kot od km 5,0 + 00 do 5,1 + 80. Na delu trase, ki poseže v preperele flišne kamenine je možen pojav viseče gladine podzemne vode, ki pa zaradi majhnega napajalnega zaledja ne predstavlja večjega problema za odvodnjevanje projektiranega vkopa.

Od **km 5,6+00 do km 5,8+80** trasa HC poteka po viaduktu "Stara Šalara", ki prečka večjo erozijsko dolino površinskega vodotoka Potok. Dolino prekrivajo pretežno deluvialni grušči, napajalno zaledje sega na zahodu do Gažona in do površinskih razvodnic, ki potekajo po grebenih severno in južno od doline. Odtok padavinske vode na tem območju je pretežno površinski, manjši del pa podzemno odteka proti dnu doline po preperelih flišnih kameninah in deluvialnem grušču. Projektirani viadukt na režim podzemne vode ne bo imel vpliva.

Od **km 5,8+80 do km 7,0+60** trasa HC preide iz viadukta na južno pobočje gričev nad Paderno. To pobočje je kultivirano in relativno gosto poseljeno ter prepreženo s številnimi erozijskimi grapami v smeri zahod – vzhod. Po pobočju poteka tudi obstoječa magistralna cesta Koper – Dragonja. Na tem odseku trasa HC poteka delno po plitkih vkopih, delno po nasipih in globlje grape preči z dvema manjšima viaduktoma. Krajši odseki na nasipu potekajo po relativno tanki plasti deluvialnih glin, ki prekrivajo preperele in kompaktne flišne kamenine, za katere je značilno menjavanje glinovca, meljevca, laporja in peščenjaka, mestoma nastopajo tudi plasti kalkarenita. Vkopi mestoma posegajo v plasti deluvialne glin, preperelih in kompaktnih flišnih kamenin.

Sondažne vrtine globine 8,0 do 12,0 m, ki so bile izvrtane na tem odseku, niso navrtale gladine podzemne vode. Nizko izdatni izviri in zajetja se na tem delu odseka pojavljajo v deluvialnih plasteh na kotah 165,0 m.n.m. in 100,0 m.n.m., visoko v pobočju zahodno od trase. Zajetja se uporabljajo za namakanje ali zalivanje kmetijskih površin. Imajo majhno napajalno zaledje, cca 200 - 400 m do površinske razvodnice na grebenu nad Paderno. Ti izviri ob daljši odsotnosti padavin presušijo. Trasa na režim opisanih izvirov ne bo imela vpliva. Napajanje podzemne vode je vezano izključno na padavine, ki padejo na to območje in poniknejo v preperele flišne plasti. Odtok padavinske vode je pretežno površinski, posebno na območjih prekritih z deluvialno glino. Padavinska voda odteče po površini v erozijske grape občasnih pritokov površinskega vodotoka, Pjažentinskega potoka.

Od **km 7,0+60 do km 7,3+20** trasa HC poteka po viaduktu "Paderna", ki prečka erozijsko dolino površinskega vodotoka Pjažentin in magistralno cesto Koper – Dragonja, delno tik pred vhodom v predor "Šmarje" pa po krajšem nasipu. Dolino prekrivajo pretežno deluvialni grušči in deluvialne glin pod katerimi ležijo preperele in kompaktne flišne kamenine. Napajalno zaledje širšega območja sega do Šmarja na jugu in Gažona na zahodu. Odtok padavinske vode na tem območju je pretežno površinski, manjši del pa podzemno odteka proti dnu doline po preperelih flišnih kameninah in deluvialnem grušču. Projektirani viadukt na režim podzemne vode ne bo imel vpliva.

Hidrogeološke lastnosti litoloških enot

V plasteh preperelih in kompaktnih flišnih kamenin, ki ležijo pod deluvialnimi nanosi nastopa pretežno razpoklinska poroznost. Plasti laporja in predvsem peščenjaka so akumulator podzemne vode, njihovo prepustnost uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} > k > 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$). Iz

rezultatov nalivalnih poskusov je izračunana prepustnost kompaktnih laporjev in peščenjakov reda velikosti $5 \cdot 10^{-7} - 2 \cdot 10^{-7}$ m/s, preperelih in razpokanih pa $5 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-6}$ m/s. Po oceni vodonosnikov so plasti laporjev in peščenjakov uvrščene med revne vodonosnike, njihova izdatnost pa v kategorijo nizke do srednje izdatnosti, ki praviloma ne presega nekaj litrov na sekundo.

V plasteh deluvialnih glin nastopa medzrnska poroznost. Te plasti toku podzemne vode tvorijo oviro (bariero), njihovo prepustnost uvrščamo v slabo prepustnost ($1 \cdot 10^{-7}$ m/s $> k > 1 \cdot 10^{-9}$ m/s), mestoma lahko tudi v zelo slabo prepustnost ($k < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike, mestoma jih uvrščamo celo med neprepustne plasti. Njihovo izdatnost uvrščamo v kategorijo nizka izdatnost, ($< 0,5$ l/s).

V plasteh deluvialnih gruščev nastopa medzrnska poroznost. Na splošno so te plasti omejen vodonosnik, njihovo prepustnost uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5}$ m/s $> k > 1 \cdot 10^{-7}$ m/s). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike. Njihovo izdatnost uvrščamo v kategorijo nizka izdatnost, ($0,5 - 2,0$ l/s). Na obravnavanem območju v takih plasteh nahajamo redke vaške vodnjake (globine 7 – 8 m) in predvsem manjša zajetja, ki se uporabljajo predvsem za zalivanje in namakanje kmetijskih površin v dobi vegetacije.

5.4 Km 7,3 + 20 do km 8,5 + 80 ...(predor Šmarje)

Trasa HC Koper – Dragonja bo med P365 in P430 potekala v predoru. Območje Šmarja je gričevnat teren na nadmorski višini do 250 m, v katerega se zajedajo ozke in globoke erozijske grape s generalno smerjo vzhod – zahod in številne manjše grape – drugega reda, približno pravokotno na grape prvega reda. Vodotoki so hudourniškega značaja. Teren je močno poraščen in težko prehodan. Zgornji deli pobočij so mestoma oblikovani v terase in obdelani.

Vzhodni portal je umeščen pod Brezljevcem, v strmo erozijsko grapo s stalnim vodotokom, ki poteka približno v smeri vzhod – zahod. Vodotok ima več pritokov in sicer v km 7,1 + 60, km 7,5 + 80, ter se v km 7,7 + 20 razcepi v dva kraka. Os HC je v tem delu vzporedna z osjo grape. Naravni nakloni brežin so mestoma večji od 50°. Portal leve predorske cevi je predviden v profilu 365 (km 7+300). Cestišče levega pasu je v tem profilu na k+110 mnv, medtem ko je kota terena približno 130 mnv. Desni pas poteka po ozki grapi delno v nasipu in delno v vkopu, do P374.

Zahodni portal leži v morfološko podobnem okolju. Grapa s stalnim vodotokom poteka v smeri vzhod – zahod, portalno mesto pa leži v pobočju z naravnim naklonom 48°. Levi pas poteka v predoru do P430, medtem ko se predor desnega pasu zaključi v profilu P427.

Celotno območje načrtovanega predora leži v flišnih kamninah, ki so v portalnih območjih preperele in razpokane. Flišne plasti so na pobočjih in v grapah vodotokov subhorizontalne, na velike razdalje. Edino odstopanje od takšne zgradbe smo ugotovili v vrtini PŠM-2, kjer od globine 15 m navzdol beležimo plastovitost pod kotom 25° do 30°, od globine 21 m navzdol, pa subvertikalno plastovitost. Domnevamo, da gre za segment flišne gube, ki jo bo potrebno podrobneje preiskati v višjih fazah izdelave projektne dokumentacije.

Zaradi izjemno težavnega terena smo vrtine izvedli samo v območjih vzhodnega in zahodnega portala in sicer dve sondažno – piezometrični vrtini PŠM-1/08 in PŠM-2/08. Obe vrtini sta bili izvrtani v flišne kamenine in sta dosegli niveleto predora.

Vrtina PŠM-1/08, ki je bila izvrtana na vzhodnem portalu na koti 168,50 m.n.m. je dosegla globino 53,0 m (koto 115,50 m.n.m.). Do globine 5,0 m je potekala po plasteh deluvialnega grušča, do globine 9,8 m po preperelih plasteh flišnih kamenin, in do končne globine 53,0 m po kompaktnih flišnih kameninah, sestavljenih pretežno iz peščenjaka in laporja. Vrtina je opremljena kot piezometer za opazovanje gladine podzemne vode. Filtrne cevi so vgrajene na globini med 43 in 53 m. Gladina podzemne vode se nahaja 9,38 m pod ustjem vrtine (kota 159,12 m.n.m.) – meritev izvedena 22.09.2008, v pretrti in korodirani plasti glinovca in meljevca. Maksimalno izmerjeno nihanje gladine podzemne vode v vrtini PŠM-1/87 v času raziskav je 0,34 m.

Vrtina PŠM-2/08, ki je bila izvrtana na zahodnem portalu na koti 146,50 m.n.m. je dosegla globino 25,0 m (koto 121,50 m.n.m.). Do globine 5,9 m je potekala po plasteh deluvialnega grušča, do globine 6,3 m po preperelih plasteh flišnih kamenin, in do končne globine 25,0 m po kompaktnih flišnih kameninah, sestavljenih pretežno iz peščenjaka in laporja. Plastovitost flišnih kamenin se z globino močno spreminja od subhorizontalne bliže površini, do plastovitost z naklonom 70° na dnu vrtine. Vrtina je opremljena kot piezometer za opazovanje gladine podzemne vode. Filtrne cevi so vgrajene na globini med 15 in 25 m. Gladina podzemne vode se nahaja 16,87 m pod ustjem vrtine (kota 129,99 m.n.m.) – meritev izvedena 22.09.2008, v kompaktni flišni kamenini sestavljeni pretežno iz peščenjaka in laporja. Maksimalno izmerjeno nihanje gladine podzemne vode v vrtini v času raziskav na vrtini PŠM-2/87 je 5,63 m.

Značilnost fliša na območju predora je velika vsebnost peščenjaka. Na območju vrtine PŠM-1 je peščenjaka v območju predorske cevi 48 %, na območju vrtina PŠM-2 pa kar 64 %.

Na kvaliteto kamnin v območju predorske cevi kažejo tudi vrednosti parametra RQD, ki smo jih določili na jedrih vrtin:

- PŠM-1 globina 43 m – 53 m: RQD = 29 %
- PŠM-2 globina 15 m – 25 m RQD = 9 %

Na osnovi popisa vrtin ugotavljamo, da so v predoru možni pojavi prelomov in gub, ob katerih nastopa zaglinjena tektonska breča.

Osnovne geomehanske lastnosti materialov iz območja predora Šmarje smo določili na osnovi terenskih meritev (meritve s presiometrom) in laboratorijskih preiskav, ki smo jih zaradi relativno dobre preiskanosti flišnih materialov za podobne objekte omejili na točkovni trdnostni indeks.

Na območju predora nastopajo površinski vodotoki, predvsem v portalnih območjih. V času izvajanja geoloških raziskav je večina vodotokov bila suhih. Na območju vzhodnega portala je pretok glavnega vodotoka bil, po naši oceni < 1l/s. Na območju zahodnega portala je potok imel pretok 1 – 2 l/s. Višje ležeče erozijske grape so bile suhe.

Hidrogeološke razmere na območju predora Šmarje

Predor poteka pod daljšim grebenom, ki povezuje Šmarje na jugu in Gažon na severu. Po tem grebenu poteka tudi površinska razvodnica. Odtok padavinske vode, ki pade na širše območje Šmarij in Gažona vzhodno od razvodnice, je v smeri Pjažentinskega potoka, zahodno od razvodnice pa v smeri potoka Derešnjak in naprej proti potoku Drnica.

Predorski cevi potekata pretežno v kompaktnih flišnih kameninah, ki jih po podatkih sondažno-piezometričnih vrtin PŠM-1/08 in PŠM-2/08 gradita pretežno peščenjak in lapor, glinovec in meljevec nastopata podrejeno. Samo na obeh portalih predorski cevi prehajata skozi preperete flišne kamenine in deloma deluvialne grušče. V obeh vrtinah so bili izvedeni nalivalni poskusi za določitev koeficienta prepustnosti predvsem kompaktnih flišnih kamenin. Dobljene vrednosti so primerljive z oceno, da so flišne kamenine v povprečju v odvisnosti od razmerja med peščenjaki, laporji, glinovci in meljevci, srednje do slabo prepustne v intervalu med $1 \cdot 10^{-5} > k > 1 \cdot 10^{-7}$ m/s ($k_{PŠM-1} = 2,34 \cdot 10^{-6}$ m/s, $k_{PŠM-2} = 1,88 \cdot 10^{-7}$ m/s).

Na podlagi rezultatov dosedanjih hidrogeoloških raziskav, iz globokih vrtin PŠM-1 in PŠM-2 na vzhodnem in zahodnem portalu, lahko pri izkopu predorskih cevi po oceni pričakujemo na vzhodni polovici predorskih cevi dotoke podzemne vode večje od 2,0 l/s s tlakom 6 bar $> p > 4$ bar, na zahodni polovici pa pričakujemo dotoke podzemne vode manjše od 2,0 l/s in tlake manjše od 4 bare. Za natančnejše izračune hidrogeoloških parametrov na odseku "predora Šmarje" je izvedeni obseg hidrogeoloških raziskav nezadosten. Z dvema izvedenima piezometričnima vrtinama ne moremo natančno določiti smeri in režima toka podzemne vode. Na razdalji 800 m med obema vrtinama je razlika med gladinama podzemne vode cca 30,0 m, kar pomeni, da je povprečni strmec gladine podzemne vode 3,75 % od vrtine PŠM-1 proti vrtini PŠM-2, obstaja pa tudi možnost prisotnosti podzemne razvodnice. Za določitev in izračun hidrogeoloških parametrov, potrebnih za nadaljnje projektiranje je potrebno izdelati v osi predora med obstoječima vrtinama vsaj še dve globoki piezometrični vrtini. Nalivalni poskusi za določitev prepustnosti morajo biti izvedeni v krajših intervalih, ki bodo ustrezali posameznim litološkim enotam, ki sestavljajo heterogeno flišno kamenino.

Izviri in manjša zajetja, ki jih nahajamo na območju Srgašev v bližini trase predora, nastopajo na višinskih kotah med 155 m.n.m. in 180 m.n.m., pretežno v plasteh deluvialnih gruščev ali v bližini stika preperelih flišnih plasti in deluvialnih gruščev. Zajeti izviri se uporabljajo za namakanje in zalivanje kmetijskih površin. Glede na omejeno napajalno zaledje, cca 100 – 200 m do površinske razvodnice na vrhu grebena, so ta zajetja nizko izdatna in v poletnem času ob daljši odsotnosti padavin ponavadi presušijo. Predor Šmarje s projektirano niveleto od 110 do 122 m.n.m. na te izvire in zajetja ne bo vplival.

Hidrogeološke lastnosti litoloških enot

V plasteh preperelih in kompaktnih flišnih kamenin, ki ležijo pod deluvialnimi nanosi nastopa pretežno razpoklinska poroznost. Plasti laporja in predvsem peščenjaka so akumulator podzemne vode, njihovo prepustnost uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5}$ m/s $> k > 1 \cdot 10^{-7}$ m/s). Iz rezultatov nalivalnih poskusov je izračunanana prepustnost kompaktnih laporjev in peščenjakov reda velikosti $1,88 \cdot 10^{-7}$ m/s (**PŠM-2/08**), preperelih in razpokanih pa $2,34 \cdot 10^{-6}$ m/s (**PŠM-1/08**). Po oceni vodonosnikov so plasti laporjev in peščenjakov uvrščene med revne vodonosnike, njihova izdatnost pa v kategorijo nizke do srednje izdatnosti, ki praviloma ne presega nekaj litrov na sekundo.

V plasteh deluvialnih gruščev nastopa medzrnska poroznost. Na splošno so te plasti omejen vodonosnik, njihovo prepustnost uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5}$ m/s $> k > 1 \cdot 10^{-7}$ m/s). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike. Njihovo izdatnost uvrščamo v kategorijo nizka izdatnost, (0,5 – 2,0 l/s). Na obravnavanem območju v takih plasteh nahajamo redke vaške vodnjake in predvsem manjša zajetja, ki se uporabljajo predvsem za zalivanje in namakanje kmetijskih površin v dobi vegetacije.

5.5 Odsek km 8,5 + 80 do km 10,3 + 00

Na tem odseku poteka trasa HC od zahodnega portala predora Šmarje, izmenično po južnem pobočju Kortine, Cerij in Šareda in severnem pobočju Grintovca na levem bregu reke Drnice. Za ta del trase so značilna strma naravna pobočja z nakloni do 35°. Teren je močno poraščen in neprehoden, trasa je umeščena v pobočje in preči več globokih erozijskih grap v sledečih stacionažah:

- km 8,7 + 60
- km 8,8 + 40
- km 9,0 + 50
- km 9,4 + 80
- km 9,7 + 00

Odsek smo preiskali z dvema vrtinama (KT-4, KDR-19) in z eno dinamično penetracijsko sondo (DP-9).

Geološka zgradba je monotona. Ozemlje gradijo flišne kamnine s subhorizontalno plastovitostjo. Zaradi intenzivne erozije so površinski vodotoki vrezali globoke erozijske grape v pobočja. Glinovci in meljevci hitro preperevajo, zato se ob vznožjih pobočij nabirajo več metrov debele plasti deluvialnih gruščev in glin. Teren je mestoma labilen. Za preperel fliš podajamo okvirne vrednosti fizikalnih karakteristik : kohezija $c = 7$ do 11 kPa, strižni kot $\varphi = 26^\circ$ do 32° , modul elastičnosti $E = 285$ MPa.

Hidrogeološke razmere

Od **km 8,5+80 do km 9,4+40** trasa HC preide iz "predora Šmarje" na južno pobočje Kortine, Cerij in Šarede, ter severno pobočje Grintovca na levem bregu reke Drnice. Trasa HC poteka na tem delu odseka po plasteh deluvialnih gruščev in glin. Severni rob trase poteka pretežno v vkopu, južni pa pretežno po nasipu in delno po vkopu. Sondažna vrtina globine 10 m, izvrtana na tem delu odseka, gladine podzemne vode ni zaznala. Gladina podzemne vode se pojavlja globlje, najverjetneje na stiku preperelih in kompaktnih flišnih kamenin. Odtok padavinske vode je pretežno površinski, po erozijskih grapah padavinska voda odteka v površinski vodotok Drnico. Del padavinske vode pa ponikne in skozi deluvialne grušče odteka v preperete in kompaktne plasti fliša. Nizko izdatni izviri in zajetja se na tem delu odseka pojavljajo na območju Srgašev v preperelih flišnih kameninah in v deluvialnih plasteh nad koto 150,0 m.n.m. Zajetja se uporabljajo za namakanje ali zalivanje kmetijskih površin. Imajo majhno napajalno zaledje, cca 200 - 400 m do površinske razvodnice na grebenu Kortine. Ti izviri in zajetja ob daljši odsotnosti padavin, predvsem v poletnih mesecih, presušijo. Vkop trase na opisane izvire ne bo imel vpliva.

Od **km 9,4+40 do km 9,8+60** trasa HC preide na viadukt "Ravne", ki prečka večjo erozijsko dolino površinskega vodotoka potoka Derešnjak. Dolino na tem delu prekrivajo pretežno deluvialni grušči. Odtok padavinske vode na tem območju je pretežno površinski, manjši del verjetno podzemno odteka proti dnu doline po preperelih flišnih kameninah in deluvialnem grušču. V dolino potoka Derešnjak, odtok padavinske vode po erozijskih grapah poteka iz pobočij pod Srgaši in južno od trase hitre ceste, s pobočij pod Grintovcem. Podzemna voda v plasteh deluvialnega grušča in preperelih flišnih kamenin odteka podzemno v smeri doline potoka Drešenjak in naprej po dolini potoka Drnica. Projektirani viadukt na režim podzemne vode ne bo imel vpliva.

Od km 9,8+60 do km 10,3+00 trasa HC preide iz viadukta "Ravne" v krajši vkop, ki poteka v preperelih in kompaktnih flišnih kameninah, v nadaljevanju pa do konca odseka trasa poteka po nasipih in plitvih vkopih, pretežno po plasteh deluvialnega grušča, ter na koncu odseka pa preide na območje prekrito z umetnim nasipom. Po skrajnem vzhodnem robu doline poteka tudi obstoječa magistralna cesta Koper – Dragonja. Ko trasa preide iz viadukta "Ravne" v krajši vkop, poseže v plasti preperelega in kompaktnega fliša. Možen je pojav podzemne vode v preperini fliša, posebno na stiku s kompaktnimi plastmi, ocenjene količine dotoka so manjše od 1,0 l/s, v času sušnih mesecev pa bodo dotoki v vkop še veliko nižji. Krajši odseki na nizkem nasipu trase potekajo tudi po plasteh deluvialnega grušča in glin, ki prekrivajo preperele in kompaktne flišne kamenine, za katere je značilno menjavanje glinovca, meljevca, laporja in peščenjaka, mestoma nastopajo tudi plasti kalkarenita. Ta del trase na režim in tok podzemne vode ne bo imel vpliva. Napajanje podzemne vode je vezano izključno na padavine, ki padejo na to območje in poniknejo v preperele flišne plasti. Odtok padavinske vode je pretežno površinski, posebno na območjih prekritih z deluvialno glino. Padavinska voda odteče po površini v erozijske grape občasnih pritokov potoka Derešnjak.

Hidrogeološke lastnosti litoloških enot

V plasteh preperelih in kompaktnih flišnih kamenin, ki ležijo pod deluvialnimi nanosi nastopa pretežno razpoklinska poroznost. Plasti laporja in predvsem peščenjaka so akumulator podzemne vode, njihovo prepustnost uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5}$ m/s $> k > 1 \cdot 10^{-7}$ m/s). Iz rezultatov nalivalnih poskusov je izračunana prepustnost kompaktnih laporjev in peščenjakov reda velikosti $5 \cdot 10^{-7}$ – $2 \cdot 10^{-7}$ m/s, preperelih in razpokanih pa $5 \cdot 10^{-6}$ – $2 \cdot 10^{-6}$ m/s. Po oceni vodonosnikov so plasti laporjev in peščenjakov uvrščene med revne vodonosnike, njihova izdatnost pa v kategorijo nizke do srednje izdatnosti, ki praviloma ne presega nekaj litrov na sekundo.

V plasteh deluvialnih glin nastopa medzrnska poroznost. Te plasti toku podzemne vode tvorijo oviro (bariero), njihovo prepustnost uvrščamo v slabo prepustnost ($1 \cdot 10^{-7}$ m/s $> k > 1 \cdot 10^{-9}$ m/s), mestoma lahko tudi v zelo slabo prepustnost ($k < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike, mestoma jih uvrščamo celo med neprepustne plasti. Njihovo izdatnost uvrščamo v kategorijo nizka izdatnost, ($< 0,5$ l/s).

V plasteh deluvialnih gruščev nastopa medzrnska poroznost. Na splošno so te plasti omejen vodonosnik, njihovo prepustnost uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5}$ m/s $> k > 1 \cdot 10^{-7}$ m/s). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike. Njihovo izdatnost uvrščamo v kategorijo nizka izdatnost, ($0,5 - 2,0$ l/s). Na obravnavanem območju v takih plasteh nahajamo redke vaške vodnjake in predvsem manjša zajetja, ki se uporabljajo predvsem za zalivanje in namakanje kmetijskih površin v dobi vegetacije

5.6 Odsek km 10,3 + 00 do km 11,4 + 80

Na tem odseku se trasa HC spusti iz strmih pobočij v dolino Drnice in vznožje zahodnega pobočja Padne in Bandla. Trasa je umeščena tako, da leži delno na nizkih nasipih in delno v plitkih vkopih. Teren je obdelan s kmetijskimi zemljišči. Naravna pobočja so na območju trase oblikovana v naklon do 10°. Med km 10,2 + 20 do km 10,8 + 20 poteka trasa HC po umetnem nasipu iz

gradbenega materiala in materiala iz okoliških izkopov, debeline do 6 m, ki je odložen na plasti deluvialnih glin.

Odsek smo preiskali s dvema vrtinama (KDR-20 in KDR-20a) in tremi dinamičnimi penetracijskimi sondami (DP-11, DP-12 in DP-13).

Geologija je monotona. Okolne griče gradijo eocenske flišne kamnine: glinovci, meljevci, laporovci in peščenjaki. Ob vznožju pobočja, na območju trase je do 12 m debela plast deluvialnih glin in gruščev. Med km 10,2 + 20 do km 10,8 + 20 poteka trasa HC po umetnem nasipu – deponiji gradbenega materiala, debeline do 6 m. Pod deponijo ležijo deluvialne gline poltrdne konsistence in grušči z glinami. Mastni glini CH trdne konsistence je bila izmerjena kohezija $c = 4,3$ kPa in strižni kot $\varphi = 21,4^\circ$.

Površje je globalno stabilno, pojave nestabilnosti opazamo višje na strmih pobočjih, med km 11,0 + 00 do km 11,2 + 00.

Teren je zamočvirjen v območju od km 10,3 +00 do km 10,3 + 60 in od km 11,2 +00 do km 11,3 + 00.

Hidrogeološke razmere

Na odseku med km 10,9 + 20 do km 10,9 + 60 trasa s krajšim mostom preči vodotok Piševca, ki je vzhodni pritok Drnice in drenira padavinsko vodo iz južnega pobočja Grintovca, ki ga pretežno prekriva deluvialni grušč in glina. Potok Piševca pretežno celo leto v svojem zgornjem in srednjem toku odteka površinsko. V sušnih mesecih pa v svojem spodnjem toku, preden preči magistralno cesto Koper – Dragonja, preide v dolino Drnice in ponikne v podzemne v plasti deluvialnega gruščja. Nižje v dolini se voda potoka Piševca zopet pojavi na površju in se drenira v Drnico.

Sondažna vrtina KDR-20/08, globine 15 m, je v deluvialnih plasteh zaznala gladino podzemne vode 8,30 m pod koto terena, na koti 37,70 m.n.m., v sondažni vrtini KDR-2a/08, globine 19,0 m, pa je bil pojav gladine podzemne vode na globini 14,0 m pod koto terena, na koti 21,5 m.n.m. Odtok padavinske vode iz gričevja, ki obdaja dolino, je pretežno površinski, del vode pa odteka tudi podzemno, predvsem na območjih, prekritih z deluvialnimi grušči in preperelimi flišnimi kamninami.

Izvire in manjša zajetja, ki ji nahajamo predvsem na vzhodnih pobočjih Padne in pobočjih Raven, lahko opišemo kot kontaktne izvire, kjer se stikajo preperele flišne plasti z deluvialnimi glinami, ali plasti kalkarenita in peščenjaka ter plasti glinovcev in laporjev in ne nazadnje plasti deluvialnih gruščev in plasti aluvialnih pretežno glinastih sedimentov. To so nizko izdatni izviri in zajetja in se občasno uporabljajo za namakanje ali zalivanje kmetijskih površin. Izviri in zajetja večinoma ležijo na višinskih kotah več metrov ali več deset metrov nad niveleto trase hitre ceste. Trasa hitre ceste na te izvire in manjša zajetja ne bo imela vpliva, saj ne posega na njihovo napajalno območje. Mnogi od teh opisanih izvirov in zajetij ob daljši odsotnosti padavin, predvsem v poletnih mesecih, presušijo.

Hidrogeološke lastnosti litoloških enot

V plasteh preperelih in kompaktnih flišnih kamenin, ki ležijo pod deluvialnimi nanosi nastopa pretežno razpoklinska poroznost. Plasti laporja in predvsem peščenjaka so akumulator podzemne

vode, njihovo prepustnost uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} > k > 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$). Iz rezultatov nalivalnih poskusov je izračunana prepustnost kompaktnih laporjev in peščenjakov reda velikosti $5 \cdot 10^{-7} - 2 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$, preperelih in razpokanih pa $5 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$. Po oceni vodonosnikov so plasti laporjev in peščenjakov uvrščene med revne vodonosnike, njihova izdatnost pa v kategorijo nizke do srednje izdatnosti, ki praviloma ne presega nekaj litrov na sekundo.

V plasteh deluvialnih glin nastopa medzrnska poroznost. Te plasti toku podzemne vode tvorijo oviro (bariero), njihovo prepustnost uvrščamo v slabo prepustnost ($1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s} > k > 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$), mestoma lahko tudi v zelo slabo prepustnost ($k < 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike, mestoma jih uvrščamo celo med neprepustne plasti. Njihovo izdatnost uvrščamo v kategorijo nizka izdatnost, ($< 0,5 \text{ l/s}$).

V plasteh deluvialnih gruščev nastopa medzrnska poroznost. Na splošno so te plasti omejen vodonosnik, njihovo prepustnost uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} > k > 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike. Njihovo izdatnost uvrščamo v kategorijo nizka izdatnost, ($0,5 - 2,0 \text{ l/s}$). Na obravnavanem območju v takih plasteh nahajamo redke vaške vodnjake in predvsem manjša zajetja, ki se uporabljajo predvsem za zalivanje in namakanje kmetijskih površin v dobi vegetacije

5.7 Odsek km 11,4 + 80 do km 15,8 + 00

Trasa preide v aluvialno ravnico reke Drnice, ki jo v celoti zapolnjujejo plasti morskih in rečnih glin in peskov ter mestoma deluvialne gline in grušči. Debelina naplavin dosega v osrednjem delu doline tudi 50 m. Za ta odsek so značilni številni manjši vodotoki, regulacije in melioracijski kanali. Zaradi majhnega naklona terena se na več mestih pojavljajo močvirja:

- km 12,0+00 do km 12,3+00
- km 13,3+20 do km 13,3+60
- km 13,5+00 do km 13,6+40
- km 14,0+60 do km 14,1+60

Trasa je umeščena tako, da poteka po ravnem dolinskem terenu in je le na odseku od km 14,6+00 do km 14,8+20 na levi strani vkopana v pobočje Kostanjevice, z naravnim naklonom brežine do 21° . Teren je obdelan s kmetijskimi zemljišči in mestoma pozidan.

V tej fazi raziskav smo na tem odseku izvedli devet vrtin: KDR-21, KDR-22, KDR-23, KDR-24, KDR-24a, KDR-25, KDR-25a, KDR-25b, KDR-26, KDR-26A in dve dinamični penetracijski sondi: DP-14 in DP-15.

Geologija je monotona. Okolne griče gradijo eocenske flišne kamnine: glinovci, meljevci, laporovci in peščenjaki. Ob vznožju pobočja, na območju trase, je do 6 m debela plast deluvialnih glin in gruščev. Na večjem delu trase zapolnjujejo dolino Drnice aluvialni sedimenti, ki se horizontalno in vertikalno prepletajo z deluvialnimi spralinami.

V laboratoriju preiskani vzorci mastnih in peščenih glin (CL, CH) so izkazali naravno vlago od $w = 16,7\%$ do $43,7\%$, konsistenčno stanje v razponu od lahko gnetnega do trdnega. Strižne karakteristike težko gnetnih glin so v mejah: $c = 0 - 5,7 \text{ kPa}$, $\varphi = 17,2^\circ - 23,9^\circ$. Edometerske

preiskave stisljivosti so izkazale za lahko in srednje gnetne glin za obremenitve od $\sigma = 160$ kPa do 240 kPa module stisljivosti med $M_v = 2249$ MPa in 5722 kPa. Pri težko gnetnih glinah so moduli stisljivosti nekoliko višji: za obremenitve od $\sigma = 200$ kPa do 300 kPa med $M_v = 7130$ MPa in 9731 kPa.

Na podlagi točkovnega trdnostnega indeksa $I_{s(50)}$ ocenjena enoosna tlačna trdnost q_u znaša za:

- lapor: $q_u =$ od 0,18MPa do $q_u = 26,3$ MPa,
- peščenjak: $q_u =$ od 30,5 MPa do $q_u = 96,7$ MPa.

Površje je globalno stabilno, pojave nestabilnosti opazamo višje na strmih pobočjih, med km 11,0 + 00 do km 11,2 + 00. Na območju med km 14,6+00 do km 14,8+20 bo potrebno preveriti stabilnostne razmere, ker bo na tem mestu trasa predvidoma vkopana v brežino.

Hidrogeološke razmere

Od km 11,4+80 do km 13,3+00 trasa HC poteka na plasteh aluvialnih sedimentov. Aluvialni zasip doline Drnice je pretežno sestavljen iz morskih sedimentov, ki jih sestavlja pretežno morska glina, sivo modre barve, ter iz pretežno glinenih nanosov površinskih vodotokov, ki so nastali s preperevanjem laporja. V glini se pojavljajo drobcji flišnih kamenin. Prevladuje glina s peskom in mestoma drobnim prodrom. Sondažna vrtina izvrtana na tem delu odseka (KDR-24/08), globine 18 m, je zaznala gladino podzemne vode na stiku preperelelih flišnih kamenin in deluvialnih glin, na koti 15,40 m.n.m. Na delu trase, kjer se pojavljajo plasti deluvialnega gruščja, je gladina podzemne vode cca 2,6 m pod koto terena. Odtok padavinske vode na opisanem delu trase je površinski. Trasa hitre ceste na režim podzemne vode na tem odseku ne bo imela vpliva. Na cca km 12,00 + 60, 90 m zahodno od trase obstaja raziskovalna vrtina D-1/81, ki je bila izvrtana za potrebe hidrogeoloških raziskav. Dosegla je globino 450 m. Med gradnjo odseka je potrebno vrtino zavarovati, da ne pride do poškodbe ali uničenja.

Od km 13,3+00 do km 14,2+00 trasa HC preide v nizkem nasipu na območje prekrito s plastmi deluvialnih glin. Po podatku sondažnih vrtin KDR-25/08 in KDR-25a/08 se gladina podzemne vode nahaja v bližini stika plasti deluvialnih gruščev in plasti deluvialnih glin, cca 2,2 m – 8,0 m pod koto terena. Trasa hitre ceste na režim podzemne vode ne bo imela vpliva.

Od km 14,2+00 do km 15,8+00 trasa HC preide v nizkem nasipu in plitkem vkopu na območje kjer se dolina Drnice močno razširi. Debelina aluvialnih in deluvialnih glinastih sedimentov se močno poveča in mestoma presega 45,0 m (podatki sondažne vrtine KDR-26/08). Podzemna voda na tem odseku hitre ceste je med 3,0 in 3,5 m pod koto terena, v plasteh aluvialnih sedimentov ali v plasteh deluvialnih glin. Trasa hitre ceste na režim podzemne vode ne bo vplivala.

Hidrogeološke lastnosti litoloških enot od km 11,4 + 80 do km 15,8 + 00

V plasteh deluvialnih glin nastopa medzrnska poroznost. Te plasti toku podzemne vode tvorijo oviro (bariero), njihovo prepustnost uvrščamo v slabo prepustnost ($1 \cdot 10^{-7}$ m/s $> k > 1 \cdot 10^{-9}$ m/s), mestoma lahko tudi v zelo slabo prepustnost ($k < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike, mestoma jih uvrščamo celo med neprepustne plasti. Njihovo izdatnost uvrščamo v kategorijo nizka izdatnost, ($< 0,5$ l/s).

V plasteh deluvialnih gruščev nastopa medzrnska poroznost. Na splošno so te plasti omejen vodonosnik, njihovo prepustnost uvrščamo v srednjo prepustnost ($1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} > k > 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike. Njihovo izdatnost uvrščamo v kategorijo nizka izdatnost, (0,5 – 2,0 l/s). Na obravnavanem območju v takih plasteh nahajamo redke vaške vodnjake in predvsem manjša zajetja, ki se uporabljajo predvsem za zalivanje in namakanje kmetijskih površin v dobi vegetacije.

V plasteh morskih sedimentov nastopa medzrnska poroznost. Na splošno te plasti, toku podzemne vode tvorijo oviro (bariero), njihovo prepustnost uvrščamo v zelo slabo prepustnost ($k < 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med neprepustne.

V aluvialnih nanosih nastopa medzrnska poroznost. Na splošno so te plasti relativno omejen vodonosnik. Prepustnost aluvialnega nanosa, ki je zelo heterogen, je lahko zelo različna, od zelo slabe prepustnosti ($k < 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$), do srednje prepustnosti ($1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} > k > 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$). Po oceni vodonosnikov so te plasti uvrščene med revne vodonosnike. Njihovo izdatnost uvrščamo pretežno v kategorijo nizka izdatnost, (0,5 – 2,0 l/s), zelo redko v srednjo izdatnost (> 2,0 l/s). Na obravnavanem območju doline Drnice v takih plasteh nahajamo redke vaške vodnjake in manjša zajetja. Zalivanje in namakanje kmetijskih površin, ki v veliki meri pokrivajo to območje se izvaja iz zajetij površinske vode.

T2

TEHNIČNO POROČILO O POGOJIH IZGRADNJE TRASE HC KOPER – DRAGONJA

6.0 UPORABNOST LOKALNIH MATERIALOV ZA IZGRADNJO NASIPOV

Iz vkopov trase HC Koper – Dragonja se bo za vgradnjo v nasipe lahko uporabil flišni grušč ter bolj ali manj preperel flišni lapor.

Na podlagi izkušenj pri gradnji visokih nasipov iz fliša na HC Selo – Šempeter (mag. Ana Petkovšek, dr. Bojan Majes, FGG, prispevek v Zborniku referatov 2. Šukljjetovih dnevov, oktober 2001) povzememo sledeče:

- Problem večine flišev je hitro menjavanje trdnih in obstojnih meljevcev in peščenjakov z mehкими, neobstojnimi laporji in glinovci. Izkopani grušč je običajno mešanica zrn obstojne in neobstojne kamnine z zelo variabilno vsebnostjo drobnega polnila;
- V sicer dobro in navidez homogeno zgoščeni flišni plasti v spodnjem delu plasti prevladujejo makropore, katerih delež se zmanjšuje navzgor, v zgornjem delu plasti pa prevladuje predrobljen in zaglajen material z mikroporami;
- Proces razpadanja mehkih zrn se prične ob makroporah in votlinah in lahko poteka hitro ali počasi – tudi do 30 let;
- Zgoščena flišna plast pri majhni obremenitvi nabreka, pri večji obremenitvi pa lahko pride ob vtoku vode do strukturnega kolapsa. Zato flišni nasip ne sme segati v območje vplivov podzemne ali pobočne vode.

Bistvena ugotovitev je, da fliš ni ekvivalenten material kamnitemu drobljenemu materialu. Presoja stabilnosti, izračun posedkov nasipa in časovno prognozo posedkov je potrebno izvesti na podlagi parametrov v zemljino predrobljene flišne kamnine. Za strižni kot predrobljenih flišev se v geotehnični praksi uporablja vrednost $\varphi = 28$ do 30° . Nasipi višine 7 m (v tem primeru je mišljena »debelina« flišnega nasipa) naj bi se v roku 1 leta sesedli za okvirno 6 cm.

Flišni grušč se lahko vgrajuje v nasipe nad nivojem poplavne vode (zaradi njegove neobstojnosti v stiku z vodo).

7.0 STABILNOSTNE ANALIZE VKOPOV IN NASIPOV

7.1 Splošno o stabilnostnih analizah nasipov (in nižjih vkopov v zemljinah)

Stabilnost vkopnih in nasipnih brežin smo analizirali s programom SLOPE-W, upošteva krožno obliko potencialnih porušnic. Izračun faktorja varnosti proti zdrsu je bil izveden po metodi Bishopu. Za vsak analizirani profil podajamo na grafičnih prilogah elaborata vhodne podatke ter rezultate izračuna:

- geometrijo prečnega profila, vodostaj je vrisan z modro črto,
- pripisane so fizikalne karakteristike posameznih slojev zemljin. Drenirane strižne karakteristike smo v skladu z evrokodom mobilizirali s faktorjem varnosti $\gamma_{\varphi} = \gamma_c = 1,25$, nedrenirane pa z $\gamma_{cu} = 1,40$. V tekstu podajamo karakteristične vrednosti strižnih karakteristik slojev, na grafičnih prilogah stabilnostnih analiz pa projektne vrednosti (mobilizirane s faktorjem varnosti).
- potencialne drsine so prikazane z mrežo središč krožnic – potencialnih porušnic,
- prikazana je potencialna drsina z minimalnim faktorjem varnosti proti zdrsu, vrednost minimalnega faktorja varnosti proti zdrsu SF_{min} je vpisana ob središču kritične porušnice,
- v mreži središč porušnic so vrisane izo – linije središč porušnic z enakim faktorjem varnosti proti zdrsu.

Strižne karakteristike zemljin smo povzeli po rezultatih laboratorijskih preiskav vzorcev zemljin iz vrtin, za hribine pa na podlagi laboratorijskih preiskav, terenskih preiskav in Hoek & Brownovega kriterija porušitve. V nadaljevanju podajamo opise stabilnostnih analiz v posameznih kritičnih profilih.

7.2 Opis stabilnostnih analiz karakterističnih prečnih profilov nasipov (nižjih vkopov)

7.2.1 Širitev obstoječega nasipa v km 0,0 + 60P 3

Trasa na tem mestu poteka v do 5 m visokem nasipu, ki je bil zgrajen konec osemdesetih let prejšnjega stoletja. Nakloni brežin obstoječega nasipa so urejeni v naklonu $n = 1 : 2$, iz česar sklepamo, da je bil nasipni material glina z gruščem preperlega fliša.

Nova trasa ceste se na vsaki strani širi za 3 do 4 m. Širitev bo vsekakor potrebno izvesti s stopničenjem v obstoječo nasipno brežino. Sestavo tal pod nasipom povzememo po vrtini A-7/87, ki izkazuje do globine 3 m pod površjem poltrdne in težko gnetne peščene gline, globlje pa se nahaja močno preperel flišni lapor. Laboratorijske analize vzorcev zemljin niso bile izvedene, zato smo za pripovršinski sloj glin privzeli karakteristike gline iz vrtin KDR-9 in KDR-11.

V stabilnostni analizi so bile upoštewane sledeče fizikalne karakteristike posameznih slojev:

- star nasip iz gline in fliša: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 28^\circ$, $c' = 2 \text{ kPa}$,
- poltrdna in težko gnetna peščena glina: $\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 21^\circ$, $c' = 6 \text{ kPa}$,
- zelo preperel flišni lapor: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 30^\circ$, $c' = 10 \text{ kPa}$,

Predpostavili smo dva tipa nasipnega materiala:

- nasip iz flišnega gruščča: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 28^\circ$, $c' = 2 \text{ kPa}$.
- nasip iz apnenčevega gruščča: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 36^\circ$, $c' = 1 \text{ kPa}$.

Upoštevali smo neugoden vodostaj – tik pod površjem terena, nasip smo obremenili še s prometno obtežbo velikosti $q = 10 \text{ kPa}$.

Če bi se širitev izvajala z materialom iz bližnjih vkopov (glina s preperino flišnega gruščča), bi bila stabilnost brežin zadovoljiva v naklonu $n = 1 : 2$ ($SF_{\min} = 1,036 \geq 1,0$), strmejši naklon $n = 1 : 1,5$ pa ne bi ustrezal zahtevam ($SF_{\min} = 0,895 < 1,0$).

V kolikor bi širitev izvedli s kvalitetnim apnenčevim grušččem, bi bila stabilnost zadovoljiva tudi pri naklonu brežine $n = 1 : 1,5$ ($SF_{\min} = 1,110$).

7.2.2 Obojestranski vkop v km 2,6 + 20P 131

Trasa na tem mestu poteka v obojestranskem vkopu, na levi strani je vkop globok do 10 m, na desni strani pa do 4 m. Sestavo tal povzememo po vrtini KDR-5/08, ki izkazuje do globine 6 m pod površjem poltrdne in težko gnetne mastne in peščene gline, globlje pa se nahaja močno preperel flišni lapor.

Upoštevali smo neugoden vodostaj – tik pod površjem terena.

Za površinski sloj poltrdne gline bi na podlagi laboratorijskih rezultatov (vzorec gline iz vrtine KDR-5) lahko privzeli sledeče fizikalne karakteristike: $\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 8,8^\circ$, $c' = 38 \text{ kPa}$. Glede na dosedanje praktične izkušnje z glinenimi materiali, pri katerih se ob stiku z vodo kohezija razveže, smo v stabilnostni analizi upoštevali samo 50% delež kohezije, torej $c = 19 \text{ kPa}$.

Za flišni lapor smo upoštevali sledeče fizikalne karakteristike:

- zelo preperel flišni lapor: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 30^\circ$, $c' = 10 \text{ kPa}$,
- delno preperel flišni lapor: $\gamma' = 22 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 35^\circ$, $c' = 25 \text{ kPa}$.

Pri enotnem naklonu (leve) vkopne brežine $n = 2 : 3$ stabilnost vkopa ni zadovoljiva ($SF_{\min} = 0,900$). Zato smo naklon brežine v glini znižali na $n = 1 : 2$. V tem primeru je vkop stabilen ($SF_{\min} = 1,000$).

7.2.3 Nasip v km 3,3 + 80P 169

Na prehodu iz pobočja Škocjanskega hriba v dolino Pradišiola trasa poteka v nasipu višine do 7,5 m. Sestavo tal povzememo po vrtini KDR-7/08, ki izkazuje do globine 1,0 m pod površjem sloj poltrdne in težko gnetne peščene gline, globlje pa se nahaja preperina flišnega laporja.

Podzemno vodo smo v vrtini registrirali v globini -4,20 m, predvidoma se ob večjem deževju lahko dvigne na površje.

V stabilnostni analizi so bile upoštevane sledeče fizikalne karakteristike posameznih slojev:

- peščena glina tg. in pt. kons.: $\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 21^\circ$, $c' = 6 \text{ kPa}$,
- preperina flišnega laporja: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 30^\circ$, $c' = 10 \text{ kPa}$.

Predpostavili smo, da bo nasip nad koto stoletne vode (H_{q100} Badaševica se nahaja na koti 4,5 m n.m.) zgrajen iz flišnega grušča s karakteristikami: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 28^\circ$, $c' = 2 \text{ kPa}$. Pod koto poplavne vode bo nasip zgrajen iz apnenčevega grušča s karakteristikami: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 36^\circ$, $c' = 1 \text{ kPa}$.

Upoštevali smo neugoden vodostaj – tik pod površjem terena.

Stabilnost nasipa je zadovoljiva pri naklonu brežine do $n = 1 : 2$ ($SF_{\min} = 1,116$). Kritična je drsina, ki poteka plitvo pod površjem brežine nasipa.

V kolikor bi celoten nasip zgradili iz apnenčevega grušča, bi bila stabilnost brežin zagotovljena tudi pri maksimalnem naklonu brežin $n = 1 : 1,5$ ($SF_{\min} = 1,006$).

7.2.4 Nasip v km 3,5 + 00P 175

V dolini Pradišiola trasa poteka v nasipu višine do 4 m. Sestavo tal povzemamo po vrtini KDR-9/08, ki izkazuje do globine 7 m pod površjem sloje poltrdne in težko gnetne peščene gline, ki so na več mestih prekinjeni s 30 do 50 cm debelimi sloji mastnih glin lahko gnetne in srednje gnetne konsistence. Do globine 16,7 m sledijo sloji lahko gnetnih in srednje gnetnih glinasto meljnih zemljin.

Kota gladine vode se je v vrtini nahajala 2,2 m pod površjem (vrtano v sušnem obdobju), ob večjem deževju se lahko dvigne na površje.

V stabilnostni analizi so bile upoštevane sledeče fizikalne karakteristike posameznih slojev:

- peščena glina (tg.) sg. kons.: $\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 40 \text{ kPa}$,
- mastna glina lg. kons.: $\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 13 \text{ kPa}$,
- peščena glina tg. in pt. kons.: $\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 95 \text{ kPa}$,
- mastna glina lg. kons.: $\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 13 \text{ kPa}$,
- mastna glina sg. kons.: $\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 30 \text{ kPa}$,
- gline, melji lg.- sg. kons.: $\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 13 \text{ kPa}$,

Predpostavili smo dva tipa nasipnega materiala:

- nasip iz flišnega grušča: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 28^\circ$, $c' = 2 \text{ kPa}$.
- nasip iz apnenčevega grušča: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 36^\circ$, $c' = 1 \text{ kPa}$.

Upoštevali smo neugoden vodostaj – tik pod površjem terena.

V kolikor bi celoten nasip zgradili iz flišnega grušča, bi bila stabilnost zadovoljiva pri naklonu brežine do $n = 1 : 2$ ($SF_{\min} = 1,181$). Kritična je drsina, ki poteka plitvo pod površjem brežine nasipa.

Nivo H_{q100} Badaševice se nahaja na koti 4,5 m n.m. Če predpostavimo, da se bo trasa HC gradila pred izvedbo protipoplavnih nasipov, bo potrebno nasip praktično v celotni višini zgraditi iz apnenčevega ali dolomitnega grušča.

V tem primeru so lahko brežine izvedene v naklonu $n = 1 : 1,5$ ($SF_{\min} = 1,170$).

7.2.5 Nasip deviacije 1 – 5, ki seka glavno traso v km 4,140

Deviacija seka glavno traso z nadvozom, priključni nasipi na nadvoz bodo predvidoma visoki do 5 m. Sestavo tal povzemamo po vrtini KDR-10/08, ki izkazuje do globine 8 m pod površjem sloje težko gnetne do poltrdne mastne in peščene glin, sledijo pa do globine 17 m lahko gnetne, pretežno mastne glin. Globlje se nahajajo pretežno težko gnetne do poltrdne glin, mestoma prekinjene s tanjšimi sloji lahko gnetnih glin.

Kota gladine vode se je v vrtini nahajala 2,5 m pod površjem (vrtano v sušnem obdobju), ob večjem deževju se lahko dvigne na površje.

V stabilnostni analizi so bile upoštevane sledeče fizikalne karakteristike posameznih slojev:

- nasip iz flišnega grušča: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 28^\circ$, $c' = 2 \text{ kPa}$.
- peščena glina sg.- tg. kons.: $\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 40 \text{ kPa}$,
- mastna glina tg. kons.: $\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 50 \text{ kPa}$,
- mastna in organska glina lg. kons.: $\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 13 \text{ kPa}$,

Do 5 m visok nasip z naklonom brežin $n = 1 : 2$ izkaže zadovoljivo stabilnost nasipa ($SF_{\min} = 1,121$). Kritične so drsine, ki potekajo plitvo pod površjem brežine nasipa in izklinjajo v vznožju nasipa.

7.2.6 Nasip v km 9,2 + 00P 460

Trasa ceste poteka v mešanem profilu: levo od osi v do 17 m visokem nasipu, desno od osi pa v vkopu. Naravni teren pada od desne proti levi v naklonu 25 do 30°. Sestavo tal povzemamo na osnovi inženirsko geološkega pregleda ter sondažne vrtine KT-4, ki je bila izvrtana v km 9,1 + 00. V pobočju do globine 3 – 6 m pod površje segajo zaglinjeni grušči preperine flišnega laporja, v vznožju pobočja pa se predvidoma pod površjem nahaja ca 3 m debel sloj deluvialnih glin. Globlje se nahaja preperel fliš, ki z globino prehaja v kompaktnega.

Vodostaj smo predpostavili tik pod površjem obstoječega terena.

V stabilnostni analizi so bile upoštevane sledeče fizikalne karakteristike posameznih slojev:

- | | |
|-------------------------------|--|
| • nasip iz flišnega grušča: | $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 28^\circ$, $c' = 2 \text{ kPa}$, |
| • peščena glina tg. kons.: | $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 83,7 \text{ kPa}$, |
| • zaglinjena preperina fliša: | $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 30^\circ$, $c' = 2 \text{ kPa}$, |
| • preperel fliš: | $\gamma' = 21 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 36^\circ$, $c' = 9 \text{ kPa}$, |
| • flišni lapor: | $\gamma' = 23 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 44^\circ$, $c' = 44 \text{ kPa}$. |

Pri naklonu nasipne brežine $n = 1 : 2$ stabilnost ni zadovoljiva ($SF_{\min} = 0,934$). Kritična je drsina, ki poteka plitvo pod površjem brežine nasipa. Za izboljšanje stabilnostnih razmer je potrebno 8 m pod nivojem cestišča izvesti vsaj 3 m široko bermu. V tem primeru znaša varnost proti zdrsu ($SF_{\min} = 1,029$).

Stabilnostno analizo smo ponovili za primer, če bi bila glina v vznožju brežine razmočena, srednje gnetne konsistence. Predpostavili sme nedrenirano strižno trdnost gline $c_u = 35 \text{ kPa}$. Nestabilne se izkažejo drsine, ki potekajo pod nasipom, v sloju srednje gnetnih glin ($SF_{\min} = 0,835$).

V vznožju nasipa je potrebno nekvalitetno glino zamenjati s skalnatim materialom. Skalnata peta naj sega v delno preperel flišni lapor, predvidoma 2 do 4 m pod površjem.

7.2.7 Nasip v km 14,4 + 80P 724

Trasa ceste poteka po dolini, v 3 m visokem nasipu. 50 m levo od osi trase se nahaja obstoječa cesta Koper – Dragonja, 30 m desno od osi trase pa teče potok Drnica. Sestavo tal povzemamo po vrtini KDR-26a/08, ki izkazuje do globine 1 m pod površjem sloje poltrdne in težko gnetne peščene gline, nato pa do globine 16 m sledijo srednje do težko gnetne mastne in peščene gline, v globini 6,7 do 9 m se med glino pojavlja zaglinjen prod. Globlje se nahajajo poltrdne gline.

Kota gladine vode se je v vrtini nahajala 3,5 m pod površjem (vrtano v sušnem obdobju), ob večjem deževju se lahko dvigne na površje.

V stabilnostni analizi so bile upoštevane sledeče fizikalne karakteristike posameznih slojev:

- | | |
|---|---|
| • nasip iz flišnega grušča: | $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 28^\circ$, $c' = 2 \text{ kPa}$, |
| • peščena glina tg.- pt. kons.: | $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 60 \text{ kPa}$, |
| • mastna in peščena glina sg. in tg. kons.: | $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 25 \text{ kPa}$, |
| • peščena glina tg. in pt. kons.: | $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 185,6 \text{ kPa}$. |

Pri naklonu nasipne brežine do $n = 1 : 1,5$ stabilnost ne bi bila zadovoljiva ($SF_{\min} = 0,980$). Kritična je drsina, ki poteka plitvo pod površjem brežine nasipa. Naklon brežine $n = 1 : 2$ zagotavlja zahtevano varnosti proti zdrsu ($SF_{\min} = 1,286$).

7.2.8 Nasip deviacije 1 – 28, ki seka glavno traso v km 15,180

Deviacija seka glavno traso z nadvozom, priključni nasipi na nadvoz bodo visoki do 9 m. Sestavo tal povzemamo po vrtini KDR-26/08, ki izkazuje do globine 1,7 m pod površjem sloj poltrdne puste do peščene gline, sledijo pa do globine 25 m menjaje sloji lahko gnetnih, srednje gnetnih in težko gnetnih glin in meljev. Globlje se nahajajo pretežno poltrdne in trdne gline.

Kota gladine vode se je v vrtini nahajala 3,0 m pod površjem (vrtano v sušnem obdobju), ob večjem deževju se lahko dvigne na površje.

V stabilnostni analizi so bile upoštevane sledeče karakteristične fizikalne parametre posameznih slojev:

- nasip iz flišnega grušča: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 28^\circ$, $c' = 2 \text{ kPa}$.
- pusta do peščena glina pt. kons.: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 60 \text{ kPa}$,
- glina in melj tg.-sg. kons.: $\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 35 \text{ kPa}$,
- peščena glina sg. kons.: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 35 \text{ kPa}$,
- pusta glina tg. kons.: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 57 \text{ kPa}$,
- glina in melj lg. kons.: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 20 \text{ kPa}$,
- mastna in peščena glina sg.-tg. kons.: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 35 \text{ kPa}$,
- mastna glina in melj lg. kons.: $\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 25 \text{ kPa}$,

Do 9 m visok nasip z naklonom brežin $n = 1 : 2$ izkaže zadovoljivo stabilnost nasipa ($SF_{\min} = 1,078$). Kritične so drsine, ki potekajo plitvo pod površjem brežine nasipa in izklinjajo v vznožju nasipa.

7.3 Splošno o stabilnostnih analizah vkopov

Stabilnostno smo preverili vkopne brežine na vkopov med predorom Šmarje in Dragonjo. V računih smo upoštevali naslednje geomehanske karakteristike materialov, ki jih nismo mobilizirali v skladu z EVROCOD-om 7. Zato je potrebno rezultate analiz razumeti drugače kot pri analizah stabilnosti tal pod nasipi: pri nasipih zadošča računaska varnost 1,0, pri vkopih pa mora biti 1,25.

Material	Prostorninska teža	kohezija	Strižni kot
	γ	c	φ
	[kN/m ³]	[kPa]	[°]
Deluvialne gline	19	3	27
Deluvialni grušči	19	2	30
Preperel fliš	21	7	32
Tektonsko pretrt fliš	20	1	35
Kompakten fliš	23	26	38

Stabilnostne analize smo izdelali z računalniškim programom SLIDE, Rocscience.

7.4 Opis stabilnostnih analiz karakterističnih prečnih profilov vkopov

Profil P300 – desni pas – desna brežina

Med P295 in P309 poteka tras HC v obojestranskem vkopu, s tem da vkopne brežine na desni strani dosega višino 27 m, na levi strani pa 3,5 m. Teren je na tem območju oblikovan v umetne

terase. Površino prekriva sloj deluvialnih glin, debeline do 3 m, pod tem pa je do 8 m debela plast preperelih flišnih kamnin. Vkopna beržina na desni bo potekala večinoma v kompaktnem flišu, le zgornji del bo v preperelem. Mestoma se lahko na vrhu brežine pojavijo deluvialne gline.

Brežino oblikujemo v spodnjem delu v naklonu 1: 1, najvišjo etažo pa v naklonu 2: 3. Višina etaž je 7 m, med njimi pa so berme širine 3,5 m. Pri privzetih strižnih karakteristikah je vkopna brežina stabilna z varnostnim količnikom $F_{min}= 1,576$.

Profil P449 – desni pas – desna brežina

Na tem mestu cesta poteka delno v nasipu in delno v vkopu. Površino prekriva do 10 m debela plast deluvialnih glin in gruščev. Pri privzetih strižnih karakteristikah je naravno pobočje stabilno z varnostnim količnikom $F_{min}= 1,183$. Predviden je vkop višine 16 m. Vkopna brežina bo, po prognoznom profilu, potekala približno 50 % višine v preperelem flišu in 50 % v deluvialnih gruščih.

Spodnji del brežine, v preperelem flišu oblikujemo v naklonu 2: 3, zgornji pa v naklonu 1: 2. Med etažama je berma širine 2,5 m. Takšna brežina izkazuje varnost $F_{min}= 1,591$. Kritična porušnica obsega zgornji del brežine, ki poteka v deluvialnih glinah.

Podobna problematika se pojavlja v celem vkopu od P441 do P451.

Profil P453 – desni pas – desna brežina

Prvemu vkopu sledi vkop med P452 in P471. Problematika je zelo podobna prejšnjemu vkopu. Višine vkopnih brežin bodo dosegale 21 m (P456). Zaradi neugodne geometrije, bo večji del vkopnih brežin potekal v deluvialnih glinah in gruščih. Brežine posameznih etaž oblikujemo v naklonu 2: 3, najvišjo pa v naklonu 1: 2. Med etažami je berma širine 2,5 m. Stabilnost desne vkopne brežine smo preverili v P453, P456 in P460:

Profil	F_{min}
P453	1,490
P456	1,323
P460	1,750

Profil P 496

Med P491 in P505 se trasa HC zareže v pobočje na levi strani. Posledično bo potrebno premakniti obstoječo magistralno cesto za 23,5 m v pobočje, kar predstavlja 16 m globok vkop z vkopno brežino višine približno 32 m, na levi strani. Po podatkih geoloških profilov, prekriva površje na tem mestu 3 m do 4 m debela plast deluvialnih gruščev, ki ji sledi 6 m do 7 m debela plast preperelih flišnih kamnin. Vkopna brežina na levi bo približno 50 % potekala v kompaktnem flišu, v zgornji polovici pa v preperelem flišu in deluvialnih gruščih.

Vkopno brežino v kompaktnem flišu oblikujemo v naklonu 2: 1, višje pa, zaradi dokaj strmega naravnega pobočja, v naklonu 3 : 2. Takšna brežina ni stabilna, zato jo varujemo s sidrano brano. Etažo v preperem flišu varujemo s geotehničnimi sidri, dolžine 15 m, v rastru 3 m in kapaciteto 500 kN. Zgornjo etažo, v deluvialnem grušču varujemo s pasivnimi sidri, dolžine 9 m, rastru 2,5 m in s kapaciteto 150 kN. Takšna brežina je stabilna, porušnica z minimalnim varnostnim količnikom $F_{\min} = 1,066$ poteka po naravnem pobočju, nad vkopno brežino. Nobena porušnica z varnostnim količnikom $F < 1,25$ ne poteka skozi območje vkopne brežine.

Profil P 503

V profilu P503 je obstoječa magistralna cesta premaknjena v pobočje za 5 m. Vkopno brežino, ki v celoti poteka v deluvialne, grušču, oblikujemo v naklonu 1: 2. Brežino med hitro cesto in deviacijo, višine 15,3 m oblikujemo enako, v naklonu 1: 2. Zaradi tega je na spodnji strani, ob HC potrebno zgraditi podporni zid. Stabilnost takšne brežine je $F_{\min} = 1,299$.

Profil P 558

Med P550 in P564, se trasa HC ponovno zarezje v pobočje na levi strani. Zaradi tega je potrebna deviacija obstoječe magistralne ceste. Vkopno brežino na levi oblikujemo v naklonu 1: 1, kar ne zadošča za trajno stabilnost. Brežino varujemo s sidrano brano. Uporabimo geotehnična sidra, dolžine 15 m, v rastru 3 m, s kapaciteto 500 kN. Desno vkopno brežino deviacije oblikujemo v naklonu 1: 2. Vkopno brežino med traso HC in deviacijo, ravno tako oblikujemo v naklonu 1: 2, zaradi česar moramo zgraditi podporni zid ob levem robu HC.

Brežine so stabilne z minimalnim varnostnim količnikom $F_{\min} = 1,346$. Potencialna porušnica poteka po brežini med deviacijo in HC, ki jo varujemo z zidom.

Profil P 627

V profilu P627 preverimo stabilnost obstoječega stanja. Vkopna brežina nad magistralno cesto je stabilna z varnostnim količnikom $F_{\min} = 1,236$, ki poteka po naravnem pobočju, nad obstoječo vkopno brežino.

Profil P 736

Med P730 in p736 se trasa HC zarezje v pobočje na levi strani, zaradi česar je potrebno premakniti obstoječo magistralno za 37,5 m v pobočje. Vkopno brežino na levi strani, ki v celoti poteka v deluvialnem grušču, oblikujemo v naklonu 1: 1. takšna brežina ni stabilna, zato jo podpremo s sidrano brano. Geotehnična sidra dolžine 15 m, se razporedi v rastru 3 m. Brežino med deviacijo in HC oblikujemo v naklonu 1: 2. Na spodnji strani, na levem robu HC jo podpremo s podpornim zidom.

Vkopne brežine so stabilne. Potencialna porušnica z minimalnim varnostnim količnikom $F_{\min} = 1,037$ poteka po naravnem pobočju nad vkopno brežino. Vkopno brežino ne seka nobena porušnica z $F < 1,25$.

Profil P 742

V profilu P742, poteka leva vkopna brežina vglavnem po kompaktnem flišu. Brežino oblikujemo v naklonu 2: 1, z etažami višine do 8 m in vmesnimi bermami širine 3 m. Etažo, ki poteka po preperem flišu oblikujemo v naklon 1: 1, najvišjo etažo, v deluvialnih gruščih, pa v naklon 1: 2. Vkopna brežina je stabilna z varnostnim količnikom $F_{min}= 1,331$.

Pokriti vkop Škocjan (8-1) - P 139

Stabilnost začasnih vkopnih brežin pokritega vkopa smo preverili v profilu P139. V računih smo upoštevali naslednje geomehanske karakteristike materialov:

Material	Prostorninska teža	kohezija	Strižni kot
	g	c	φ
	[kN/m ³]	[kPa]	[°]
Preperel fliš	21	7	32
Tektonsko pretrt fliš	20	1	35
Kompakten fliš	23	24	37

Največja višina začasne izkopne brežine bo na tem mestu znašala 28,8 m. Predlagamo izvedbo brežin, v spodnjem delu v naklonu 2: 1 in v zgornjem delu 3: 2. V tem primeru je zagotovljena stabilnost začasne vkopne brežine. Porušnica z minimalnim varnostnim količnikom $F_{min}= 1,19$ obsega celotno izkopno brežino. V primeru pojavljanja tektonsko porušeni con, ali širših območij povečanega izcejanja vode, bo potrebno takšna mesta varovati s sidranimi branami.

Predor Šmarje (8-2) vkopi pri vzhodnem in zahodnem portalu

Stabilnostno smo preverili vkopne brežine na vzhodni in zahodni strani predora in sicer v profilih P367, P370 in P429.

V računih smo upoštevali naslednje geomehanske karakteristike materialov:

Material	Prostorninska teža	kohezija	Strižni kot
	g	c	φ
	[kN/m ³]	[kPa]	[°]
Deluvialne glin	20	2	27
Deluvialni grušči	20	2	30
Preperel fliš	21	9	36
Tektonsko pretrt fliš	20	1	35
Kompakten fliš	23	44	44

Profil P367 – desni pas – leva brežina

Na tem mestu desni vozni pas poteka po dolgi in ozki erozijaski grapi, tako da bo cesta potekala delno v obojestranskem vkopu in delno v nasipu.

Zaradi zelo strmih naravnih pobočij bo vkop na levi strani zel visok. Predlagamo izvedbo brežin, v spodnjem delu v naklonu 2: 1 in v zgornjem delu 1: 1. Zaradi neugodne geometrije, vkopna brežina bo potekala v preperem flišu in v deluviju, smo predvideli varovanje s sidranimi branami. V preperem flišu smo predvideli geotehnična sidra, dolžine 15 m, v rastru 2,5 m, s kapaciteto 500 kN. V območju gruščev varujemo brežino s pasivnimi sidri dolžine 9 m, v rastru 2,5 m.

V tem primeru je zagotovljena stabilnost vkopne brežine. Porušnica z minimalnim varnostnim količnikom $F_{min} = 1,141$ poteka po naravnem pobočju, nad sidri. Vse porušnice z varnostnim količnikom $F < 1,25$ potekajo nad varovano brežino.

Profil P367 – desni pas – desna brežina

Na desni strani bo cesta segala v brežino za približno 1,5 m. V tem primeru bi, zaradi deluvialnih gruščev, bil potreben naklon brežine 1: 2. Vkop zmanjšamo s podpornim zidom višine 3,5 m. Nad zidom je naravna brežina. Minimalni varnostni količnik je v tem primeru $F_{min} = 1,319$.

Profil P370 – desni pas – leva brežina

V P370 so razmere zelo podobne tistim v P367 – leva brežina. Zaradi večje višine vkopa se poveča vkopna brežina v deluvialnih gruščih. Vkopno brežino v preperem flišu varujemo s sidrano brano, v deluviju, s pasivnimi sidri. V preperem flišu smo predvideli geotehnična sidra, dolžine 15 m, v rastru 3,0 m, s kapaciteto 700 kN. V območju deluvialnih gruščev varujemo brežino s pasivnimi sidri dolžine 9 m, v rastru 2,0 m.

V tem primeru je zagotovljena stabilnost vkopne brežine. Porušnica z minimalnim varnostnim količnikom $F_{min} = 1,141$ poteka po naravnem pobočju, nad sidri. Vse porušnice z varnostnim količnikom $F < 1,25$ potekajo nad varovano brežino.

Profil P429 – desni pas – leva brežina

Na zahodni strani bo v profilu 429 levi pas poteka v v predorski cevi, medtem ko bo desni pas v ozki in globoki grapi. Cesta bo potekala v obojestranskem vkopu in delno v nasipu. Vkopna brežina na levi strani bo potekala delno v kompaktnem flišu, delno v preperem flišu in delno v deluvialnih gruščih. Zaradi ugodne geometrije lahko vkop izvedemo brez dodatnega varovanja. Vkopne brežine oblikujemo:

- v kompaktnem flišu 2: 1
- v preperem flišu 2: 3
- v deluvialnih gruščih 1: 2

Porušnica z minimalnim varnostnim količnikom $F_{min} = 1,509$ poteka po brežini v deluvialnih gruščih.

8.0 POSEDKI IN KONSOLIDACIJA TAL POD NASIPI

8.1 Izračuni posedkov in konsolidacije tal pod nasipi

Posedanje tal pod nasipi ter časovni razvoj posedkov smo vrednotili s pomočjo programa NAPON. Predpostavili smo, da bo nasip hitre ceste grajen iz materiala s prostorninsko težo $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$, prometno obtežbo pa smo upoštevali kot zvezno obtežbo velikosti 10 kPa.

Module stisljivosti glinasto meljnih zemljin smo povzeli po edometerskih preiskavah, za grušče, prode in preperino laporja pa smo jih privzeli izkustveno, deloma tudi na podlagi SPT preizkusov v vrtinah. Karakteristične vrednosti v izračunu upoštevanih modulov stisljivosti za posamezne sloje podajamo v preglednicah v nadaljevanju.

Prečni profil P 169

- nasip višine 7 m, sestava tal po vrtini KDR 7

Št. sloja	globina pojava sloja (m)	opis sloja	modul stisljivosti M_{vi} (kPa)
1	.0 - 2.0	CL pt.kons.	2 500.0
2	2.0 - 5.0	GC preperel lapor	80 000.0

Prečni profil P 181

- nasip višine 4 m, sestava tal po vrtini KDR 9

Št. sloja	globina pojava sloja (m)	opis sloja	modul stisljivosti M_{vi} (kPa)
1	.0 - 2.1	CL tg.-sg. kons.	1600.0
2	2.1 - 2.6	CI-CH lg. kons.	1100.0
3	2.6 - 4.1	CH sg.kons.	1600.0
4	4.1 - 5.1	CH tg.-pt.kons.	5000.0
5	5.1 - 5.5	CI-CH sg. kons.	1900.0
6	5.5 - 6.9	CI, CL tg. kons.	3500.0
7	6.9 - 11.7	CH, MH, MI sg. kons.	3600.0
8	11.7 - 16.7	CI, CH, MH lg. kons.	3200.0
9	16.7 - 20.0	CI pt. kons.	11000.0

Prečni profil P 202

- nasip višine 2 m, sestava tal po vrtini KDR 10

Št. sloja	globina pojava sloja (m)	opis sloja	modul stisljivosti M_{vi} (kPa)
1	.0 - 2.6	CL, CI, MI sg. kons.	1400.0
2	2.6 - 7.1	CH tg. kons.	4000.0
3	7.1 - 8.0	CH sg.-tg.kons.	3000.0
4	8.0 - 13.0	CI,MI,CH,OH lg. kons.	2800.0
5	13.0 - 17.0	CH lg. kons.	3200.0
6	17.0 - 21.4	CH pt.kons.	10000.0
7	21.4 - 24.7	CH tg.-pt.kons	4000.0
8	24.7 - 26.2	CH lg. kons.	3500.0
9	26.2 - 30.0	MI-ML, CI sg., tg. kons.	4500.0

Prečni profil P 222

- nasip višine 2 m, sestava tal po vrtini KDR 10a

Št. sloja	globina pojava sloja (m)	opis sloja	modul stisljivosti M_{vi} (kPa)
1	.0 - 5.6	Cl-CH, GC	7000.0
2	5.6 - 10.0	CL, CH lg.-sg. kons.	1900.0
3	10.0 - 15.0	CL, CH lg.-sg. kons.	2200.0
4	15.0 - 19.2	CL, CH lg.-sg. kons.	2500.0
5	19.2 - 23.0	CH tg.-pt. kons.	10000.0
6	23.0 - 29.0	CH tg.-pt. kons.	12000.0

Prečni profil P 248

- nasip višine 6 m, sestava tal po vrtini DP 8

Št. sloja	globina pojava sloja (m)	opis sloja	modul stisljivosti M_{vi} (kPa)
1	.0 - 2.0	Cl-CL pt.-trdne kons.	6000.0
2	2.0 - 5.0	Cl-CL tg.-pt. kons.	4000.0
3	5.0 - 5.5	preperina laporja	30000.0

Prečni profil P 515

- nasip višine 4 m, sestava tal po vrtini KDR 19

Št. sloja	globina pojava sloja (m)	opis sloja	modul stisljivosti M_{vi} (kPa)
1	.0 - 1.8	umetni nasip GP, GC	2000.0
2	1.8 - 3.5	CL pt. kons.	5000.0
3	3.5 - 7.0	CL pt.-trd. kons.	6000.0
4	7.0 - 7.5	GC preperina fliša	20000.0
5	7.5 - 9.5	CL pt. kons.	8000.0
6	9.5 - 11.4	CL z gruščem pt. kons.	10000.0

Prečni profil P 609

- nasip višine 2,5 m, sestava tal po vrtini KDR 24

Št. sloja	globina pojava sloja (m)	opis sloja	modul stisljivosti M_{vi} (kPa)
1	.0 - 2.8	nasip GP	20000.0
2	2.8 - 4.4	CL-ML tg.-pt.kons.	3200.0
3	4.4 - 7.5	CL pt. kons.	6000.0
4	7.5 - 8.8	CH tg. kons.	4000.0
5	8.8 - 12.0	CL pt. kons.	8000.0
6	12.0 - 15.0	CH pt. kons.	10000.0
7	15.0 - 17.0	GC preperina fliša	20000.0

Prečni profil P 667

- nasip višine 3,0 m, sestava tal po vrtini KDR 25

Št. sloja	globina pojava sloja (m)	opis sloja	modul stisljivosti M_{vi} (kPa)
1	.0 - 1.9	CL tg.-pt. kons.	4000.0
2	1.9 - 3.2	CL tg. kons.	3500.0
3	3.2 - 3.6	CL sg. kons.	2000.0
4	3.6 - 5.0	lap. Glina pt.-trdne kons.	6000.0

Prečni profil P 705

- nasip višine 2,5 m, sestava tal po vrtini KDR 25 b

Št. sloja	globina pojava sloja (m)	opis sloja	modul stisljivosti M_{vi} (kPa)
1	.0 - 2.7	CL pt. kons.	6000.0
2	2.7 - 5.7	CL sg.-tg. kons.	2000.0
3	5.7 - 7.7	CL lg.-sg. kons.	1500.0
4	7.7 - 11.4	CL sg. kons.	2500.0
5	11.4 - 14.5	GC z vl. CL	12000.0
6	14.5 - 16.3	CL pt. kons.	15000.0
7	16.3 - 22.0	GC sr. Gosto	35000.0
8	22.0 - 24.0	GC SC	15000.0
9	24.0 - 25.0	GC	20000.0

Prečni profil P 724

- nasip višine 3,0 m, sestava tal po vrtini KDR 26 a

Št. sloja	globina pojava sloja (m)	opis sloja	modul stisljivosti M_{vi} (kPa)
1	.0 - 1.0	CL pt.-tg. kons.	4000.0
2	1.0 - 7.0	CH sg.-tg. kons.	2200.0
3	7.0 - 9.0	CL-GC lg.-sg. kons.	6000.0
4	9.0 - 12.0	CL-CH lg.-sg. kons.	3500.0
5	12.0 - 16.0	CL-CH lg.-sg. kons.	5000.0
6	16.0 - 20.4	CL-CH pt. kons.	10000.0
7	20.4 - 25.0	CL-CH z gruščem	15000.0
8	25.0 - 32.0	CL-CH pt.-trd. kons.	10000.0

Prečni profil P 758

- nasip višine 2,0 m, sestava tal po vrtini KDR 26

Št. sloja	globina pojava sloja (m)	opis sloja	modul stisljivosti M_{vi} (kPa)
1	.0 - 1.7	CI-CL pt.kons.	6000.0
2	1.7 - 5.0	CI, MI, CL sg. kons.	1500.0
3	5.0 - 9.5	CL, CH sg.-tg.kons.	3000.0
4	9.5 - 13.5	CI, MI, MH lg.kons.	4000.0
5	13.5 - 15.8	CL, CH sg., tg. kons.	5100.0
6	15.8 - 18.0	CH sg.,tg. kons.	5500.0
7	18.0 - 25.6	MI, MH, CH lg.kons.	3400.0
8	25.6 - 30.6	lapornata glina	20000.0
9	30.6 - 40.0	CI, CL pt.-trd. kons.	12000.0
10	40.0 - 45.0	CH pt., trd. kons.	15000.0

Deviacija 1 - 5

- nasip višine 5,0 m, sestava tal po vrtini KDR 10

Št. sloja	globina pojava sloja (m)	opis sloja	modul stisljivosti M_{vi} (kPa)
1	.0 - 2.6	CL, CI, MI sg. kons.	1600.0
2	2.6 - 7.1	CH tg. kons.	4000.0
3	7.1 - 8.0	CH sg.-tg.kons.	3200.0
4	8.0 - 13.0	CI,MI,CH,OH lg. kons.	3000.0
5	13.0 - 17.0	CH lg. kons.	3500.0
6	17.0 - 21.4	CH pt.kons.	10000.0
7	21.4 - 24.7	CH tg.-pt.kons	4500.0
8	24.7 - 26.2	CH lg. kons.	3800.0
9	26.2 - 30.0	MI-ML, CI sg., tg. kons.	4500.0

Deviacija 1 - 21

- nasip višine 9,0 m, sestava tal po vrtini KDR 24

Št. sloja	globina pojava sloja (m)	opis sloja	modul stisljivosti M_{vi} (kPa)
1	.0 - 4.4	CL-ML tg.-pt.kons.	3000.0
2	4.4 - 7.5	CL pt. kons.	7500.0
3	7.5 - 8.8	CH tg. kons.	4500.0
4	8.8 - 12.0	CL pt. kons.	8000.0
5	12.0 - 15.0	CH pt. kons.	10000.0
6	15.0 - 17.0	GC preperina fliša	20000.0

Deviacija 1 - 25

- nasip višine 9,0 m, sestava tal po vrtini KDR 25 b

Št. sloja	globina pojava sloja (m)	opis sloja	modul stisljivosti M_{vi} (kPa)
1	.0 - 2.7	CL pt. kons.	8000.0
2	2.7 - 5.7	CL sg.-tg. kons.	4000.0
3	5.7 - 7.7	CL lg.-sg. kons.	3000.0
4	7.7 - 11.4	CL sg. kons.	4500.0
5	11.4 - 14.5	GC z vl. CL	13000.0
6	14.5 - 16.3	CL pt. kons.	15000.0
7	16.3 - 22.0	GC sr. Gosto	35000.0
8	22.0 - 24.0	GC SC	15000.0
9	24.0 - 25.0	GC	20000.0

Deviacija 1 - 28

- nasip višine 9,0 m, sestava tal po vrtini KDR 26

Št. sloja	globina pojava sloja (m)	opis sloja	modul stisljivosti M_{vi} (kPa)
1	.0 - 1.7	CI-CL pt.kons.	9000.0
2	1.7 - 5.0	CI, MI, CL sg. kons.	3000.0
3	5.0 - 9.5	CL, CH sg.-tg.kons.	4000.0
4	9.5 - 13.5	CI, MI, MH lg.kons.	4500.0
5	13.5 - 15.8	CL, CH sg., tg. kons.	5500.0
6	15.8 - 18.0	CH sg.,tg. kons.	6000.0
7	18.0 - 25.6	MI, MH, CH lg.kons.	3600.0
8	25.6 - 30.6	lapornata glina	20000.0
9	30.6 - 40.0	CI, CL pt.-trd. kons.	12000.0
10	40.0 - 45.0	CH pt., trd. kons.	15000.0

Časovni potek primarne faze konsolidacije glinastih in meljastih zemljin smo računali na podlagi preiskav vodoprepustnosti ob edometerskih preiskavah, nato pa smo izračune ponovili še z 10 x višjim koeficientom vodoprepustnosti. In situ preiskave tal praviloma izkažejo 10 x pa tudi do 100 x višje vodoprepustnosti od meritev v edometru. Tudi meritve posedanja tal v praksi so izkazale, da je dejanska hitrost posedanja višja od prognoze na podlagi edometerskih raziskav. V nadaljevanju podajamo preglednico upoštevanih koeficientov vodoprepustnosti, debeline kohezivnih slojev ter upoštevani povprečni moduli stisljivosti, ki so bili uporabljeni v izračunu časovnega razvoja posedkov.

Profil	D stisljivih in slabo prepustnih tal (m)	dreniranje	koeficient vodoprepustnosti k (cm/sek)	povprečni modul stisljivosti Mv kN/m ²
169	2,0	dvostransko	2,0 E-8	2500,0
181	6,9	dvostransko	4,0 E-8	1600,0
202	17,0	enostransko	8,0 E-8	1600,0
222	13,6	enostransko	4,4 E-8	2200,0
248	5,0	dvostransko	1,5 E-8	5000,0
515	3,5	dvostransko	2,0 E-8	5000,0
609	10,6	dvostransko	2,0 E-8	5000,0
667	3,6	enostransko	2,0 E-8	4000,0
705	10,4	dvostransko	4,0 E-8	2000,0
724	16,0	enostransko	5,0 E-8	3000,0
758	25,6	dvostransko	5,5 E-8	3500,0
dev 1-5	17,0	enostransko	8,0 E-8	1600,0
dev 1-21	10,6	dvostransko	2,0 E-8	5000,0
dev 1-25	10,4	dvostransko	4,0 E-8	2000,0
dev 1-28	25,6	dvostransko	5,5 E-8	3500,0

Vhodne podatke in podrobne rezultate izračuna konsolidacijskih posedkov in časovnega razvoja posedanja podajamo tudi na prilogah R.8 elaborata.

V tabeli v nadaljevanju povzemamo rezultate izračuna konsolidacije za posamezne prečne profile. Konsolidacijskim posedkom smo prišteli še delež distorzijskih posedkov v povprečni velikosti 30 % končnih konsolidacijskih posedkov v glinasto meljnih zemljinah. Distorzijski posedki se izvršijo že med nasipavanjem in povzročijo samo preoblikovanje reliefa tal, ne pa dejanskega zmanjšanja volumna zemljin.

Profil	končni konsolidac. posedek sk (cm)	distorzijski posedek sd (cm)	skupni končni posedek s = sk+sd	stopnja konsolidacije in posedek v času t					
				t = 1 leto		t = 5 let		t = 10 let	
				u (%)	s (cm)	u (%)	s (cm)	u (%)	s (cm)
169	12,6	3,8	16,4	45	9,4	89	15,0	97	16,0
181	55,8	16,7	72,5	25	30,9	55	47,3	75	58,6
202	35,6	10,7	46,3	15	16,0	30	21,4	42,0	25,7
222	32,4	9,7	42,1	13	13,8	21	16,5	29	19,1
248	14,2	4,3	18,5	77	15,3	99	18,4		
515	13,4	4,0	17,4	93	16,5	100	17,4		
609	12,6	3,8	16,4	38	8,6	80	13,9	94	15,6
667	8,9	2,7	11,6	71	9	100	11,6		
705	30,2	9,1	39,3	25	16,8	55	25,6	75	31,8
724	38,5	11,6	50,1	17	18	35	24,9	49	30,4
758	43,8	13,1	56,9	4	14,9	8	16,6	16	20,1
dev 1-5	53,2	16,0	69,2	15	24,0	30	32,0	42,0	38,3
dev 1-21	44,9	13,5	58,4	38	30,6	80	49,4	94	55,7
dev 1-25	44,4	13,3	57,7	25	24,4	55	37,7	75	46,6
dev 1-28	80,9	24,3	105,2	4	27,5	8	30,8	16	37,2

Komentar izračunov in ukrepi za pospešitev posedanja

P 169:

1 leto po izgradnji 7 m visokega nasipa se bo izvršilo 9,4 cm od skupno 16,4 cm končnih posedkov. Posedanje bi se dalo pospešiti s 3 m visokim preobtežbenim nasipom za dobo 1 leta. V tem času bi se izvršilo 11,8 cm posedkov, preostalih 4,6 cm posedka pa v roku 10 let.

P 181, P 202, P 222 in deviacija 1-5:

Nasipi višine 2 do 4 m naj bi se posedli od 42 cm do 73 cm, 1 leto po izgradnji naj bi se izvedlo šele od 13 do 25 % konsolidacijskih posedkov, to je skupno z distorzijskimi od 14 cm do 31 cm posedkov. S 3 m visokimi preobtežbenimi nasipi, ki bi delovali 1 leto, bi dosegli od 20 do 42 cm posedkov. Preostalo bi še 22 do 33 cm posedkov na glavni trasi in 40 cm na deviaciji 1-5, ki bi se realizirali v roku ca 30 let.

Za pospešitev posedanja temeljnih tal pod nasipi bo potrebno po celotnem tlorisu nasipov v temeljna tla vgraditi vertikalne drenaže. Segajo naj do globine 17 – 20 m pod površje, to je do sloja težko gnetnih do poltrdnih glin.

Predpostavili smo drenažne trakove dimenzij 10 cm x 0,5 cm, katerim pripada ekvivalentni polmer kroga $r = 3,3$ cm. Predpostavili smo trikotni raster drenaž s stranico $d = 2$ m.

Polmer vpliva drenaže znaša $R = 0,525 d = 1,05$ m.

Razmerje polmerov $n = R/r = 32$.

Povprečni koeficient konsolidacije lahko do srednje gnetnih glin $c_v = c_r = 4 \times 10^{-8}$ m²/sek.

Upoštevali smo, da bodo drenaže delovale $t = 12$ mesecev.

Brezdimenzijski časovni faktor $T_r = (c_v \times t) / (4 \times R^2) = 0,286$ iz česar sledi, da se bo v roku 12 mesecev izvršila 60 % radialna konsolidacija tal.

Če pa upoštevamo še delež vertikalne konsolidacije, dosežemo sledečo stopnjo konsolidacije:

- P 181: $1 - u_{zr} = (1 - u_z) \times (1 - u_r) = (1 - 0,25) \times (1 - 0,60) = 0,30 \rightarrow u = 70 \%$
- P 202: $(1 - 0,15) \times (1 - 0,60) = 0,34 \rightarrow u = 66 \%$
- P 222: $(1 - 0,13) \times (1 - 0,60) = 0,35 \rightarrow u = 65 \%$
- Deviacija 1-5 $(1 - 0,15) \times (1 - 0,60) = 0,34 \rightarrow u = 66 \%$

Za dobo 1 leta se na glavni trasi izvede še preobremenitev z različno visokim nasipom, kar dodatno pospeši konsolidacijo na sledeče stopnje:

Prečni profil deviacija	Višina preobremenitve H (m)	Stopnja konsolidacije u (%)	Preostali posedek po končani izgradnji s (cm)
181	1,5	96	2,9
202	1,0	99	0,5
222	1,0	98	0,9
Dev. 1-5	2,0	92	5,5

P 248:

1 leto po izgradnji 6 m visokega nasipa se bo izvršilo 15,3 cm od skupno 18,5 cm končnih posedkov. Preostalih 2,8 cm posedkov se bo izvršilo v roku 5 let po izgradnji nasipa.

P 515, P 609, P 667:

Nasipi višine 2,5 do 4 m naj bi se posedli od 11,6 cm do 17,4 cm, 1 leto po izgradnji naj bi se izvedlo od 8,6 cm do 16,5 cm posedkov. V roku 5 let po izgradnji nasipa bi se v P 515 in P 667 izvedlo še 0,9 cm oziroma 2,6 cm posedka. V P 609 bi po enem letu preostalo še 7,8 cm posedka, zato bi na tem mestu posedanje pospešili s 3 m visokim preobtežbenim nasipom za dobo 1 leta: v tem času bi se realiziralo 14,3 cm posedka in bi v času 10 let po izgradnji preostalo le še 2,1 cm posedkov za realizacijo.

P 705, P 724, P 758, deviacije 1-21, 1-25 in 1-28:

Nasipi glavne trase so visoki 2 do 3 m, posedli naj bi se od 39 cm do 57 cm, 1 leto po izgradnji naj bi se izvedlo šele od 4 do 25 % konsolidacijskih posedkov, to je skupno z distorzijskimi od 15 cm

do 18 cm posedkov. S 3 m visokimi preobtežbenimi nasipi, ki bi delovali 1 leto, bi dosegli od 15 do 28 cm posedkov. V 30 in več letih pa bi se izvedlo še 15 do 42 cm posedkov.

Podobna situacija je tudi na območju deviacij, kjer smo izračunali končne posedke med 58 cm in 105 cm, s tem da bi s 3 m visokim preobtežbenim nasipom bili še manj učinkoviti kot na nizkih nasipih glavne trase HC.

Za pospešitev posedanja temeljnih tal pod nasipi bo potrebno po celotnem tlorisu nasipov glavne trase ter na nasipih deviacij v temeljna tla vgraditi vertikalne drenaže. Dolžina drenaž narašča s stacionažo od 10 m pa do 25 m pod površje.

Predpostavili smo drenažne trakove dimenzij 10 cm x 0,5 cm, katerim pripada ekvivalentni polmer kroga $r = 3,3$ cm. Predpostavili smo trikotni raster drenaž s stranico $d = 2$ m.

Polmer vpliva drenaže znaša $R = 0,525 d = 1,05$ m.

Razmerje polmerov $n = R/r = 32$.

Povprečni koeficient konsolidacije lahko do srednje gnetnih glin $c_v = c_r = 4 \times 10^{-8}$ m²/sek.

Upoštevali smo, da bodo drenaže delovale $t = 12$ mesecev.

Brezdimenzijski časovni faktor $T_r = (c_v \times t) / (4 \times R^2) = 0,286$ iz česar sledi, da se bo v roku 12 mesecev izvršila 60 % radialna konsolidacija tal.

Če pa upoštevamo še delež vertikalne konsolidacije, dosežemo sledečo stopnjo konsolidacije:

- P 705: $1 - u_{zr} = (1 - u_z) \times (1 - u_r) = (1 - 0,25) \times (1 - 0,60) = 0,30 \rightarrow u = 70 \%$
- P 724: $(1 - 0,17) \times (1 - 0,60) = 0,33 \rightarrow u = 67 \%$
- P 758: $(1 - 0,04) \times (1 - 0,60) = 0,38 \rightarrow u = 62 \%$
- Deviacija 1-21..... $(1 - 0,38) \times (1 - 0,60) = 0,25 \rightarrow u = 75 \%$
- Deviacija 1-25..... $(1 - 0,25) \times (1 - 0,60) = 0,30 \rightarrow u = 70 \%$
- Deviacija 1-28..... $(1 - 0,04) \times (1 - 0,60) = 0,38 \rightarrow u = 62 \%$

Za dobo 1 leta se na glavni trasi izvede še preobremenitev z različno visokim nasipom, kar dodatno pospeši konsolidacijo na sledeče stopnje:

Prečni profil deviacija	Višina preobremenitve H (m)	Stopnja konsolidacije u (%)	Preostali posedek po končani izgradnji s (cm)
705	1,0	98	0,8
724	1,2	94	3,1
758	1,2	99	0,6
Dev. 1-21	2,0	92	4,7
Dev. 1-25	2,0	86	8,1
Dev. 1-28	2,0	76	25,2

Drenaže pod nasipi deviacij 1-25 in 1-28 bo potrebno pred krajnimi podporami nadvozov zgostiti, da ne bo prevelikega diferenčnega posedka na prehodu na nadvoze, ki bodo predvidoma temeljeni globoko.

Deviacija 1-25:

Trikotni raster drenaž zgostimo na $d = 1,8$ m.

Polmer vpliva drenaže znaša $R = 0,525$ $d = 0,945$ m.

Razmerje polmerov $n = R/r = 29$.

Brezdimenzijski časovni faktor $T_r = (c_v \times t) / (4 \times R^2) = 0,353$ iz česar sledi, da se bo v roku 12 mesecev izvršila 65 % radialna konsolidacija tal, skupno z vertikalno pa 74% konsolidacije. Z 2 m preobtežbe v 1 letu delovanja dosežemo 90 % konsolidacijo tal. V roku 10 let po izgradnji nasipov lahko pričakujemo še 5,5 cm posedkov.

Deviacija 1-28:

Trikotni raster drenaž zgostimo na $d = 1,5$ m.

Polmer vpliva drenaže znaša $R = 0,525$ $d = 0,788$ m.

Razmerje polmerov $n = R/r = 24$.

Brezdimenzijski časovni faktor $T_r = (c_v \times t) / (4 \times R^2) = 0,508$ iz česar sledi, da se bo v roku 12 mesecev izvršila 80 % radialna konsolidacija tal, oziroma 81 % skupna konsolidacija. Z 2 m preobtežbe v 1 letu delovanja dosežemo 99 % konsolidacijo tal.

9.0 GEOTEHNIČNI POGOJI ZA IZGRADNJO VKOPOV, NASIPOV

9.1 Pogoji izvedbe vkopov

Trasa HC Koper – Dragonja bo na več odsekih vkopana v pobočje. Vkopne brežine bodo izvedene v zelo heterogenih materialih, od deluvialnih glin in gruščev, preperele flišne kanine, do kompaktne flišne kamnine. Mestoma se lahko pojavijo izviri in močila, hudourniške grape, fosilni plazovi in podobni pojavi. Višine vkopnih brežin so zelo različne in lahko dosežejo 30 m.

Na osnovi raziskav in izkušenj, ki smo jih pridobili pri gradnji različnih objektov v podobnih materialih, smo izdelali generalne smernice za izvedbo vkopov na trasi HC Koper – Dragonja. Nakloni vkopnih brežin so odvisni predvsem od prevladujočega materiala in višine:

- Vkopi v kompaktnem flišu: 2 : 1, v etažah višine do 7 m z vmesnimi bermami širine 3 m;
- Vkopi v preperelem flišu: 1 : 1 do 3: 2, v etažah višine do 7 m z vmesnimi bermami širine 3 m;
- Vkopi v deluvialnem grušču: 3 : 2 do 1 : 2, v etažah višine do 7 m, z vmesnimi bermami širine 3 m;
- Vkopi v deluvialnih glinah: 1: 2, v etažah višine do 7 m z vmesnimi bermami širine 3 m.

Brežine, ki jih, zaradi konfiguracije terena ni mogoče izvesti v danih naklonih, je potrebno varovati s sidranimi branami.

Izkopne brežine je potrebno zaščititi pred erozijo in/ali preperevanjem. Položnejše brežine, do naklona 2 : 3 se humusira in zatravi. Strmejšše brežine, v preperelem in kompaktnem flišu je potrebno obložiti z oblogo iz kamnja v betonu, ki bo preprečevala erozijo in preperevanje. Vse izvire na brežinah je potrebno zajeti in urediti odvodnjo.

9.2 Pogoji izvedbe nasipov

Nasipi na glavni trasi so v ravninskem delu visoki do 4 m, nasipi deviacij pa so visoki do 9 m. Le nasipi v pobočju so visoki do 20 m.

Material, ki je na razpolago za izgradnjo nasipov, je flišni grušč iz bližnjih vkopov, ki se ga zaradi njegove neobstoynosti v stiku z vodo lahko vgrajuje v nasipe 1,0 m nad nivojem poplavne vode.

Brežine nasipov višine do 9 m se lahko izvede v maksimalnem naklonu $n = 1 : 2$, nasipom višjim od 9 m pa se naklon ublaži z bermo širine 3 m v višini 8 m pod nivojem cestišča, na vsakih 8 m višine nasipa.

V kolikor bi bili celotni nasipi višine do 5 m zgrajeni iz apnenčevega ali dolomitnega grušča, se brežine lahko uredi v naklonu do $n = 1 : 1,5$.

Na začetnem delu trase (km -0,5 do km +0,2) se izvaja manjša širitev obstoječih nasipov, za katere ne vemo zagotovo, iz kakšnega materiala so zgrajeni, predvidevamo pa, da iz gline in flišnega grušča iz vkopa, ki sledi naprej po stacionaži. Širitve se izvaja s stopničenjem v obstoječ nasip, naklon brežin naj se ohrani $n = 1 : 2$, v kolikor se bo za širitev uporabil flišni grušč. Kjer zaradi pomanjkanja prostora brežine $n = 1 : 2$ niso izvedljive, naj se za širitev uporabi apnenčev ali dolomitni grušč, ki ga lahko vgradimo z naklonom brežine $n = 1 : 1,5$.

Kjer se pri višjih nasipih tik pod obstoječim površjem nahaja mehka, razmočena glina, je potrebno v vznožju brežine nekvalitetno glino zamenjati s skalnatim materialom iz apnenca, dolomita. Dno skalnate pete mora segati v kompaktnjši material – poltrdne gline, preperel fliš. Skalnate pete smo predvideli na sledečih pododsekih:

- km 6,440 – km 6,500;
- km 9,140 – km 9,460;
- km 10,000 – km 11,200;
- deviacije 1-21, 1-25, 1-29, kjer so nasipi visoki do 9 m, če je v bližini vznožja nasipa vodni jarek, potok;

Temeljna tla so močno deformabilna in zelo slabo prepustna. Končni posedki pod nasipi glavne trase bodo znašali do 85 cm, pod najvišjimi nasipi (9m) deviacij pa do 105 cm. Posedanje tal pod nasipi bo potrebno na dveh daljših odsekih pospešiti z vertikalnimi drenažami in preobtežbenim

nasipom. Drenaže naj bi segale samo do pojava plasti težko gnetnih in poltrdnih glin. V nadaljevanju podajamo približne dolžine vertikalnih drenaž, ki smo jih ocenili na podlagi sondažnih vrtin.

- od km 3,460 do km 4,640 so potrebne vertikalne drenaže dolžine okvirno med 17 in 20 m, oziroma do pojava plasti težko gnetnih in poltrdnih glin. Vgradijo naj se v trikotnem rastru $d = 2,0$ m. Posedanje se pospeši še z 1,0 m do 1,5 m visokim preobtežbenim nasipom. Drenaže in preobtežba naj bi predvidoma delovale 1 leto. Dejansko potreben čas delovanja pa se ugotovi z meritvami posedanja zgrajenih nasipov.
- od km 13,640 do km 14,140 bodo potrebne vertikalne drenaže okvirne dolžine 10 do 11 m (vgradi naj se jih do pojava plasti težko gnetnih in poltrdnih glin), od km 14,860 do konca trase v km 15,8 pa bodo drenaže predvidoma dolge 25 m, do koder segajo plasti lahko gnetnih glinastomeljnih zemljin. Drenaže se vgradijo v trikotnem rastru $d = 2,0$ m. Posedanje se pospeši še z 1,0 m do 1,8 m visokim preobtežbenim nasipom. Drenaže in preobtežba naj bi predvidoma delovale 1 leto. Dejansko potreben čas delovanja pa se ugotovi z meritvami posedanja zgrajenih nasipov.
- na deviaciji 1-25 se tik pred krajnimi podporami nadvoza drenaže zgosti v rastru $d = 1,8$ m, enako na deviaciji 1-28 na raster $d = 1,5$ m. Na obeh deviacijah posedanje pospešimo še z 2 m visokim preobtežbenim nasipom – za dobo 1 leta.

Na posameznih pododsekih posedanje tal pospešimo samo s preobtežbenim nasipom, predvidoma za dobo 1 leta:

- km 3,320 – km 3,460: preobtežbeni nasip $H = 3$ m,
- km 4,640 – km 4,820: preobtežbeni nasip $H = 1$ m,
- km 11,620 – km 11,800: preobtežbeni nasip $H = 2$ m,
- km 11,800 – km 13,300: preobtežbeni nasip $H = 3$ m.

10.0 POGOJI TEMELJENJA IN IZGRADNJE OBJEKTOV (ZA FAZO IDEJNE ZASNOVE)

10.1 Podhod 3- 6 v km 0,0 + 30

Obstoječa trasa HC poteka na tem mestu v do 5 m visokem nasipu. Predvidena je obojestranska širitev trase, zato bo potrebna tudi širitev obstoječega podvoza tlorisnih dimenzij 8,15 m x 26,5 m. Na obeh straneh se ga širi za ca 5 m.

V bližini podhoda je bila v 80-ih letih izvedena vrtina A-7/87. Do globine 3,0 m pod površjem se nahajajo težko gnetne in poltrdne peščene glin z močno preperelim laporjem, globlje se nahaja preperel lapor, ki z globino pridobiva na trdnosti. Podtalnica se nahaja 2,9 m pod površjem.

Predlagamo plitvo temeljenje razširjenih delov podhoda na pasovnih temeljih. Dno temeljev bo na desni strani segalo 1,5 m pod nivo terena, pod temeljem se nahajajo poltrdne glin, ki se jih odstrani v sloju 0,5 do 1,0 (vse do preperlega laporja) in nadomesti z uvaljanim tamponom. Na levi strani so temelji 3 m pod nivojem terena, predvidoma bodo segali v preperel flišni lapor. Za to

fazo načrtovanja smo okvirno ovrednotili projektni odpor tal pod centrično obremenjenim pasovnim temeljem: $r_d = 892$ kPa. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: $B \times L = 2,5$ m x 5,0 m, $D = 1,5$ m, ekscentričnost sile $e_B = 0$ m, temeljna tla: $\gamma = 21$ kN/m³, $c = 2$ kPa, $\varphi = 30^\circ$. Posedkov pod temelji praktično ne bo.

10.2 Prepust 3 v km 0,5 + 19

Na lokaciji škatlastega prepusta dimenzij 2 x 2 m in dolžine 45 m je bila izvrtana vrtina A-8Č/87. Do globine 3 m pod površjem tla gradijo pretežno težko gnetne peščene glin, globlje se nahaja preperel fliš, ki z globino prehaja v kompaktnega. Podzemno vodo so med vrtanjem registrirali 1,7 m pod površjem.

Predlagamo plitvo temeljenje prepusta, na temeljni plošči, v preperelem flišnem laporju. Nosilnost tal je več kot zadostna, posedkov pod prepustom praktično ne bo.

10.3 Nadvoz 4-13 v km 0,8 + 15,93 (Priključek Bertoki)

Obstoječi nadvoz se ruši, na njegovem mestu pa je predvidena izgradnja novega nadvoza enake oblike kot stari »gazela« z razponi 14,15 + 28,0 + 15,90. Na lokaciji nadvoza sta bili v 80-ih letih izvedeni vrtini A-9/87 in A-10/87. Preperel lapor se nahaja že na koti 5,18 m, 6,22 m n.m., ki z globino pridobiva na trdnosti. Predlagamo plitvo temeljenje nadvoza: osrednji – poševni podpori bosta z dnom segali v delno preperel flišni lapor. Pod temeljema krajnih podpor se nahaja 0,5 m do 1,0 m debela plast težko gnetnih in poltrdnih glin, katere predlagamo, da se nadomestijo z uvaljanim tamponom.

Za to fazo načrtovanja objektov smo okvirno ovrednotili projektni odpor tal pod temelji:

- za temelja krajnih podpor znaša projektni odpor tal $r_d = 427$ kPa, z 0,5 m debelo prodno blazino pod dnom temelja se poveča na $r_d = 501$ kPa. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: $B \times L = 4,0$ m x 15 m, $D = 0$, ekscentričnost sile $e_B = 0,670$ m, temeljna tla: $\gamma = 21$ kN/m³, $c = 2$ kPa, $\varphi = 30^\circ$.
- za temelja srednjih podpor znaša projektni odpor tal $r_d = 1653$ kPa. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: $B \times L = 4,5$ m x 15 m, $D = 2,0$ m, ekscentričnost sile $e_B = 0,670$ m, temeljna tla: $\gamma = 22$ kN/m³, $c = 7$ kPa, $\varphi = 32^\circ$.

Ker bo temeljenje izvedeno v preperelem, oziroma v kompaktnem laporju, omembe vrednih posedkov ne pričakujemo.

10.4 Podhod 3-1a (Priključek Bertoki, km 0,4 + 10)

Na priključku Bertoki je predvidena tudi izgradnja novega podhoda: zaprta škatlasta konstrukcija širine 7,20 m, skupne višine 5,0 m in dolžine 22,40 m. V neposredni bližini podhoda je bila v 80-ih letih izvedena vrtina A-8/87. Do globine 3,7 m pod površjem se nahajajo težko gnetne in poltrdne peščene glin z močno preperelim laporjem, globlje se nahaja preperel lapor, ki z globino pridobiva na trdnosti. Podtalnica se nahaja 2,5 m pod površjem.

Predlagamo plitvo temeljenje podhoda na temeljni plošči. Za to fazo načrtovanja smo okvirno ovrednotili projektni odpor tal pod središčno obremenjeno temeljno ploščo : $r_d = 374$ kPa.

V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: $B \times L = 7,2 \text{ m} \times 22,4 \text{ m}$, $D = 1,5 \text{ m}$, ekscentričnost sile $e_B = 0 \text{ m}$, temeljna tla – težko gnetne in poltrdne gline: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $c = 25 \text{ kPa}$, $\varphi = 15^\circ$. Pod temeljno ploščo naj se vgradi 30 cm debela plast uvaljanega tampona.

10.5 Prepust 5 v km 1,4 + 20

Na lokaciji škatlastega prepusta dimenzij $2,4 \times 2,9 \text{ m}$ in dolžine 63 m ni nobene vrtine. 80 m na vsako stran sta oddaljeni vrtini AK-14/87 in AK-15/87. Takoj pod površjem se nahaja preperel fliš, ki prehaja v kompaktnega.

Prepust naj se temelji plitvo, na temeljni plošči, v preperem do kompaktnem flišnem laporju. Nosilnost tal je več kot zadostna, posedkov pod prepustom praktično ne bo.

10.6 Viadukt 6 – 1A (km 2,3 + 67 do km 2,5 + 04), levi in desni objekt

Trasa nove HC poteka nad razcepom Škocjan in nad deviacijo 1-1 Istrske ceste (ki bosta speljana v vkopu) v nizkem viaduktu. Levi objekt je temeljen na 5 podporah, desni pa na 6 podporah, razponi med podporami so od 22,0 m do 35,6 m. Na lokaciji viadukta se nahaja vrtina KDR-4/08, v bližini (km 2,3) pa je bila leta 1987 izvrtana vrtina AK-19. Poltrdna in težko gnetna glina z drobci preperlega laporja se nahaja do globine 10 – 12 m pod površjem, globlje se nahaja preperel lapor.

Predlagamo, da se oba objekta temelji globoko, na AB kolih, uvrstanih 2 – 3 m v kompakten lapor. Koli bodo segali od 10 do 15 m pod površje. Projektno nosilnost pilotov premera 1,5 m v kompaktnem laporju ocenjujemo na $R_b = 5$ do 10 MPa (privzeli smo kohezijsko trdnost laporja med $c = 500 \text{ kPa}$ in $c = 1000 \text{ kPa}$), temeljenje bo praktično nepodajno.

10.7 Nadvoz 4-1 v km 2,5 + 64

Načrtovan je nadvozna 5 podporah z razponi $24 + 32 + 32 + 24 \text{ m}$. Na lokaciji nadvoza je bila izvrtana vrtina KDR-5/08. Preperel lapor se nahaja že 4,1 m pod površjem, nad njim pa poltrdne in trdne mastne gline s preperelim flišem. Predlagamo plitvo temeljenje nadvoza na točkovnih temeljih v preperem flišu, torej bo dno temeljev 4 – 5 m pod obstoječim površjem.

Za to fazo načrtovanja objektov smo okvirno ovrednotili projektni odpor tal pod plitvim temeljem: $r_d = 1238 \text{ kPa}$. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: $B \times L = 3,5 \text{ m} \times 8,0 \text{ m}$, $D = 2,0 \text{ m}$, ekscentričnost sile $e_B = 0$, temeljna tla: $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$, $c = 2 \text{ kPa}$, $\varphi = 30^\circ$. Ker bo temeljenje izvedeno v preperem laporju, omembe vrednih posedkov ne pričakujemo.

10.8 Pokriti vkop Škocjan (8 - 1) od km 2,6 + 40 do km 2,9 + 80

Vkopne brežine na območju pokritega vkopa bodo izvedene v pretežno v preperelem flišu in v kompaktnem flišu, v manjši meri tudi v deluvialnih gruščih in glinah. Mestoma se lahko pojavijo izviri in močila, hudourniške grape, fosilni plazovi. Trajne vkopne brežine pred in za objektom bodo dosegale višino do 10 m, medtem ko bodo začasne vkopne brežine visoke do 27 m.

Na osnovi raziskav in izkušenj, ki smo jih pridobili pri gradnji različnih objektov v podobnih materialih, predlagamo naslednje generalne smernice za trajne vkopne brežine:

- Vkopi v kompaktnem flišu: 2: 1, v etažah višine do 7 m z vmesnimi bermami širine 3 m.
- Vkopi v preperelem flišu: 1: 1 do 3: 2, v etažah višine do 7 m z vmesnimi bermami širine 3 m.
- Vkopi v deluvialnem grušču: 3: 2 do 1: 2, v etažah višine do 7 m, z vmesnimi bermami širine 3 m.
- Vkopi v deluvialnih glinah: 1: 2, v etažah višine do 7 m z vmesnimi bermami širine 3 m.

Začasne vkopne brežine v kompaktnem in preperelem flišu se oblikuje v enakem naklonu kot trajne, saj bo izgradnja objekta zahtevala odpiranje širših front, ki bodo odprte dalj časa.

Brežine, ki jih zaradi konfiguracije terena ni mogoče izvesti v danih naklonih, je potrebno varovati s sidranimi branami.

Trajne izkopne brežine je potrebno zaščititi pred erozijo in/ali preperevanjem. Položnejše brežine, do naklona 2: 3 se humusira in zatravi. Strmejše brežine, v preperelem in kompaktnem flišu je potrebno obložiti z oblogo iz kamnja v betonu, ki bo preprečevala erozijo in preperevanje. Vse izvire na brežinah je potrebno zajeti in urediti odvodnjo.

Severni portal

Na območju severnega portala je naravno pobočje oblikovano v povprečnem naklonu do 10°. Spodnji del pobočja, do približno kote 70 m, prekriva plast deluvija, ocenjene debeline do 5 m. V zgornjem delu izdanjajo preperele flišne kamnine. Na območju vzhodnega portala smo predvideli vkopne brežine, v spodnjem delu v naklonu 2: 3, v zgornjem delu pa 1: 2.

Južni portal

Inženirsko geološke razmere na južnem portalu so zelo podobne tistim na severnem. Portalna konstrukcija bo v celoti grajena v preperelem flišu, medtem ko bodo vkopne brežine vkopa, za pokritim vkopom delno segale v deluvialne gline in grušče. Na območju zahodnega portala smo predvideli vkopne brežine, v spodnjem delu v naklonu 2: 3, v zgornjem delu pa 1: 2.

Predorski cevi in pokriti vkop

Ocenjujemo, da bo v večjem delu predorskih cevi prevladovala subhorizontalna plastovitost, z menjavanjem plasti peščenjaka, glinovca, meljevca in laporovca. Po podatkih vrtin bo prevladoval glinovec in sicer do 90 %.

Flišne kamnine so v splošnem vodotesne, v njih ne sledimo zveznega nivoja podtalnice. Pojavi vode so vezani na razpoke in plasti peščenjaka. Zaradi tega med izkopom predorskih cevi ne pričakujemo velikih dotokov. Možni so pojavi mezenja, kapljanja in manjši lokalni izviri.

Zaradi majhne višine nadkritja (10 m do 15 m) in relativno slabih geomehanskih karakteristik fliša bo izvedba predora zahtevna. V zvezi s flišem moramo omeniti tudi možnost nabrekanja glinovcev. Težave z nabrekanjem flišnih materialov so se pojavile v vodnem predoru Markovec, ki je zgrajen v geološko zelo podobnih plasteh. Zaradi tega predlagamo izvedbo talnega oboka.

Pričakovane deformacije sten predorskih cevi lahko dosežejo po naši oceni 20 cm. V tem primeru bi bilo smotrno ojačati hribino s ustreznimi ukrepi (jet grouting, cevni ščit, mikrotuneli).

Poleg navedenih težav, ki so posledica nizkega nadkritja in slabe hribine, lahko pri gradnji predora pričakujemo težave lokalnega značaja, ki so vezane na:

- porušitve strukturnih klinov in blokov lokalno oslabiljene cone, vezane na sisteme diskontinuitet,
- kapljanje in dotekanje vode v območjih kontakta preperlega in kompaktnega fliša.

Deformacije površja nad predorskimi cevmi so lahko zelo velike. Obstaja možnost porušitev stropa predora do površja. Zaradi tega lahko pride do poškodb infrastrukturnih objektov na površju.

10.9 Most 5 - 1 v km 3,4 + 81

Na lokaciji mostu i bila izvrtana vrtina KDR-8/08. Kompakten lapor se nahaja 15 m pod površjem. Nekaj metrov pod površjem in nekaj metrov nad laporjem so gline pretežno poltrdne konsistence, v globini 6 do 10 m pa se nahajajo lahko gnetne in srednje gnetne gline, tudi organske (OH). Podzemna voda se predvidoma nahaja ca 2 m pod površjem.

Predvideno je plitvo temeljenje mostu, na pasovnih temeljih širine 3 m. Za to fazo načrtovanja smo okvirno ovrednotili projektni odpor tal pod centrično obremenjenim pasovnim temeljem: $r_d = 188$ kPa. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: $B \times L = 3,0 \text{ m} \times 40,8 \text{ m}$, $D = 2,8 \text{ m}$, temeljna tla – srednje in težko gnetne gline: $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 21^\circ$, $c = 1 \text{ kPa}$.

Pod temelj naj se vgradi 30 cm debela plast uvaljanega tampona.

Na odseku trase, kjer se nahaja most, se bodo tla pod nasipi posedla do 70 cm. Za pospešitev posedanja tal je predvidena vgradnja vertikalnih drenaž v raščena tla ter izgradnja 1,5 m visokega preobtežbenega nasipa. Most 5-1 se lahko gradi šele po končani konsolidaciji tal pod nasipi – to je predvidoma po enem letu delovanja drenaž in preobtežbenega nasipa.

V kolikor bi most gradili pred izvedbo vertikalnih drenaž, bi bilo potrebno izvesti globoko temeljenje, na AB kolih uvrtnih v kompakten lapor. Koli bi bili predvidoma dolgi ca 15 m.

10.10 Podvoz 3- 5 in most 5-2 km 3,6 + 10 (Tribanska cesta – ob reki Badaševici)

V km 3,6 trasa HC seka Tribansko cesto in reko Badaševico. Deviacija Tribanske ceste bo potekala v podvozu v obliki zaprte škatlaste konstrukcije, ki bo združen v en objekt skupaj z mostom na dveh podporah. Zaradi visoke podtalnice je deviacija Tribanske ceste izven tlorisa

glavne trase HC konstruirana v obliki odprtega kesona, kjer pa se niveleta deviacije dvigne nad koto podzemne vode, je med deviacijo ceste in desnim bregom Badaševice predviden še oporni zid.

Na lokaciji podvoza je bila izvrtana vrtina KDR-9/08, 110 m stran od podvoza pa se nahaja še vrtina KDR-8/08. Aluvialne nanose gradijo masne in peščene gline težkognetne do poltrdne konsistence (pa tudi lahko gnetne konsistence), od globine 7 m do 17 m pod površjem pa pretežno srednje gnetne in lahko gnetne. Globlje se nahajajo deluvialne gline težko gnetne in poltrdne konsistence s koščki grušča laporja. Skupna debelina aluvialnih in deluvialnih nanosov znaša 25 m, globlje se nahaja srednje penetrabilen lapor.

A/ Most in podvoz naj se temeljita globoko, na uvrtnih AB kolih, vpetih 2 do 3 premere kola v kompaktno podlago. Koli bodo tako dolgi 26 – 27 m. Podajamo tlačno in natezno projektno nosilnost kola, vpetega v lapor (v skladu z ENV7):

Projektna tlačna nosilnost kola, vpetega v lapor:

Premer D (m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R (kN)	3913	6293	9234	14696

Projektna natezna nosilnost kola, vpetega v lapor:

Premer D (m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R (kN)	3071	3838	4606	5758

Posedek kola premera 1,0 m bo manj kot 1 cm.

B/ Izven območja mostu, kjer je deviacija speljana v odprtem kesonu, predlagamo, da se objekt temelji na trenjskih kolih, ki segajo ca 5 m v sloj deluvialnih glin, torej bodo koli dolgi ca 17 m. V izračunih smo upoštevali kohezijsko trdnost težko gnetnih do poltrdnih glin $c = 100$ kPa, za lapor pa $c = 1\,500$ kPa.

Projektna tlačna nosilnost trenjskega kola:

Premer D (m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R (kN)	1786	2341	2941	3922

Projektna natezna nosilnost trenjskega kola:

Premer D (m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R (kN)	1436	1795	2154	2693

Posedek kola premera 1,0 m pri obremenitvi 1,6 MN računamo na 3 cm.

Oporni zid ob Tribanski cesti bo mogoče temeljiti plitvo, na pasovnih temeljih. Zaradi zmanjšanja posedkov pod temeljem bo potrebno glinena tla pod dnom temeljev v debelini 1-2 m nadomestiti z gruščnatim tamponom, na kontakt s podlago pa položiti sintetično polst. Projektni odpor tal pod plitvim temeljem ocenjujemo na $r_d = 95$ do $r_d = 118$ kPa. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: $B \times L = 2,2$ m x 20,0 m, $D = 0,5$ m, ekscentričnost $e = 0,25$ m, temeljna tla –

srednje in težko gnetne glin: $\gamma' = 8 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 14,1^\circ$, $c = 7,2 \text{ kPa}$. Posedki pod temeljem zidu bodo pri 2,0 m debeli gruščnati blazini znašali 5 cm.

10.11 Nadvoz 4- 4 v km 4,1 + 40

Nadvoz 4-4 se nahaja sredi široke aluvialne ravnice vodotokov Pradišjol in Badaševica. Dolg bo 174 m, temeljen na 9 podporah, razponi med podporami so 16,5 + 6 x 22,0 + 16,5 m. Na lokaciji nadvoza je bila izvedena vrtina KDR -10/08, ki je segala 30 m pod površje in ni dosegla kompaktne podlage. Do globine 7 m se nahajajo peščene in mastne glin, pretežno težko gnetne konsistence, nato pa sledijo do globine 17 m sloji večinoma mastnih glin v lahko gnetnem konsistenčnem stanju. Od globine 17 m do 24,5 m se nahajajo večinoma težko gnetne in poltrdne deluvialne glin, vmes tudi do 0,5 m debela plast lahko do srednje gnetnih glin. Vse do končne globine vrtine 30 m se menjajo sloji lahko gnetnih in težko gnetnih glin in meljev. Podtalnica se nahaja 3,5 m pod površjem.

Končni posedki v osi 4,5 m visokih priključnih nasipov nadvoza bodo znašali 69 cm. Predvidena je pospešitev konsolidacije tal z vertikalnimi drenažami dolžine 20 m ter s preobteženim nasipom $H = 1,0 \text{ m}$ na glavni trasi HC, oziroma $H = 2,0 \text{ m}$ na priključnih nasipih nadvoza. V roku 1 leta naj bi se izvršilo 92 do 99 % posedkov.

Nadvoz naj se temelji globoko, na uvrtnih AB kolih, ki naj segajo do kote – 18,0 m n.m., to je ca 23 m pod površjem. Tako bodo koli ca 4 m vpeti v težko gnetne do poltrdne glin, ki naj bi segale še ca 3 m pod dno kolov. **Kole bo potrebno izvajati šele po končani konsolidaciji tal pod nasipi. V nasprotnem primeru se bodo koli pod krajnimi oporniki posedali skupaj z nasipi, posedki kolov pod preostalimi podporami pa bodo minimalni.**

Izračunali smo projektne nosilnosti kolov različnih premerov, upoštevaje nosilnost pod nogo (kohezija glin pod nogo kola $c = 112 \text{ kPa}$) in trenje po plašču:

- projektni odpor po plašču v težko gnetnih do poltrdnih glinah do globine 7 m: $S_0 = 85,2 \text{ kPa}$, upoštevana adhezija $c_a = 60 \text{ kPa}$, strižni kot $\varphi = 0$, torni količnik $\text{tg } \delta = 0,4$;
- v lahko gnetnih glinah od globine 7 do 17 m: $S_0 = 25,8 \text{ kPa}$, upoštevana adhezija $c_a = 15 \text{ kPa}$, strižni kot $\varphi = 0$, torni količnik $\text{tg } \delta = 0,1$;
- v težko gnetnih do poltrdnih glinah globlje od 17 m: $S_0 = 122 \text{ kPa}$, upoštevana adhezija $c_a = 50 \text{ kPa}$, strižni kot $\varphi = 0$, torni količnik $\text{tg } \delta = 0,4$.

Premer D (m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R (kN)	2561	3272	4008	5158

10.12 Prepust 9 v km 4,3 + 00

Vrtini KDR-10/08 in KDR-10a/08 sta oddaljeni 150 m na vsako stran od prepusta, sestava tal v obeh pa je podobna: do globine ca 6 m se nahajajo pretežno težko gnetne do srednje gnetne glin, sledijo do globine 20 m pod površjem lahko do srednje gnetne glin, globlje pa sledijo sloji

težko gnetnih do poltrdnih glin. Kompaktna podlaga – lapor se nahaja več kot 30 m pod površjem.. Podzemna voda se nahaja 3,5 m pod površjem.

Škatlast prepust širine 3 m in dolžine 24 m bo temeljen plitvo, na temeljni plošči, v težko gnetnih do srednje gnetnih mastnih do pustih glinah. Pod temeljno ploščo naj se vgradi 0,5 m debela gruščnata blazina, na kontakt z raščeni tlemi naj se položi ločilni geosintetik.

Posedki tal pod nasipom glavne trase bodo na širšem območju prepusta znašali 40 do 50 cm, posedanje bo pospešeno z vertikalnimi drenažami in preobtežbenim nasipom za dobo 1 leta.

10.13 Podvoz 3 - 2 v km 4,4 + 40

Sondažna vrtina KDR-10a/08 se nahaja na lokaciji načrtovanega podvoza na deviaciji poljske poti. Do globine 19 m pod površjem tla gradijo lahko do srednje gnetne glin, sledijo do globine 29,1 m težko gnetne do poltrdne glin, globlje se nahaja kompaktna podlaga – lapor. Podzemna voda se nahaja 3,5 m pod površjem.

Podvoz širine 6,8 m in dolžine 23,15 m naj se temelji globoko, na uvrtnih AB kolih, vpetih 2 do 3 premere kola v kompakten lapor. Koli bodo tako dolgi ca 28 m, dno kolov bo na koti -28 m n.m. Podajamo projektno tlačno nosilnost kola, vpetega v lapor, upoštevaje negativno trenje po plašču kola. Za lapor smo v izračunu upoštevali kohezijsko trdnost $c = 1500$ kPa.

Premer D	(m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R	(kN)	2799	4901	7565	12612

Posedek kola premera 1,2 m pri polno izkoriščeni projektni nosilnosti ocenjujemo na 0,5 cm.

V kolikor bi podvoz preprojektirali v zaprto škatlasto konstrukcijo oziroma keson, bi bilo mogoče tudi plitvo temeljenje na temeljni plošči, temeljna tla pod ploščo bi bilo potrebno v debelini 1,0 m nadomestiti s prodno blazino, na kontakt z raščeni tlemi pa položiti ločilni geosintetik.

10.14 Nadvoz 4- 5 v km 4,7 + 33

Načrtovan nadvoz bo dolg 121 m, temeljen na 7 podporah, razponi med podporami so 16,5 + 4 x 22,0 + 16,5 m. V bližini lokacije nadvoza sta bili izvedeni vrtini KDR-11/08 in KDR-11a/08 ter dinamični penetracijski sonde DP-6/08 in DP-7/08. Do globine 10 m se nahajajo peščene in mastne glin, tik pod površjem pretežno težko gnetne konsistence, globlje pa srednje in lahko gnetne konsistence, mestoma s tankimi plastmi zaglinjenega grušča in peska. Do globine 18 m sledijo sloji težko gnetnih in poltrdnih glin, globlje se nahaja preperel lapor, ki z globino prehaja v kompaktnega. Podtalnica se nahaja na koti 7 m n.m, to je 3 m pod obstoječim površjem.

Nadvoz naj se temelji globoko, na uvrtnih AB kolih, vpetih 2 do 3 premere kola v kompakten lapor. Koli bodo tako dolgi ca 19 m, dno kolov bo na koti -11 m n.m. Podajamo projektno tlačno nosilnost kola, vpetega v lapor, upoštevaje negativno trenje po plašču do globine 10 m – zaradi

posedanja priključnih nasipov na nadvoz (končne posedke v osi 5 m visokih priključnih nasipov nadvoza ocenjujemo na 20 do 25 cm). Za lapor smo v izračunu upoštevali kohezijsko trdnost $c = 1\,200$ kPa, za izračun negativnega trenja po plašču kola pa smo upoštevali adhezijo $c_a = 35$ kPa, strižni kot $\varphi = 0$, torni količnik $\text{tg } \delta = 0,4$.

Premer D	(m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R	(kN)	2523	4276	6476	10618

Posedek kola premera 1,2 m pri polno izkoriščeni projektni nosilnosti ocenjujemo na 0,5 cm.

10.15 Most 5- 4 v km 4,8 + 20

Sondažna vrtina KDR-11a/08 se nahaja 25 m od načrtovanega mostu, tik ob mostu pa je bila izvedena še dinamična penetracijska sonda DP-7/08. Do globine 17,5 m se izmenjujejo težko gnetne in peščene glinice, mestoma z drobcami in gruščem preperine, globlje prehajajo v preperel lapor, ki z globino postopoma pridobiva na trdnosti. Podzemna voda se nahaja 4,7 m pod površjem. Po sondi DP-7 se mehke zemljine ($N = 4$ do 20) nahajajo do globine 8 m pod površjem.

Most približnih tlorisnih dimenzij 14 x 34 m naj se temelji globoko, na uvertanih AB kolih, vpetih 2 do 3 premere kola v kompakten lapor. Koli bodo tako dolgi ca 18 m, dno kolov bo na koti -10 m n.m. Podajamo projektno tlačno nosilnost kola, vpetega v lapor, upošteva negativno trenje po plašču do globine 8 m (za lapor smo v izračunu upoštevali kohezijsko trdnost $c = 1\,200$ kPa, za izračun negativnega trenja po plašču kola pa smo upoštevali adhezijo $c_a = 45$ kPa, $\varphi = 0$, torni količnik $\text{tg } \delta = 0,4$).

Premer D	(m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R	(kN)	2509	4254	6447	10574

Posedek kola premera 1,2 m pri polno izkoriščeni projektni nosilnosti ocenjujemo na 0,5 cm.

10.16 Podvoz 3 - 3 v km 4,9 + 50

Deviacija Šmarske ceste je v km 4,9 + 50 speljana v podvozu pod traso hitre ceste. Na lokaciji podvoza je bila izvedena penetracijska sonda DP-8/8, v bližini pa se nahaja vrtina KDR-12/08. Do globine 5 m se na obravnavani lokaciji nahajajo poltrdne in trdne glinice, globlje pa zasledimo peščen lapor. Podzemna voda se je konec junija 08 nahajala 6 m pod površjem, v času obilnih deževij se lahko dvigne za 1-2 m.

Predlagamo plitvo temeljenje podvoza na pasovnih temeljih, v poltrdnih glinah. Pod temelji naj se vgradi 0,5 m debela plast uvaljanega tampona.

Za to fazo načrtovanja objektov smo okvirno ovrednotili projektni odpor tal pod pasovnimi temelji, ki znaša $r_d = 380$ kPa. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: $B \times L = 3,0 \text{ m} \times 30$

m, $D = 1,0$ m, ekscentričnost sile $e_B = 0,50$ m, temeljna tla: $\gamma' = 9$ kN/m³, $c_u = 100$ kPa. Pri polni izkoriščenosti projektnega odpora tal ocenjujemo posedke na okvirno vrednost 5 – 10 cm.

10.17 Viadukt 6 - 1 od km 5,6 + 61 do km 5,8 + 89

Viadukt 6-1 Stara Šalara predstavljata dva vzporedna objekta, dolžine 225,8 m oziroma 229,2 m. Oba imata po deset (10) podpor, razponi med podporami so od 21,0 m do 26,5 m.

Na lokaciji viadukta sta bili izvrtani dve sondažni vrtini: KDR-13/08 in KDR-14/08. Do globine 3 m površje prekriva sloj težko gnetne, poltrdne in trdne gline z gruščem prepererelega laporja. Sledi do 3 m debel sloj prepererelega fliša, spremenjenega v zaglinjen grušč. Kompaktna podlaga - peščen lapor, se nahaja v globini 6 -7 m pod površjem. Globlje smo v vrtini KDR-14 navrtali apnenec. V vrtini KDR-13 je bila podtalnica registrirana v globini 5 m, KDR-14 je bila v času vrtnja suha.

Viadukt naj se temelji globoko – na uvrtnih armiranobetonskih kolih, ki naj bodo vpeti 2 do 3 premere kola v kompakten lapor, oziroma v apnenec. Koli bodo predvidoma segali 10 – 12 m pod površje. Podajamo projektno tlačno nosilnost kola, vpetega v lapor, za lapor smo v izračunu upoštevali kohezijsko trdnost $c = 1500$ kPa.

Premer D (m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R (kN)	4204	6467	9170	14004

Posedek kola premera 1,2 m pri polno izkoriščeni projektni nosilnosti ocenjujemo pod 1 cm.

10.18 Viadukt 6 - 2 od km 6.3 + 05 do km 6.3 + 69

To sta dva vzporedna objekta, ki premoščata grapo. Imata po tri podpore, razpona med podporami pa znašata 30 m + 30 m. Na območju srednje podpore je bila izvrtana vrtina KDR-14a/09. Pod umetnim nasipom in težko gnetno do poltrdno glino se že 3 m pod površjem nahaja delno preperel lapor, kompakten lapor in peščenjak pa zasledimo od globine 5 m pod površjem. Tudi na lokacijah obeh krajnih podpor predvidevamo, da se kompaktna podlaga nahaja 5 – 7 m pod površjem.

Predlagamo globoko temeljenje viadukta, na AB uvrtnih kolih, ki bodo segali v kompaktno podlago, torej bodo segali 8 do 10 m pod površje. Projektna nosilnost pilotov v kompaktnem peščenjaku in laporju bo več kot zadostna, temeljenje bo praktično nepodajno. V izračunu projektni nosilnosti smo upoštevali kohezijsko trdnost hribine $c_u = 1500$ kPa ter prostorninsko težo zemljine $\gamma = 20$ kN/m³.

Premer D (m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R (kN)	4209	6482	9200	14069

10.19 Viadukt 6 - 3 od km 6,7 + 96 do km 6,8 + 48

To sta dva vzporedna objekta, ki premoščata grapo. Imata po tri podpore, razpona med podporami levega objekta znašata 26 m + 26 m, pri desnem objektu pa sta razpona 20,0 m + 20,0 m. Na območju krajne podpore viadukta je bila izvrtana vrtina KDR-15a/09. Takoj pod površjem se pojavi preperel flišni lapor, kompakten flišni lapor zasledimo od globine 3,1 m pod površjem.

V tej fazi načrtovanja, ko ne poznamo sestave tal na lokacijah vseh podpor, predlagamo globoko temeljenje viadukta, na AB uvrstanih kolih, ki bodo segali v kompaktno podlago, torej bodo segali 7-8 m pod površje. Nosilnost pilotov v kompaktnem laporju bo več kot zadostna, temeljenje bo praktično nepodajno. V tabeli spodaj podajamo projektne nosilnosti kolov. V izračunu projektne nosilnosti smo upoštevali kohezijsko trdnost hribine $c_u = 1500$ kPa ter prostorninsko težo zemljine $\gamma = 20$ kN/m³.

Premer D (m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R (kN)	4209	6482	9200	14069

V kolikor bi se v višjih fazah raziskav pokazalo, da se tudi pod ostalimi podporami kompaktna podlaga pojavlja tako plitvo kot v vrtini KDR-15a/09, bi bilo mogoče plitvo temeljenje viadukta.

10.20 Viadukta Paderna 6- 4 (levi) od km 6,9 + 90 do km 7,2 + 10
in 6- 5 (desni) od km 6,9 + 50 do km 7,2 + 90

Načrtovana viadukta potekata nad desnim ostrim ovinkom obstoječe Šmarske ceste in se končata tik pred portalom predora Šmarje. Dolga sta po ca 230 m, temeljena na 7 podporah, z razponi od 30 do 40 m. Tla smo preiskali s tremi vrtinami: KDR-15, 16 in 17. Kompaktna podlaga se nahaja 2 do 4 m pod površjem (apnen peščenjak ali lapor), nad njo se nahaja glina s flišnim gruščem. Podzemne vode v vrtinah nismo registrirali.

Plitvo temeljenje je primerno za krajno podporo viadukta 6-4 v P 349 + 10 m ter še za podporo v P 351. Zaradi zelo strmih nagibov obstoječih brežin ter neposredne bližine Šmarske ceste svetujemo za preostale podpore globoko temeljenje na pilotih dolžine do 10 m. Pri plitvem temeljenju bi namreč izkopi za temelje znašali 5 – 10 m, kar je ponekod težko izvedljivo, ali pa vsaj ni smotno.

Projektna nosilnost pilotov oziroma plitvih temeljev v kompaktnem peščenjaku in laporju bo več kot zadostna, temeljenje bo praktično nepodajno. V tabeli spodaj podajamo projektne nosilnosti kolov. V izračunu projektne nosilnosti smo upoštevali kohezijsko trdnost hribine $c_u = 1500$ kPa ter prostorninsko težo zemljine $\gamma = 20$ kN/m³.

Premer D (m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost Q (kN)	4209	6482	9200	14069

Za to fazo načrtovanja smo okvirno ovrednotili projektni odpor tal pod plitvim pasovnim temeljem: $r_d > 1000$ kPa. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: B x L = 4,50 m x 15,0 m, D = 2,0 m, ekscentričnost sile $e_B = 0,67$ m, temeljna tla: $\gamma' = 22$ kN/m³, $c = 7$ kPa, $\phi = 32^\circ$.

10.21 Predor Šmarje od km 7,3 + 00 do km 8,6 + 00

Po podatkih geoloških profilov bodo dela na predvkih in portalih potekala delno v kompaktnih flišnih kamninah, delno v preperelem flišu, v zgornjem delu pa tudi v deluvialnih gruščih in glinah.

Brežine v takšnih materialih oblikujemo v sledečih naklonih:

	Trajne brežine	Začasne brežine
• v kompaktnem flišu	2 : 1	2 : 1
• v preperelem flišu	1 : 1,5 do 1 : 1	1 : 1
• v deluvialnih glinah in gruščih	1 : 2	1 : 1,5

Predvidene so berme na višini etaže 7 m. Strmejšje trajne brežine bo potrebno varovati s sidranimi podpornimi konstrukcijami (sidrane brane), strmejšje začasne brežine pa bo potrebno varovati s ustreznimi podpornimi ukrepi, ki se jih prilagodi konkretnim razmeram na terenu.

Vzhodni portal

Na območju vzhodnega portala je naravno pobočje oblikovano v spodnjem delu v naklonu do 57°, v zgornjem delu pa približno 30°. Višje dele pobočja prekriva tanjša plast deluvija, ocenjene debeline do 2 m. V spodnjih, strmejših delih, je proces erozije odstranil preperinski pokrov, tako da izdanjajo preperele flišne kamnine. Globino preperevanja fliša ocenjujemo, na osnovi raziskovalnih vrtina na 4 m do 5 m. Naravno pobočje je globalno stabilno. Predvideli smo vkopne brežine v spodnjem delu v naklonu 2 : 1, v zgornjem delu pa 1 : 1. Takšne brežine niso stabilne, zato jih bo potrebno dodatno varovati.

Trasa desnega pasu HC poteka na odseku med km 7,2+80 (P365) do portalne konstrukcije v km 7,3+80 (P369) po hudourniški grapi in sicer delno v nasipu in delno v vkopu. Na odseku od km 7,3+80 do km 7,5+40 je hudourniška grapa v območju nizkega nadkritja predora. Predlagamo, da se vodotok zajezi s pregrado v km 7,5+40. Vodo se spelje po cevi premera 1000 mm po grapi do portalne konstrukcije, od tu naprej pa v odprtem kanalu do konca viadukta (km 7,2+80), kjer se zlije v naravno strugo hudournika. Struga potem poteka pod viaduktom.

Zahodni portal

Inženirsko geološke razmere na zahodnem portalu so zelo podobne tistim na vzhodnem. Debelina deluvialnih glin in gruščev, je zaradi platoja nad hudourniško grapo precej večja in dosega, po podatkih vrtine PŠM-2, do 6 m. Spodnji del pobočja, je oblikovan v naklonu do 54°. Predvideli smo vkopne brežine v spodnjem delu v naklonu 2 : 1, v zgornjem delu pa 1 : 1, ki jih bo potrebno še dodatno varovati, saj v takem naklonu niso stabilne.

Trasa desnega pasu HC poteka od portalne konstrukcije km 8,5+76 do km 8,7+00 (P435) po hudourniški grapi. Grapa na tem mestu zavije proti levemu pasu HC. Levi pas HC sledi strugi do km 8,8+60 (P443). Na odesku med km 8,5+00 in km 8,5+86 (P430) je predvidena regulacija struge hudournika. Med P430 in P431 (km 8,6+00) je predviden prepust pod desnim pasom HC. Regulirana struga hudournika nato poteka med obema voznima pasovoma do profila P437, kjer je predviden prepust pod levim voznim pasom. Od tu naprej poteka regulirana struga hudournika po levi strani HC do km 8,8+40 (P442).

Predorski cevi

Ocenjujemo, da bo v večjem delu predorskih cevi prevladovala subhorizontalna plastovitost, z menjavanjem plasti peščenjaka, glinovca, meljevca in laporovca. Po podatkih vrtin bo v vzhodnem delu predora 48 % peščenjaka, pri povprečnem RQD 29 %. V zahodnem delu je kar 64 % peščenjaka, vrednost RQD pa samo 9 %.

Flišne kamnine so v splošnem vodotesne, v njih ne sledimo zveznega nivoja podtalnice. Pojavi vode so vezani na razpoke in plasti peščenjaka. Zaradi tega med izkopom predorskih cevi ne pričakujemo velikih dotokov. Možni so pojavi mezenja, kapljanja in manjši lokalni izviri.

Glede na predvidene inženirsko geološke razmere lahko traso predor razdelimo:

- Vzhodna stran – predvkop:
 - Leva cev do P 365
 - Desna cev do P 374

- Do P389: kompaktne flišne kamnine, s horizontalno plastovitostjo. Povečana verjetnost dotokov vode do P385 + 10 m, zaradi vodotoka na desni strain. Od P385 + 10 m do P386 + 10 m povečana verjetnost dotokov vode zaradi vodotoka nad predorskimi cevmi. Območje nadkritja 16 m do 70 m.

- Od P389 do P393: povečana verjetnost pojavljanja plasti z vpadom med 30° in 90°. Hkrati to območje sovпада z območjem povečane verjetnosti dotokov vode, zaradi vodotoka nad predorskimi cevmi. Območje nadkritja do 70 m do 90 m.

- Od P393 do P417: kompaktne flišne kamnine, s horizontalno plastovitostjo. Povečana verjetnost dotokov vode od P410 do P413, zaradi vodotoka nad predorskimi cevmi. Območje nadkritja 52 m do 120 m.

- Od P417 do P430: kompaktne flišne kamnine s subhorizontalno plastovitostjo. Povečana verjetnost dotokov vode med P419 in P420, zaradi vodotoka nad predorskimi cevmi, ter med P422 in P428 zaradi vodotoka na desni strain. Območje nadkritja 12 m do 52 m.

Po podatkih prognoznega IG profila se bodo preperle flišne kamnine pojavljale le v območju predvkopov.

Menimo, da izvedba predora ne bo problematična. Trasa predora leži v kompaktnih flišnih kamninah z relativno dobrimi geomehanskimi lastnostmi. Višina nadkritja se spreminja od 16 m do 120 m. Zveznega nivoja podtalnice v fliših nismo registrirali. Zaradi tega ne pričakujemo večjih dotokov vode v izkope, razen v primeru intenzivnih padavin, ko se bodo meteorne vode precejale skozi razpoklinske sisteme. Pričakovane deformacije sten predorskih cevi so milimeterskega velikostnega reda, v območju tektoniziranega materiala do centimeterskega velikostnega reda.

Pri gradnji predora pričakujemo težave lokalnega značaja, ki so vezane na:

- porušitve strukturnih klinov in blokov lokalno oslabiljene cone, vezane na sisteme diskontinuitet,
- kapljanje in dotekanje vode v območjih pod strugami vodotokov, ki bo intenzivnejše v padavinskih obdobjih.

Deformacije površja nad predorskimi cevmi bodo milimeterskega velikostnega reda, zato ne pričakujemo funkcionalnih poškodb na objektu nad predorom. Do poškodb objektov lahko pride zaradi udarnih valov in vibracij pri izvajanju minerskih del. Temu bo potrebno podrediti tehnologijo izkopa. V nadaljevanju podajamo klasifikacijo hribine vzdolž predorske cevi, glede na možne načine porušitve:

Območje	Klasifikacija (Tip obnašanja)	Opis
P374 – P389	BT2 40 %	Stabilna hribina; možnost rušenja manjših lokalnih blokov in klinov zaradi težnosti, ali težnostnih zdrsov blokov
	BT7 40 %	Možnost za zruške večjih volumnov in progresivnih strižnih porušitev. Navadno povezano z nizko horizontalno napetostjo in majhno povezanostjo med sloji
	BT3 20 %	Plitva strižna porušitev, ki nastane zaradi obremenitve, v kombinaciji z gravitacijsko in z diskontinuitetami pogojeno porušitvijo
P389 – P393	BT4 40%	Globoke strižne porušitve in velike deformacije, nastale zaradi obremenitev
	BT7 40 %	Možnost za zruške večjih volumnov in progresivnih strižnih porušitev. Navadno povezano z nizko horizontalno napetostjo in majhno povezanostjo med sloji
	BT3 20 %	Plitva strižna porušitev, ki nastane zaradi obremenitve, v kombinaciji z gravitacijsko in z diskontinuitetami pogojeno porušitvijo
P393 – P417	BT2 60 %	Stabilna hribina; možnost rušenja manjših lokalnih blokov in klinov zaradi težnosti, ali težnostnih zdrsov blokov
	BT6 20 %	Uklanjanje (upogib) tankih kamninskih plošč, ki jih omejujejo gost sistem razpok. Pogosto skupaj s strižno porušitvijo
	BT3 20 %	Plitva strižna porušitev, ki nastane zaradi obremenitve, v kombinaciji z gravitacijsko in z diskontinuitetami pogojeno porušitvijo
P417 – P427	BT2 40 %	Stabilna hribina; možnost rušenja manjših lokalnih blokov in klinov zaradi težnosti, ali težnostnih zdrsov blokov
	BT7 40 %	Možnost za zruške večjih volumnov in progresivnih strižnih porušitev. Navadno povezano z nizko horizontalno napetostjo in majhno povezanostjo med sloji
	BT3 20 %	Plitva strižna porušitev, ki nastane zaradi obremenitve, v kombinaciji z gravitacijsko in z diskontinuitetami pogojeno porušitvijo

Pri izkopu predorskih cevi bo potrebno posebno pozornost nameniti nabreklijivosti materialov. Flišni glinovci in meljevci so pogosto podvrženi nabrekanju, ki je posebej izrazito v primerih, ko je material zdrobljen in namočen. Do takšnega pojava lahko pride zaradi transporta težke gradbene mehanizacije. **Predlagamo, da se zaradi tega vgradi talni obok.**

10.22 Prepust 15 v km 8,6 + 10

Na brežini nad škatlastim prepustom dimenzij 2 x 2 m in dolžine 30 m je bila izvrtana vrtina PŠM-2/08. Teren gradi preperel flišni lapor, ki z globino prehaja v kompaktnega. Predlagamo plitvo temeljenje prepusta, na temeljni plošči, v preperem flišnem laporju. Nosilnost tal je več kot zadostna, posedkov pod prepustom praktično ne bo.

10.23 Prepust 17 v km 8,7 + 64

Trasa na tem pododseku poteka v nasipu višine do 4,5 m. V bližini lokacije škatlastega prepusta tlorisnih dimenzij 3,60 x 22,55 m ni izvrtana nobena vrtina, predvidevamo pa, da se pod površjem nahaja 2-3 m debel sloj preperine flišnega laporja – spremenjene v zaglinjen grušč, globlje pa se nahaja preperel flišni lapor. Predlagamo plitvo temeljenje prepusta, na temeljni plošči, v zaglinjenem grušču preperine flišnega laporja. Nosilnost tal je več kot zadostna, posedki pod cestnim nasipom bodo velikostnega reda 1 cm.

10.24 Viadukt 6 – 6 od km 9,4 + 50 do km 9,8 + 30

Viadukt 6-6 Ravne predstavljata dva vzporedna objekta, dolžine 386,92 m oziroma 381,30 m. Oba imata po trinajst (13) podpor, razponi med podporami znašajo 33,0 m, razen krajnjih dveh razponov, ki znašata 25,0 m.

Na lokaciji viadukta je teren neprehoden - gosto zaraščen z drevjem in grmovjem, zato v tej fazi načrtovanja ni bila izvedena niti ena sonda. Za dostop z vrtalno garnituro bi bilo potrebno posekati drevice, grmovje in izdelati dostopno pot v dolžini 100 – 200 m, za kar bo potrebno doseči dogovor z lastnikom zemljišča.

Sestavo tal smo prognozirali na podlagi vrtine KT-4 (km 9,1) ter dinamične penetracijske sonde DP-10 (km 9,9 + 20), predvsem pa na podlagi inženirsko geološkega kartiranja terena. Viadukt Ravne prečka večjo erozijsko dolino površinskega vodotoka potoka Derešnjak. Dolino na tem delu prekrivajo več metrov debele plasti deluvialnih zaglinjenih gruščev flišne preperine. Pod gruščmi se nahaja še nekaj metrov debel sloj delno preperelega fliša, kompaktno podlago predstavlja flišni lapor, lahko tudi peščenjak, ki se predvidoma nahaja v globinah med 5 in 10 m pod površjem.

V tej fazi raziskav predlagamo globoko temeljenje na pilotih dolžine 8 – 15 m. Nosilnost pilotov v kompaktnem peščenjaku in laporju bo več kot zadostna, temeljenje bo praktično nepodajno. V tabeli spodaj podajamo okvirne projektne nosilnosti kolov, ki smo jih izvrednotili upoštevaje kohezijsko trdnost kompaktnega laporja $c = 1\,500$ kPa.

Premer D (m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R (kN)	3927	5938	8274	12308

Tudi pri polni izkoriščenosti nosilnosti pilotov bodo posedki pod piloti znašali pod 1 cm.

10.25 Podvoz 3 - 4 v km 10,3 + 00

Na lokaciji načrtovanega podvoza je bila izvrtana sondažna vrtina KDR-19/08. Do globine 3,2 m se nahaja umetni nasip (grušč, gline z gruščem), raščena tla pa do globine 11,4 m gradijo poltrdne in trdne peščene gline. Globlje se nahaja preperel peščen lapor, ki z globino preide v kompakten peščen lapor. Podtalnica se je med raziskavami (poleti 2008) nahajala 9 m pod površjem.

Podhod se lahko temelji plitvo, na pasovnih temeljih, ki bodo segali v poltrdne gline.

Za to fazo načrtovanja objektov smo okvirno ovrednotili projektni odpor tal pod temelji, ki znaša $r_d = 602$ kPa. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: $B \times L = 2,6 \text{ m} \times 27 \text{ m}$, $D = 3,0 \text{ m}$, ekscentričnost sile $e_B = 0,30 \text{ m}$, temeljna tla: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 150 \text{ kPa}$. Predlagamo, da se pod temelje vgradi 0,5 m debela prodna blazina. S tem ukrepom se poveča projektni odpor tal na $r_d = 783 \text{ kPa}$.

V kolikor bi podvoz preprojektirali v zaprti okvir, bi bilo možno tudi temeljenje na temeljni plošči. V tem primeru bo temeljenje izvedeno v umetnem nasipu (peščena glina težko gnetne do poltrdne konsistence, s kosmi gruščja). Pod temelje naj se vgradi 0,3 - 0,5 m debela prodna blazina. Projektni odpor tal pod temeljno ploščo znaša $r_d = 324 \text{ kPa}$. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: $B \times L = 7,5 \text{ m} \times 27 \text{ m}$, $D = 1,0 \text{ m}$, ekscentričnost sile $e_B = 0$, temeljna tla: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 80 \text{ kPa}$.

10.26 Most 5 - 5 v km 10,9 + 40

Sondažna vrtina KDR-20/08 je bila izvrtana na lokaciji načrtovanega mostu. Do globine 3,4 m tla gradijo peščeni in zaglinjeni gruščji peščenjaka, nato pa do globine 10,9 m zasledimo močno zaglinjen grušč preperlega fliša v zelo gostem stanju. Pod gruščem se nahaja preperel lapor rjavo sive barve, na globini 13 m pa peščen lapor sive barve. Podzemna voda se je med vrtanjem nahajala 8,3 m pod površjem.

Glede na ugotovljeno sestavo tal bi bilo mogoče plitvo temeljenje mostu približnih tlorisnih dimenzij $21,3 \times 32,3 \text{ m}$. Dno pasovnih temeljev bi se nahajalo na koti 42,5 m, temeljenje bi bilo izvedeno v močno zaglinjenih gruščjih preperlega fliša. Za to fazo načrtovanja objektov smo okvirno ovrednotili projektni odpor temeljnih tal, ki znaša $r_d = 1500 \text{ kPa}$. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: $B \times L = 3,0 \text{ m} \times 31,0 \text{ m}$, $D = 3,0 \text{ m}$, ekscentričnost sile $e_B = 0,30 \text{ m}$, temeljna tla: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 32^\circ$. Predlagamo, da se pod temelje vgradi 0,3 m debela prodna blazina.

V kolikor pa nosilnost plitvih temeljev ne bi zadoščala za konkreten most, smo izvedli še globoko temeljenje, na uvrtnih AB kolih, vpetih 2 do 3 premere kola v lapor. Koli bodo tako dolgi ca 9 m, dno kolov bo na koti 33 m n.m. Podajamo projektno tlačno nosilnost kola, vpetega v lapor, upoštevaje kohezijsko trdnost laporja $c = 1500 \text{ kPa}$.

Premer D (m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R (kN)	4187	6428	9094	13834

Posedek kola premera 1,2 m pri polno izkoriščeni projektni nosilnosti ocenjujemo na 0,5 cm.

10.27 Nadhod za divjad v km 11,1 + 00 na glavni trasi HC

Vrtina KDR-20/08 se nahaja 130 m po stacionaži nazaj od nadhoda, vrtina KDR-20a/08 pa 110 m po stacionaži naprej. Slabša je sestava tal v vrtini KDR-20a, zato pogoje temeljenja v tej fazi načrtovanja napovedujemo na podlagi te vrtine. Do globine 12 m pod površjem se nahajajo poltrdne in trdne mastne in peščene gline. Preperina laporja, spremenjena v zaglinjen grušč, sega do globine 17 m pod površje, globlje pa se nahaja srednje penetrabilen lapor.

Nadhod na glavni trasi HC je zasnovan kot okvirna konstrukcija, dolžine ca 50 m in širine 36 m. Na lokaciji desne podpore bodo geotehnični pogoji predvidoma slabši kot na območju leve podpore. Verjetno bo tik pod površjem sloj mehkih aluvialnih glin, lapor pa se bo predvidoma pojavil globlje kot na območju leve podpore.

Da ne bi prišlo do prevelikih diferenčnih posedkov med obema podporama, predlagamo globoko temeljenje, na AB kolih, uvrtnih v kompakten lapor. Koli bodo predvidoma dolgi 18 m (podpora levo) oziroma 24 m (podpora desno).

Premer D	(m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R	(kN)	2432	4164	6345	10460

Podajamo projektno tlačno nosilnost kola, vpetega v lapor (v skladu z ENV7). V izračunu smo za lapor upoštevali kohezijsko trdnost $c = 1\,200$ kPa ter negativno trenje po plašču kola v dolžini 12 m (upoštevali smo adhezijo $c_a = 40$ kPa, $\varphi = 0$, torni količnik $\text{tg } \delta = 0,1$).

Posedek kola premera 1,5 m pri polno izkoriščeni projektni nosilnosti ocenjujemo pod 1 cm.

10.28 Nadhod za divjad na deviaciji 1-18 (v km 11,1 + 00 glavne trase HC)

Na deviaciji 1-18 je prav tako načrtovan nadhod za divjad: ločna konstrukcija dolžine ca 50 m in širine ca 10 m. Teren na tej lokaciji gradijo zaglinjeni grušči preperine fliša, v zelo gostem stanju. Ločna konstrukcija naj se temelji na temeljni plošči, v kolikor pa bi se odločili za škatlasto konstrukcijo, bi bilo mogoče tudi temeljenje na pasovnih temeljih. Okvirno vrednotimo projektni odpor tal pod pasovnimi temelji na $r_d = 1200$ kPa, za temeljno ploščo pa še več.

10.29 Nadvoz 4 - 7 v km 11,2 + 40

Sondažna vrtina KDR- 20a/08 se nahaja tik ob načrtovanem nadvozu. Do globine 10 – 12 m se nahajajo aluvialne peščene gline, pretežno težko gnetne, pa tudi lahko gnetne konsistence, z globino prehajajo v zaglinjene flišne grušče. Kompaktno podlago gradi lapor sive barve. Podzemna voda se nahaja 4,0 m pod površjem.

Nadvoz z razponi med podporami 17,75 + 20,0 + 20,0 + 20,0 + 15,0 m naj se temelji globoko, na uvrtnih AB kolih, vpetih 2 do 3 premere kola v kompaktno podlago. Koli bodo tako dolgi večinoma 20 m, razen krajne podpore tik ob glavni trasi HC, kjer bodo koli predvidoma segali 15 m pod

niveleto HC. Podajamo projektno tlačno nosilnost kola, vpetega v lapor. V izračunu smo za lapor upoštevali kohezijsko trdnost $c = 1\,500$ kPa ter negativno trenje po plašču kola v dolžini 16 m (upoštevali smo adhezijo $c_a = 50$ kPa, $\varphi = 0$, torni količnik $\text{tg } \delta = 0,2$).

Premer D	(m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R	(kN)	2327	4304	6839	11688

Posedek kola premera 1,2 m pri polno izkoriščeni projektni nosilnosti ocenjujemo pod 1 cm.

10.30 Nadvoz 4 - 8 Padna v km 11,5 + 80

Sondažna vrtina KDR- 21/08 se nahaja v stacionaži 11,5 km glavne trase HC, kjer je bila v fazi terenskih preiskav predvidena lokacija nadvoza. 60 m od osi HC, v vznožju Padne, pa se nahaja še vrtina KDR-22/08. Do globine 10 – 12 m se nahajajo aluvialne peščene gline, pretežno težko gnetne, pa tudi lahko gnetne konsistence, z globino prehajajo v zaglinjene flišne gruščice. Kompaktno podlago gradi lapor sive barve. Podzemna voda se nahaja 4,0 m pod površjem.

Nadvoz z razponi med podporami 17,0 + 17,0 + 12,8 m naj se temelji globoko, na uvrtenih AB kolih, vpetih 2 do 3 premere kola v kompaktno podlago. Koli bodo tako dolgi 13 - 15 m. Podajamo projektno tlačno nosilnost kola, vpetega v lapor (v skladu z ENV7). V izračunu smo za lapor upoštevali kohezijsko trdnost $c = 1\,500$ kPa ter negativno trenje po plašču kola v dolžini 4 m (upoštevali smo adhezijo $c_a = 60$ kPa, $\varphi = 0$, torni količnik $\text{tg } \delta = 0,5$).

Premer D	(m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R	(kN)	3754	6082	8965	14331

Posedek kola premera 1,2 m pri polno izkoriščeni projektni nosilnosti ocenjujemo ca 0,5 cm.

10.31 Nadvoz 4 - 9 v km 12,1 + 44

Sondažna vrtina KDR- 24/08 se nahaja v stacionaži 12,154 km, torej 10 m od osi nadvoza. Do globine 15,15 m pod površjem tla gradijo težko gnetne in poltrdne peščene gline. Preperino fliša, spremenjeno v zaglinjen grušč, smo registrirali do globine 17 m, globlje se nahaja apnenec. Podzemno vodo smo med vrtnjem registrirali 16,0 m pod površjem, ki pa ne predstavlja pravega nivoja podtalnice. Le-ta se predvidoma nahaja 2 – 3 m pod površjem.

Nadvoz z razponi 18,0 + 28,0 + 18,0 m naj se temelji globoko, na uvrtenih AB kolih, vpetih 2 do 3 premere kola v kompaktno podlago. Koli bodo tako dolgi 17 - 20 m. Podajamo projektno tlačno nosilnost kola, vpetega v lapor (v skladu z ENV7). V izračunu smo za lapor upoštevali kohezijsko trdnost $c = 1\,500$ kPa ter negativno trenje po plašču kola v dolžini 15 m zaradi posedanja tal pod nasipi glavne trase ter priključnih nasipov na nadvoz. Upoštevali smo adhezijo $c_a = 60$ kPa, $\varphi = 0$, torni količnik $\text{tg } \delta = 0,5$.

Premer D	(m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R	(kN)	1650	3456	5820	10410

Posedek kola premera 1,2 m pri polno izkoriščeni projektni nosilnosti ocenjujemo ca 0,5 cm.

Glavna trasa HC naj bi se na predmetni lokaciji posedla do 15 cm, za pospešitev posedanja naj bi se izvedla preobremenitev (nasipi H = 3 m) za dobo 1 leta.

10.32 Prepust 1 v km 12,1 + 58

Na lokaciji prepusta tlorisnih dimanzij B x L = 6,3 m x 22,9 m je bila izvrtana vrtina KDR- 24/08. Do globine 15,15 m pod površjem tla gradijo težko gnetne in poltrdne peščene gline. Preperino fliša, spremenjeno v zaglinjen grušč, smo registrirali do globine 17 m, globlje se nahaja apnenec. Podzemno vodo smo med vrtanjem registrirali 16,0 m pod površjem, ki pa ne predstavlja pravega nivoja podtalnice. Le-ta se predvidoma nahaja 2 – 3 m pod površjem.

Predlagamo plitvo temeljenje prepusta. Za to fazo načrtovanja smo okvirno ovrednotili projektni odpor tal pod temeljno ploščo : $r_d = 229$ kPa. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: B x L = 6,3 m x 22,9 m, D = 1,1 m , ekscentričnost sile $e_B = 0$, temeljna tla: $\gamma' = 10$ kN/m³, $c_u = 57$ kPa. Pod temeljno ploščo naj se vgradi 30 cm debela plast uvaljanega tampona.

Na odseku trase, kjer se nahaja prepust, se bodo tla pod nasipi posedla ca 16 cm. Za pospešitev posedanja je predvidena izgradnja 3 m visokega preobtežbenega nasipa, ki naj bi deloval 1 leto.

10.33 Prepust v P 44 deviacije 1-20 (glavna trasa km 12,1 + 58)

V bližini prepusta se nahaja vrtina KDR- 24/08. Do globine 15,15 m pod površjem tla gradijo težko gnetne in poltrdne peščene gline. Preperino fliša, spremenjeno v zaglinjen grušč, smo registrirali do globine 17 m, globlje se nahaja apnenec. Podzemno vodo smo med vrtanjem registrirali 16,0 m pod površjem, ki pa ne predstavlja pravega nivoja podtalnice. Le-ta se predvidoma nahaja 2 – 3 m pod površjem.

Predlagamo plitvo temeljenje prepusta tlorisnih dimenzij 6,3 x 3,0 m. Za to fazo načrtovanja smo okvirno ovrednotili projektni odpor tal pod temeljno ploščo : $q_{rdop} = 237$ kPa. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: B x L = 3,0 m x 6,3 m, D = 1,1 m , ekscentričnost sile $e_B = 0$, temeljna tla: $\gamma' = 10$ kN/m³, $c_u = 57$ kPa. Pod temeljno ploščo naj se vgradi 30 cm debela plast uvaljanega tampona. Posedki pod prepustom bodo znašali do 5 cm.

10.34 Nadvoz 4 - 10 v km 12,8 + 10

Načrtovan nadvoz bo dolg 80 m, z razponi 25,0 + 30,0 + 25,0 m, priključna nasipa na nadvoz bosta visoka 3 m oziroma 5 m.

Na lokaciji nadvoza je bila izvrtana sondažna vrtina KDR- 24a/08. Do globine 8,2 m se nahajajo aluvialne peščene glin, mestoma s prodniki in gruščem peščenjaka, večinoma srednje gnetne konsistence, pa tudi težko gnetne do poltrdne. Sledijo do globine 16,6 m sloji zaglinjenega grušča preperelega peščenjaka ter glin z drobci peščenjaka. Globlje se nahaja kompakten peščen lapor. Podzemno vodo smo registrirali 2,60 m pod površjem.

Nadvoz naj se temelji globoko, na uvrtnih AB kolih, vpetih 2 do 3 premere kola v kompaktno podlago. Koli bodo tako dolgi 18 - 20 m. Podajamo projektno tlačno nosilnost kola, vpetega v lapor (v skladu z ENV7). V izračunu smo za lapor upoštevali kohezijsko trdnost $c = 1\,500$ kPa ter negativno trenje po plašču kola v dolžini 13 m zaradi posedanja tal pod nasipi glavne trase ter priključnih nasipov na nadvoz. Upoštevali smo adhezijo $c_a = 60$ kPa, $\varphi = 0$, torni količnik $\text{tg } \delta = 0,6$.

Premer D	(m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R	(kN)	1882	3745	6167	10844

Posedek kola premera 1,2 m pri polno izkoriščeni projektni nosilnosti ocenjujemo na 0,5 cm.

Glavna trasa HC naj bi se na predmetni lokaciji posedla do 15 cm, za pospešitev posedanja naj bi se izvedla preobremenitev (nasipi $H = 3$ m) za dobo 1 leta.

10.35 Prepust 2 v km 13,1 + 74

V bližini škatlastega prepusta ni bila izvrtana nobena vrtina, tako da sestavo tal povzemamo po vrtini KDR- 24a/08, ki je oddaljena 370 m. Do globine ca 5 m se nahajajo aluvialne peščene glin, mestoma s prodniki in gruščem peščenjaka, večinoma srednje gnetne konsistence, pa tudi težko gnetne do poltrdne. V večjih globinah se nahajajo zaglinjeni grušči preperelega peščenjaka. Kompakten lapor naj bi se nahajal že na 10 m pod površjem. Podzemno vodo smo registrirali 2,60 m pod površjem.

Predlagamo plitvo temeljenje prepusta. Za to fazo načrtovanja smo okvirno ovrednotili projektni odpor tal pod temeljno ploščo : $r_d = 280$ kPa. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: $B \times L = 3,6 \text{ m} \times 31,5 \text{ m}$, $D = 1,8 \text{ m}$, ekscentričnost sile $e_B = 0 \text{ m}$, temeljna tla – srednje in težko gnetne glin: $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 71$ kPa. Pod temeljno ploščo naj se vgradi 30 cm debela plast uvaljanega tampona.

Na odseku trase, kjer se nahaja prepust, se bodo tla pod nasipi posedla do 15 cm. Za pospešitev posedanja tal je predvidena izgradnja 3 m visokega preobtežbenega nasipa, ki naj bi deloval 1 leto.

10.36 Prepust 25 v km 13,5 + 80

V bližini škatlastega prepusta se nahaja sondažna vrtina KDR- 25a/08, ki je oddaljena 40 m. Do globine 15 se nahajajo deluvialne peščene glin, mestoma s prodniki in gruščem peščenjaka, pretežno težko gnetne konsistence, z globino prehajajo v grušče. Kompaktno podlago gradi peščen lapor sive barve. Podzemna voda se nahaja 8,0 m pod površjem.

Predlagamo plitvo temeljenje prepusta tlorisnih dimenzij 3,0 x 31,0 m. Temeljna plošča bo izvedena v težko gnetnih glinah s prodniki. Za to fazo načrtovanja smo okvirno ovrednotili projektni odpor tal pod temeljno ploščo : $q_{fdop} = 310$ kPa. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: $B \times L = 3,0$ m x 31,0 m, $D = 1,5$ m, ekscentričnost sile $e_B = 0$ m, temeljna tla težko gnetne glin: $\gamma' = 10$ kN/m³, $c_u = 80$ kPa. Pod temeljno ploščo naj se vgradi 30 cm debela plast uvaljanega tampona. Na odseku trase, kjer se nahaja prepust, se bodo tla pod nasipi posedla do 10 cm.

10.37 Nadhod za divjad v km 13,6 + 70

V neposredni bližini načrtovanega nadhoda je bila izvedena vrtina KDR- 25a/08. Do globine 15 se nahajajo deluvialne peščene glin, mestoma s prodniki in gruščem peščenjaka, pretežno težko gnetne konsistence, z globino prehajajo v grušče. Kompaktno podlago gradi peščen lapor sive barve. Podzemna voda se nahaja 8,0 m pod površjem.

Nadhod je zasnovan kot ločna konstrukcija z razponom 40,40 m, zato predlagamo globoko temeljenje na uvrtnih AB kolih, vpetih 2 do 3 premere kola v kompaktno podlago. Koli bodo tako dolgi ca 18 m. Podajamo projektno tlačno nosilnost kola, vpetega v lapor (v skladu z ENV7). V izračunu smo za lapor upoštevali kohezijsko trdnost $c = 1\ 500$ kPa.

Premer D (m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R (kN)	2607	4652	7255	12204

Posedek kola premera 1,5 m pri polno izkoriščeni projektni nosilnosti ocenjujemo na 12 mm.

10.38 Nadhod za divjad v km 14,3 + 50

V bližini predvidenega nadhoda ni bila izvrtana nobena vrtina, tako da sestavo tal povzemamo po vrtinah KDR-25b (izvrtana v km 14,100) in KDR-26a/08 (izvrtana v km 14,480). Do globine 7 m se nahajajo aluvialne mastne glin, srednje do težko gnetne konsistence. Sledijo do globine ca 13 m sloji lahko do srednje gnetnih mastnih in peščenih glin, mestoma s prodniki in gruščem peščenjaka. V večjih globinah se nahajajo peščene in mastne glin poltrdne konsistence ter močno zaglinjeni flišni grušči, preperel lapor se predvidoma nahaja v globini 30 m pod površjem. Podzemna voda se nahaja 3 m pod površjem.

Nadhod je zasnovan kot škatlasta konstrukcija z razponom ca 25 m, zato predlagamo globoko temeljenje na uvrtnih AB kolih, vpetih 2 do 3 premere kola v kompaktno podlago. Koli pod levo podporo bodo tako dolgi 32,50 m, pod desno podporo pa 37,00 m (podlaga pada od leve proti desni za ca 5°). Podajamo projektno tlačno nosilnost kola, vpetega v lapor (v skladu z ENV7). V izračunu smo za lapor upoštevali kohezijsko trdnost $c = 1\ 500$ kPa, zaradi posedanja tal pod nasipom glavne trase pa smo upoštevali tudi negativno trenje po plašču kola v dolžini 13 m. Upoštevali smo adhezijo $c_a = 35$ kPa, $\phi = 0$, torni količnik $\tan \delta = 0,4$.

V primeru, da bo medosni razmak med koli 4,5 m, bo nosilnost posameznega kola premera 1,5 m $R = 10\,483$ kN. V kolikor medosni razmak zmanjšamo na 3,5 m, znaša nosilnost $R = 9\,805$ kN. Posedek kola premera 1,5 m pri polno izkoriščeni projektni nosilnosti ocenjujemo na ca 10 mm.

10.39 Podhod za dvoživke v km 14,6 + 80

V bližini podhoda (zaprta škatlasta konstrukcija) ni bila izvrtana nobena vrtina, tako da sestavo tal povzemamo po vrtini KDR-26a/08, ki je oddaljena 200 m. Do globine 7 m se nahajajo aluvialne mastne gline, srednje do težko gnetne konsistence. Sledijo do globine 16 m sloji lahko do srednje gnetnih mastnih in peščenih glin, mestoma s prodniki in gruščem peščenjaka. V večjih globinah se nahajajo peščene in mastne gline poltrdne konsistence, preperel lapor se nahaja 34 m pod površjem. Podzemno vodo smo registrirali 3,5 m pod površjem, ob neugodnih vremenskih razmerah se dvigne na nivo terena.

Predlagamo plitvo temeljenje podhoda, v srednje do težko gnetnih glinah. Projektni odpor tal pod temeljno ploščo smo ovrednotili na : $r_d = 195$ kPa. V izračunu smo upoštevali sledeče vhodne parametre: $B \times L = 3,6 \text{ m} \times 32,0 \text{ m}$, $D = 1,0 \text{ m}$, ekscentričnost sile $e_B = 0 \text{ m}$, temeljna tla – srednje in težko gnetne gline: $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 50 \text{ kPa}$. Pod temeljno ploščo naj se vgradi 30 cm debela plast uvaljanega tampona.

Na odseku trase, kjer se nahaja prepust, se bodo tla pod nasipi posedla do 15 cm. Za pospešitev posedanja tal je predvidena za 1 leto izgradnja 3 m visokega preobtežbenega nasipa.

10.40 Nadvoz 4 - 11 v km 14,0 + 90

Načrtovan nadvoz bo dolg 80 m, z razponi 25,0 + 30,0 + 25,0 m, priključna nasipa na nadvoz bosta visoka 4 m oziroma 6 m. Glavna trasa HC na tem mestu poteka v do 3 m visokem nasipu.

Na lokaciji nadvoza je bila izvrtana sondažna vrtina KDR- 25b/08. Pod 2,7 m debelo površinsko plastjo poltrdnih peščenih glin se do globine 11,4 m nahajajo pretežno srednje gnetne peščene gline. Sledijo menjaje sloji zaglinjenega grušča preperlega peščenjaka (mestoma razmočeni), peščene gline poltrdne in trdne konsistence ter zaglinjenih peskov do gruščev. Srednje penetrabilen peščen lapor se nahaja v globini 26,1 m pod površjem. Podzemno vodo smo registrirali 3,0 m pod površjem.

Nadvoz naj se temelji globoko, na uvrtnih AB kolih, vpetih 2 do 3 premere kola v kompaktno podlago, torej bodo segali ca 30 m pod obstoječe površje. Podajamo projektno tlačno nosilnost kola, vpetega v lapor (v skladu z ENV7). V izračunu smo za lapor upoštevali kohezijsko trdnost $c = 1\,500$ kPa ter negativno trenje po plašču kola v dolžini 9,5 m zaradi posedanja tal pod nasipi glavne trase ter priključnih nasipov na nadvoz. Upoštevali smo adhezijo $c_a = 50$ kPa, $\varphi = 0$, torni količnik $\text{tg } \delta = 0,5$.

Premer D (m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R (kN)	2925	5060	7758	12858

Posedek kola premera 1,2 m pri polno izkoriščeni projektni nosilnosti ocenjujemo na 0,6 cm.

10.41 Nadvoz 4-12 v km 15 + 148

Nadvoz 4-12 je temeljen na 5 podporah, razponi med podporami so 25,0 + 30,5 + 25,0 + 20,0 m. V bližini podpore »1« načrtovanega nadhoda je bila izvedena vrtina KDR- 26/08, ki je segala 45 m pod površje in ni dosegla kompaktne podlage. Do globine 9,5 m se nahajajo puste in peščene glin, pretežno težko gnetne in srednje gnetne konsistence, nato pa do globine 25,6 m sledijo sloji večinoma mastnih glin, mestoma peščenih glin in meljev, v lahko gnetnem, srednje gnetnem, mestoma tudi težko gnetnem konsistenčnem stanju. Od globine 25,6 m do končne globine vrtine 45 m se nahajajo poltrdne in trdne glin z drobcami laporja, vmes tudi do 2,5 m debela plast močno preperelega laporja. Podtalnica se nahaja 3 m pod površjem.

Končni posedki v osi priključnih nasipov bodo znašali 105 cm, pod nasipom v osi glavne trase pa 57 cm. Predvidena je pospešitev konsolidacije tal z vertikalnimi drenažami dolžine 22 – 25 m ter s preobtežbenim nasipom $H = 1,2$ m na glavni trasi HC, oziroma $H = 2,0$ m na priključnih nasipih nadvoza. V roku 1 leta naj bi se izvršilo 99 % posedkov.

Nadvoz naj se temelji globoko, na uvrtenih AB kolih, ki morajo segati vsaj 4 -5 m v sloj lapornatih glin trdne in poltrdne konsistence, torej bodo koli pod podporami 1, 2 in 3 segali vsaj 30 m pod nivo obstoječega površja. Piloti pod podporo 5 (mogoče tudi 4) bodo lahko že segali v lapornato podlago. **Kole bo potrebno izvajati šele po končani konsolidaciji tal pod nasipi glavne trase in deviacije 1-28. V nasprotnem primeru se bodo koli pod podporami 1, 2 in 3 posedali skupaj z nasipi, posedki kolov pod podporami 4 in 5 pa bodo minimalni.**

Za krajno podporo 1 ocenjujemo projektne nosilnosti kolov, upoštevaje nosilnost pod nogo (kohezija poltrdnih in trdnih glin $c = 430$ kPa) in trenje po plašču (specifična nosilnost po plašču v lahko do srednje gnetnih glinah $S_0 = 26,5$ kPa, v poltrdnih in trdnih glinah $S_0 = 150,8$ kPa)

Premer D (m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R (kN)	3057	4071	5162	6922

Za srednje podpore so projektne nosilnosti nekoliko višje:

Premer D (m)	0,8	1	1,2	1,5
Nosilnost R (kN)	3606	4827	6163	8372

Pri polni izkoriščenosti nosilnosti predvidevamo posedke kola med 25 in 45 mm.

11.0 PREDLOGI ZA GEOTEHNIČNE RAZISKAVE V VIŠJI STOPNJI NAČRTOVANJA

V višjih fazah načrtovanja trase HC s pripadajočimi objekti bo potrebno obstoječe raziskave nadgraditi. Predlagamo sledeče raziskave:

Objekti na trasi :

- za fazo IDP se zahteva vsaj ena sonda na lokaciji objekta, kar je večinoma že izvedeno v fazi IDP trase;
- za fazo PGD se predvideva na lokacijah nadvoзов in viaduktov vrtina pod vsako podporo, ki mora segati do hribinske podlage, če pa je predvideno temeljenje v hribini, naj sonda sega vsaj 4 m pod dno temelja. Za podvoze in mostove je potrebna po ena sonda na vsakem vogalu objekta – lahko 2 sondažni vrtini in 2 CPT, DMT ali DP sonde, za škatlaste prepusta pa po dve sonde na objekt.

Posebno opozorilo velja izvedbi raziskav za viadukt Ravne (6-6) od km 9,4+60 do km 9,8+30, kjer je teren gosto zaraščen z drevjem in grmovjem, za dostop z vrtalno garnituro bi bilo potrebno posekati drevje, grmovje in izdelati dostopno pot v dolžini 100 – 200 m, za kar je najprej potrebno doseči dogovor z lastnikom zemljišča.

Nasipi na trasi

Na pododsekih, kjer je za pospešitev konsolidacije temeljnih tal pod nasipi predvidena vgradnja vertikalnih drenaž in preobremenilni nasipi, predlagamo izvedbo in-situ preiskav vodoprepustnosti: CPT sonde z meritvami upada pornih tlakov, nalivalni preizkusi v vrtinah. Za natančnejši izračun posedkov pod nasipi naj se izvedejo še dilatometerske meritve.

Pokriti vkop Škocjan

Glede na obsežna zemeljska dela v portalnih območjih predora bo v višjih fazah izdelave projektne dokumentacije potrebno izvesti podrobnejše geološko – geotehnične raziskave, s katerimi bomo povečali zanesljivost prognoznih profilov.

V ta namen predlagamo izvedbo naslednjega programa GG raziskav:

Severni portal:.....	4 vrtine, globine do 15 m, 2 vrtini se opremi kot inklinometra;
Južni portal:.....	4 vrtine, globine do 15 m, 2 vrtini se opremi kot inklinometra;
Osrednji del predora:	3 vrtine v osi predorskih cevi, globine do 35 m.

V vrtinah naj se izvedejo presiometrične meritve in nalivalni poskusi, vzorci hribin naj se preiščejo v laboratoriju (enoosna tlačna trdnost, modul elastičnosti, nabrekljivost).

Predor Šmarje

Glede na obsežna zemeljska dela v portalnih območjih predora bo v višjih fazah izdelave projektne dokumentacije potrebno izvesti podrobnejše geološko – geotehnične raziskave, s katerimi bomo povečali zanesljivost prognoznih profilov.

V ta namen predlagamo izvedbo naslednjega programa GG raziskav:

Vzhodni portal:.....	4 vrtine, globine do 20 m, 2 vrtini se opremi kot inklinometra;
Zahodni portal:.....	4 vrtine, globine do 20 m, 2 vrtini se opremi kot inklinometra;
Osrednji del predora:	3 vrtine v osi predorskih cevi, globine do 130 m, 2 vrtini se opremi kot piezometra


V vrtinah naj se izvedejo presiometrične meritve in nalivalni poskusi, vzorci hribin naj se preiščejo v laboratoriju (enoosna tlačna trdnost, modul elastičnosti, nabrekljivost).

Ker je teren na območju predora večinoma gosto zaraščen z drevjem in grmovjem, bo za dostop z vrtalno garnituro potrebno posekati drevje, grmovje in izdelati dostopne poti, za kar bo najprej potrebno doseči dogovor z lastniki zemljišča.

Hidrogeološki monitoring

- Na odseku med km 10,9 in km 11,3 naj se izvedeta dve piezometrični vrtini za spremljavo gladine podzemne vode v dolini Drnice.
- Od km 11,4+80 do km 13,3+00 bo potrebno izvesti vsaj tri piezometrične vrtine za izvajanje delovnega monitoringa med in po izgradnji hitre ceste.

marec 2010

Obdelali: 
Mirjana Kraljič Kenk, univ.dipl.inž.grad.
Marko Kočevar, univ.dipl.inž.geol.
Marko Hoetzl, opr.Inž. 