

## PROJEKTNA NALOGA

za

**GEOLOŠKO GEOTEHNIČNO SPREMLJAVO GRADNJE DVOCEVNIH PREDOROV VODRIŽ IN PUSTA GORA TER VEČ GEOTEHNIČNIH OBJEKTOV NA TRASI SKLOPA E NA NOVI CESTNI POVEZAVI OD PRIKLJUČKA VELENJE JUG DO PRIKLJUČKA SLOVENJ GRADEC JUG (2. ODSEK SEVERNEGA DELA 3. RAZVOJNE OSI)**

### 1 UVOD

#### 1.1 Osnovna izhodišča

Projektna naloga zajema opis del, ki jih je potrebno izvesti v okviru geološko geotehnične spremljave gradnje sklopa E Velunja na severnem delu 3. razvojne osi, na odseku od priključka Velenje jug do priključka Slovenj Gradec jug. Sklop E zajema hitro cesto med km 5+118,50 in km 12+370,0. Na tem sklopu je načrtovanih 10 viaduktov, 41 podpornih in opornih konstrukcij in 2 dvocevna predora (Vodriž dolžine 760 m in Pusta gora dolžine 1.300 m), več obsežnih vkopov in nasipov. Pri gradnji bo zaradi čim manjšega vpliva gradnje na stabilnost potrebna stalna geološko geotehnična spremljava, ki bo usmerjala gradnjo in podajala pomembne podatke, ki vplivajo na ukrepe za zagotavljanje stabilnosti, hitrost napredovanja ter faznost del. Glede na kompleksnost gradnje tega zelo zahtevnega sklopa je treba poudariti tudi na zelo visoko tehnološko disciplino in upoštevanja faznosti gradnje.

Generalno lahko razpisana dela, ki so natančno navedena v priloženem popisu del, delimo v:

- geološko spremljavo pri izkopu dvocevnih predorov Vodriž in Pusta gora,
- geotehnične meritve, ki se bodo izvajale v območju predora in na portalnih območjih predora,
- geološko spremljavo na trasi sklopa E,
- geotehnične meritve, ki se bodo izvajale na trasi sklopa E,
- terenske preiskave (geotehnični objekti na predvzkopih in trasi).

V okviru geološke spremljave predorov in trase so predvidena naslednja dela:

- inženirsko geološko kartiranje (klasično ali fotogrametrično) izkopnega čela kalote, stopnice in izkopa za talni obok predora z geološko napovedjo razmer na podlagi predvrtavanja;
- inženirsko geološko kartiranje izkopnih površin pri izvedbi predvzkopov predorov in geotehničnih objektov;
- strukturno geološka spremljava s primerjalno analizo med napovedjo in dejanskim stanjem;
- odvzemi vzorcev zemljine in hribine za geomehanske, mineraloške in paleontološke laboratorijske preiskave
- izvedba vseh omenjenih laboratorijskih preiskav
- interpretacija rezultatov spremljave z geološko napovedjo razmer ter izdelava geološkega 3D modela

V okviru hidrogeološke spremljave gradnje so predvidena naslednja dela:

- spremljava stanja površinskih dotokov na območju portalov in stanja na lokacija vodnih dovoljenj v vplivnem območju;
- hidrogeološka spremljava količinskega stanja podzemne vode v predorih Vodriž in Pusta gora med gradnjo, vzorčenje podzemne vode ter kemijske analize na agresivnost na beton.
- dobava opreme in izvedba zveznih meritev nivoja podzemne vode v



piezometrih na površju predora za celoten čas gradnje; telemetrični prenos meritev na strežnik; enkrat mesečno ocena frekvence meritev;

V okviru geotehničnih meritev so predvidene naslednje aktivnosti:

- nabava, vgradnja in izvajanje meritev geotehničnih merskih profilov v predoru;
- geodetska izmera površin izkopa, primarne podpore in notranje obloge (fotogrametrija in lasersko skeniranje);
- geotehnične in geodetske meritve na površini ter na območju predvkopov in portalnih konstrukcij ter na določenih geotehničnih objektih sklopa E;
- vodenje geotehnične spremljave in interpretacija podatkov meritev z analizo potrebnih ukrepov (geotehnični nadzornik);
- izdelava strukturnih geomehanskih vrtin z izvedbo SPT in presiometriških preiskav na območju geotehničnih objektov sklopa E. Opomba: Izvajalec gradbenih del zagotovi pripravo dostopnih poti;
- izvedba kontinuiranih meritev vibracij na objektih v območju gradnje predora z ničelnim in končnim pregledom objektov.

Poleg navedenih aktivnosti bo naloga izvajalca geološko geotehnične spremljave vzpostavitev okolja za nalaganje rezultatov meritev. Pri vgradnji merskih elementov bo izvajalec gradnje sklopa E (predorov Vodriž in Pusta gora ter vkopov in nasipov) nudil vrtanje in tehnično pomoč pri vgrajevanju merske opreme.

Izvajalec mora predhodno izdelati tehnološki elaborat spremljave, ki ga odobri inženir, in pripraviti geotehnični varnostni načrt.

Podlaga za izdelavo projektne naloge je bil PZI Nova cestna povezava od priključka Velenje jug do priključka Slovenj Gradec jug (2.odsek) Sklop E – Velunja, št. projekta 1493E, s poudarkom na naslednjih načrtih in elaboratih:

- Načrt predora 8-02 Vodriž, št. načrta: ic 150/19, oktober 2023, št. projekta 1493H
- Načrt predora 8-03 Pusta gora, št. načrta: ic 149/19, oktober 2023, št. projekta 1493H;
- Elaborat razstreljevanja v času gradnje predora 8-02 Vodriž, št. načrta: 1493E-EL-11-14, oktober 2023, št. projekta 1493E;
- Elaborat razstreljevanja v času gradnje predora 8-03 Pusta gora, št. načrta: 1493E-EL-11-17, oktober 2023, št. projekta 1493E;
- Elaborat tehnologije gradnje predora 8-02 Vodriž, št. načrta: 1493E-EL-11-12, oktober 2023, št. projekta 1493E;.
- Elaborat tehnologije gradnje predora 8-03 Pusta gora, št. načrta: 1493E-EL-11-15, oktober 2023, št. projekta 1493E;
- Načrti podpornih konstrukcij
- Tehnične specifikacije za geološko geotehnično spremljavo gradnje predorov Pusta gora in Vodruž ter geotehničnih objektov na trasi sklopa E.

V nadaljevanju je definirano poimenovanje posameznih akterjev, ki nastopajo pri gradnji predora:

- izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora vodi geološko- geotehnično spremljavo, interpretira rezultate meritev ter preverja ustreznost projektnih rešitev glede na geotehnične razmere. V ekipo geotehničnega inženirja spadajo geolog, hidrogeolog, geodet, inženir geotehničnih meritev in geotehnik, ki je hkrati tudi geotehnični nadzornik (v Uredbi o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji imenovan kot geotehnični nadzornik).

- projektant je avtor načrtov za gradnjo predorov Vodriž in Pusta gora in drugih posameznih načrtov, ki se uporabljajo kot podlaga za izvedbo geološko geotehnične spremljave, in skupaj z geotehničnim nadzornikom spremlja gradnjo in predlaga morebitne spremembe projektnih rešitev;
- izvajalec gradnje je podjetje, ki je izbrano za gradnjo sklopa E;
- naročnik je investitor vseh izvedbenih del v okviru gradnje sklopa E;
- inženir je predstavnik naročnika, ki vodi in koordinira gradnjo sklopa E;
- nadzor je oseba, ki izvaja stalni nadzor pri gradnji razpisanega odseka.

## **2 SPLOŠNI PODATKI**

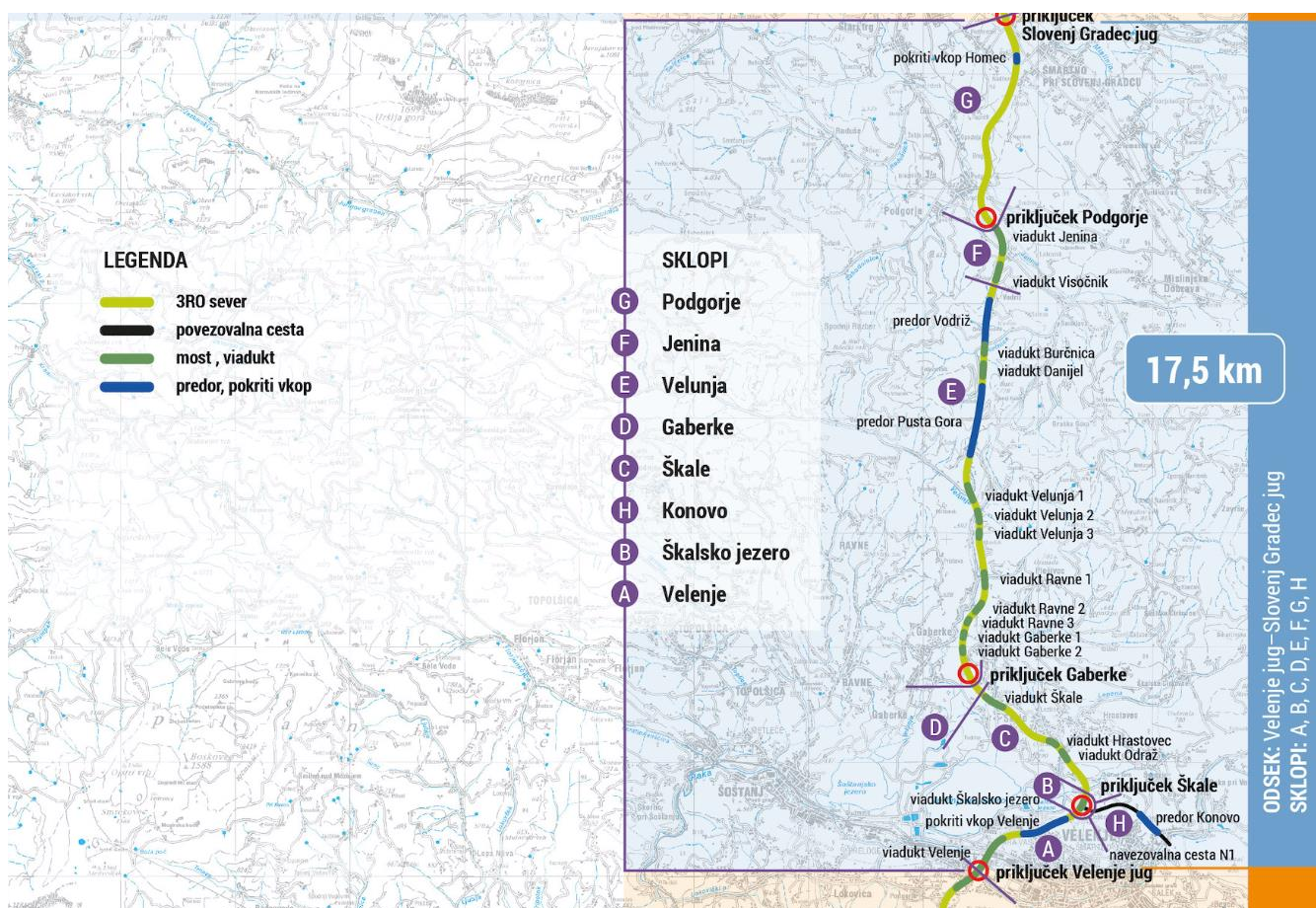
### **2.1 Splošni opis**

Skladno z Resolucijo o nacionalnem programu razvoja prometa v Republiki Sloveniji za obdobje do leta 2030 je predviden tudi ukrep povezave Koroške z avtocestnim sistemom, oz. podukrep nova povezava Slovenj Gradec –Velenje –A1.

Načrtovano državno cesto sestavljata štiripasovna cesta med priključkom Velenje jug in priključkom Slovenj Gradec jug (v nadaljnjem besedilu: štiripasovna cesta), v dolžini 17,5 km in dvopasovna navezovalna cesta N1 med Konovim in priključkom Škale (v nadaljnjem besedilu: navezovalna cesta), v dolžini 1,9 km. Predvidena je etapnost gradnje hitre ceste v osmih (8) etapah:

- A – Velenje
- B – Škalsko jezero
- C – Škale
- D – Gaberke
- E – Velunja
- F – Jenina
- G – Podgorje
- H – Konovo

Projektna naloga obravnava sklop E – Velunja, katere del sta tudi predor Pusta gora in Vodriž.



Slika 1 Prikaz razdelitve projekta 2. odseka na posamezne etape (vir: <https://www.dars.si>)

## 2.2 Podlage za izdelavo projekta za gradbeno dovoljenje

Projekt za gradbeno dovoljenje tako sloni na naslednjih projektnih osnovah:

- Uredba o državnem prostorskem načrtu za državno cesto od priključka Velenje jug do priključka Slovenj Gradec jug, Uradni list RS, št. 72 / 2013,
- Okoljevarstveno soglasje, št. 35402-24/2014-34, datum: 9. 6. 2015., Agencija Republike Slovenije za okolje,
- Projektna naloga za izdelavo projektne dokumentacije PGD in PZI za izgradnjo nove prometne povezave med priključkom Velenje jug do priključka Slovenj Gradec jug (2. odsek), DRI upravljanje investicij d. o. o., Ljubljana, november 2017,
- DGD Nova cestna povezava od priključka Velenje jug do priključka slovenj Gradec jug (2. odsek), sklop E - Velunja, J.V. Lineal d.o.o. + BPI d. o. o. + IRGO Consulting d.o.o., št. projekta: 1493E, januar 2021, dopolnitev maj 2023.
- Geološko geomehanski elaborat za hitro cesto, št. ic 199/19-3004497, IRGO Consulting d. o. o., oktober 2023 – po recenziji.

## 3 OBSEG GEOLOŠKO GEOTEHNIČNE SPREMLJAVE GRADNJE

Obseg geološko geotehnične spremljave gradnje je razdeljen na dva sklopa:

- spremljavo gradnje predorov Vodriž in Pusta gora vključno z gradnjo portalnih območij
- spremljavo gradnje trase.

### 3.1 Spremljava gradnje predorov Vodriž in Pusta gora

#### 3.1.1 Splošni podatki predorov

##### 3.1.1.1 Predor Vodriž

Predor Vodriž je cestni predor, ki je zgrajen med km 11+420,37 in 12+168,30 v dolžini 747,93 m (leva cev) in med 2+320,20 in 3+083,40 v dolžini 763,20 m (desna cev). Rudarski del predora znaša 698,59 m (leva cev) in 736,11 m (desna cev). Največja višina nadkritja znaša 96 m. V naslednji preglednici so podani splošni podatki o predoru.

Leva cev		Desna cev	
	stacionaža		stacionaža
končni portal	km 11+420,37	končni portal	km 2+320,20
začasni portal	km 11+438,52	začasni portal	km 2+334,66
začasni portal	km 12+137,11	začasni portal	km 3+070,77
končni portal	km 12+168,30	končni portal	km 3+083,40
izkopni del predora	698,59 m	izkopni del predora	736,11
celotna dolžina predorske cevi	747,93 m	celotna dolžina predorske cevi	763,20

Preglednica 1 Osnovi podatki predora Vodriž

##### 3.1.1.2 Predor Pusta gora

Predor Pusta gora je cestni predor, ki je zgrajen med km 9+481,10 in 10+786,50 v dolžini 1305,40 m (leva cev) in med 0+351,40 in 1+635,20 v dolžini 1283,80 m (desna cev). Rudarski del predora bo dolg 1260,00 m (leva cev) in 1256,24 m (desna cev). Največja višina nadkritja znaša 174 m. V naslednji preglednici so podani splošni podatki o predoru.

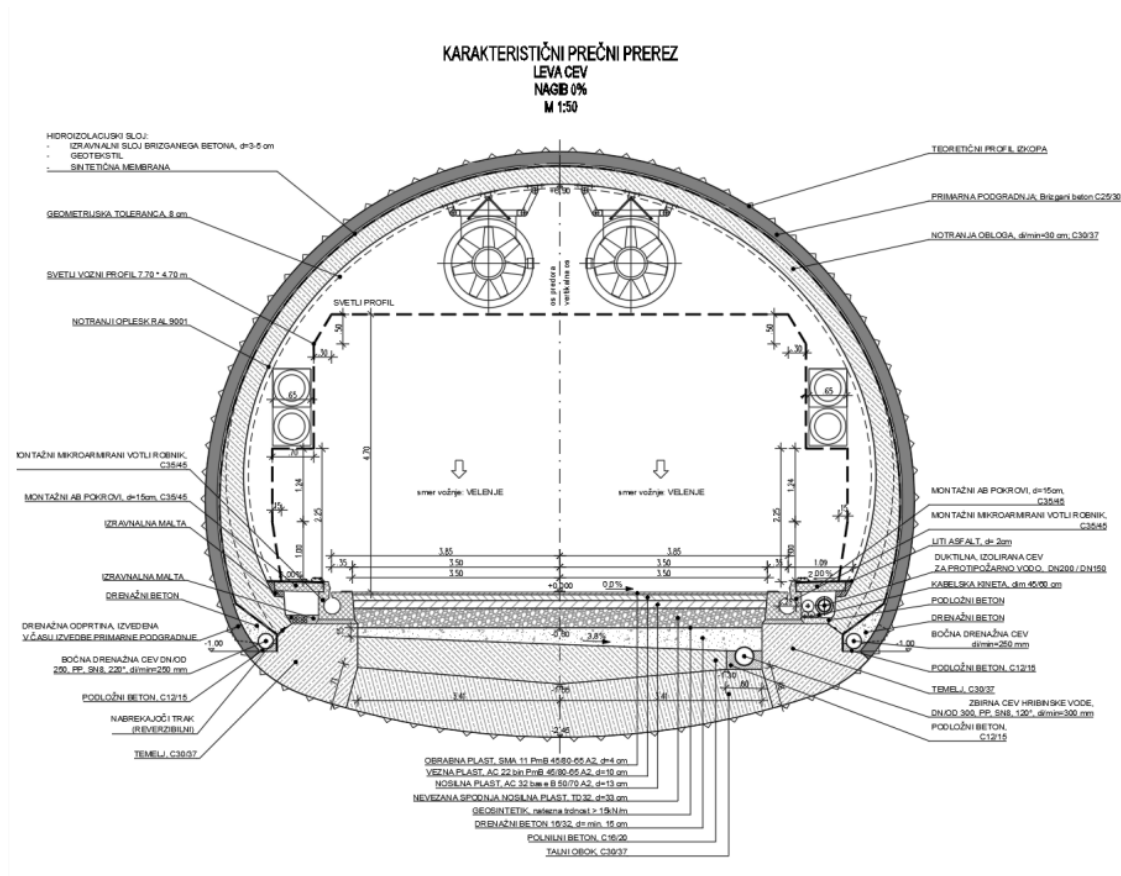
Leva cev		Desna cev	
	stacionaža		stacionaža
končni portal	km 9+481,10	končni portal	km 0+351,40
začasni portal	km 9+520,00	začasni portal	km 0+371,03
začasni portal	km 10+780,00	začasni portal	km 1+627,27
končni portal	km 10+786,50	končni portal	km 1+635,20
izkopni del predora	1.260,00 m	izkopni del predora	1.256,24
celotna dolžina predorske cevi	1.305,40 m	celotna dolžina predorske cevi	1.283,80
celotna dolžina predorske cevi	747,93 m	celotna dolžina predorske cevi	763,20

Preglednica 2 Osnovi podatki predora Vodriž



### 3.1.2 Prečni prerez predora

Prečni prerez predora je zasnovan skladno z Uredbo o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v RS in tehnično smernico RVS za definiranje potrebnih gabaritov predorov.



Slika 2 Karakterističen prečni prerez predora

## 3.2 Spremljiva gradnje trase

### 3.2.1 Splošni podatki trase

Sklop E zajema hitro cesto med km 5+118,50 in km 12+370,0. Na tem sklopu je načrtovanih 10 viaduktov, 41 podpornih in opornih konstrukcij in 2 dvocevna predora (Vodriž dolžine 760 m in Pusta gora dolžine 1.300 m), več obsežnih vkopov in nasipov. Pri gradnji bo zaradi čim manjšega vpliva gradnje na stabilnost potrebna stalna geološko geotehnična spremljava, ki bo usmerjala gradnjo in podajala pomembne podatke, ki vplivajo na ukrepe za zagotavljanje stabilnosti, hitrost napredovanja ter faznost del. Glede na kompleksnost gradnje tega zelo zahtevnega sklopa je treba posvetiti veliko pozornost zelo visoki tehnološki disciplini in upoštevanju faznosti gradnje.

V sklopu geološko geotehnične spremljave gradnje je predvidena spremljava naslednjih objektov:

Objekt		Stacionaža	Stacionaža		Vkop višina	Dolžina	Geologija	IG enota
		HC profil	od km	do km	m	m		
10-OK-53A	vkop	med HC-315 in HC-318	6,28	6,33	35	50	apnenci in dolomiti	IG4
10-OK-53B	vkop	med HC-326 in HC-329	6,49	6,57	35	80	apnenci in dolomiti	IG4
10-OK-53C	vkop	med HC-341 do HC-357	6,80	7,12	38	320	apnenci in dolomiti	IG4
10-OK-53D	vkop	med HC-367 in HC-382	7,32	7,62	46	300	tonalit	IG5
10-OK-53E	vkop	HC-389 do HC-398	7,76	7,94	37	180	tonalit, kontakt s peščenjakom	IG5, IG3b
10-OK-53F	vkop	HC-406 do HC-411+10	8,10	8,21	42	110	konglomerat in peščenjak	IG3c
10-OK-53H	vkop	HC-454 do HC_L-464	9,06	9,26	27	200	meljevci in peščenjaki	IG3b
10-OK-53i	vkop	HC-616D do HC-619D	3,18	3,24	22	60	konglomerat in peščenjak	IG3c
10-OK-44	branasta konstrukcija	HC-552D do 558D	1,9	2,03	25	130	Močno prepereli, zdrobljeni konglomerati, peščenjaki, konglomerati in peščenjaki	
10-PK-03	pilotna stena	HC-552D do 558D	1,91	2,02	10	113	Močno prepereli, zdrobljeni konglomerati, peščenjaki, konglomerati in peščenjaki	
6-05	viadukt	HC-430+3 in HC-446+7	6,46	6,756		Levi: 93,9 Desni: 296	konglomerati/peščenjaki	IG3c
6-06	viadukt	HC-410+16 in HC- 426+3	8,21	8,49		Levi: 278 Desni: 282	konglomerati/peščenjaki	IG3c
6-07	viadukt		7,97	8,11		levi: 135 desni: 106	konglomerati/peščenjaki	IG3c
6-08	viadukt		7,11	7,34		levi: 229 desni: 196	konglomerati/peščenjaki	IG3c

6-09	viadukt	HC-328 in HC-342	6,54	6,82		levi: 230 desni: 230	konglomerati/peščenjaki	IG3c
6-10	viadukt	HC316- in HC-328	6,3	6,54		levi: 198 desni: 156	konglomerati/peščenjaki	IG3c
6-11	viadukt		6,05	6,27		levi: 228 desni: 206	konglomerati/peščenjaki	IG3c
Dolina Burčnice		HC-548 do HC-558	10,94	11,14		120		
DOS 4	gradbiščna cesta	HC-291 do HC-317	5,8	6,3	36	120	apnenci in dolomiti, pliokvartarne zemljine	IG4, IG2
OK-50	leva brežina na južnem portalu predora Vodriž	HC_L-570-10 do HC_L- 572	11,37	11,42	16	50	miocenski skladi: meljevec, peščenjaki, konglomerati	
PK-02	podporna konstrukcija za plato na južnem portalu predora Vodriž	HC-570 do HC-573+6			11	67	peščenjak, konglomerat	
OK-06	severni portal predora Pusta gora, leva brežina		10,7	10,91	38,7	206	meljevec, peščenjaki, konglomerati	
OK-07	desna brežina severni portal predora Pusta gora	HC538D do HC544D	1,627	1,747	21	120	meljevec, peščenjaki, konglomerati	
PK-39			0,112	0,198	6	50	debelozrnati peščenjak, podrejeno konglomerat in meljevec	



OK-19	v sklopu devijacije D1-7 se nahaja nad južnim delom predora Pusta Gora 8-03	D7-9 do D7-19	0,12	0,249	13	128	debelozrnati peščenjak, podrejeno konglomerat in meljevec	IG3c1 IG3c2
-------	---	---------------	------	-------	----	-----	---	----------------

Opomba: objekti, označeni s sivo barvo, bodo spremljani v sklopu spremljave portalnih območij predorov, ostali objekti v sklopu spremljave gradnje trase sklopa E

**Preglednica 3 Seznam objektov, katerih gradnja bo spremljana v sklopu geološko geotehnične spremljave**

## 4 NAČRT SPREMLJAVE GRADNJE SKLOPA E

### 4.1 Splošno

Predmet razpisa je izvedba geološko-geotehnične in hidrogeološke spremljave pri gradnji predorov Pusta gora in Vodriž vključno z gradnjo portalnih območij ter spremljavo gradnje trase vključno s spremljavo gradnje dostopnih poti do podpor viaduktov ter na širšem območju doline Burčnice.

Glede na dejstvo, da so geološka spremljava in geotehnične meritve temeljne dejavnosti za uspešno gradnjo predorov, grajenih po konvencionalni metodi ter tudi za izgradnjo določenih geotehničnih objektov v območjih z zahtevnimi geološko geotehničnimi pogoji, se za ta dela pridobi neodvisno, usposobljeno ekipo strokovnjakov s področja geologije, gradbeništva, geodezije in geotehnike.

Nalogo izvajalca geotehnične spremljave gradnje predora bo opravljala skupina strokovnjakov naslednjih področij:

- inženirske geologije (za zagotavljanje stabilnosti izkopanega dela predora)
- hidrogeologije (za napoved in obvladovanje tlakov ter količine hribinske vode v predoru)
- geotehnike (za vodenje in koordiniranje del, za izvajanje geotehničnih meritev in interpretacijo rezultatov le teh s predlogi ukrepov za optimalno gradnjo predora)
- geodezije (izvajanje meritev 3D točk na površini, infrastrukturi, objektih in predorih, kontrola geodetske mreže za usmerjanje izkopa, kontrola izkopnih profilov (fotogrametrični zajem) in profilov primarne betonske obloge, nosilca hidroizolacije in notranje obloge predora (fotogrametrija ali terestrično lasersko skeniranje) in
- geofizika (za občasno izvajanje meritve vibracij in vpliva gradnje predora na objekte na površini).

Strokovno usposobljena ekipa bo izvajala meritve tako v samem predoru kot tudi v vplivnem območju gradnje predora, kjer je treba izvajati geološko-geotehnični in hidrogeološki nadzor z namenom preverjanja morebitnih vplivov gradnje predora. Prav tako bo naloga izbrane ekipe občasno geodetsko preverjanje izkopnih profilov, in sicer tako v času izkopnih del kakor tudi v obdobju gradnje notranje betonske obloge. Izvajanje geološko spremljave in geotehničnih meritev, ki jih bo strokovna ekipa izvajala, bo usmerjeno tudi na predvkope omenjenih predorov ter določene geotehnične objekte Sklopa E, ki so navedeni v preglednici Preglednica 1.

Vsi omenjeni strokovnjaki morajo imeti primerne reference, ki so navedene v razpisni dokumentaciji, s katerimi dokazujejo zahtevane sposobnosti in ustrezne izkušnje pri spremljavi gradnje predorov.

## 4.2 Predvidene aktivnosti strokovne ekipe

Skladno s projektom za izvedbo gradnje dvocevnih predorov Vodriž in Pusta Gora bodo v okviru geološke in geotehnične spremljave gradnje predora predvidoma izvedena naslednja dela:

- periodična inženirsko geološko spremljava izvedbe izkopov na predvkopih in geotehničnih objektih ter popisi vrtanja pilotov in površin izkopov predvkopov in geotehničnih objektov;
- vsakodnevno inženirsko geološko, geotehnično in hidrogeološko kartiranje čela kalote in izkopa stopnice ter talnega oboka (kot pomoč pri tovrstnem delu se predvideva uporaba metode zajema podatkov s fotogrametrijo);
- geološka spremljava predvrtavanja za napoved geološko geotehničnih razmer na območju še neizkopanega predora;
- geodetska kontrola izkopnega profila predora v času izkopnih del, po vgradnji brizganega betona, po izvedenih deformacijah pred vgradnjo notranje betonske obloge in po izvedeni notranji betonski oblogi (fotogrametrija dopolnjena s terestričnim laserskim skeniranjem);
- strukturno geološka spremljava izkopanega dela predora in izdelava 3D geološkega profila;
- hidrogeološke meritve in hidrogeološka spremljava pri gradnji predora;
- odvzemi vzorcev vode in izvedba kemijskih analiz;
- odvzem vzorcev zemljine in hribine za potrebe geomehanskih laboratorijskih preiskav (tipične hribine v predoru - podroben opis geomehanskih laboratorijskih preiskav je v popisu del);
- odvzem vzorcev zemljine in hribine za potrebe mineraloških laboratorijskih preiskav;
- nabava in pomoč pri vgradnji merskih elementov tipa MP-I-1, geodetske meritve pomikov točk na obodu izkopa predora, vgrajenih v primarno oblogo – sidra z nosilcem in obojestransko odsevnimi tarčami;
- nabava in pomoč pri vgradnji geodetskih merskih točk na površinah, v obstoječe objekte, pri inklinometrih in v ostale objekte geotehnične spremljave (MP-I-2);
- geodetski monitoring vgrajenih merskih točk na površinah, v objektih in v predoru;
- v času prisotnosti geodeta se izvaja fotogrametrični zajem izkopnih površin za izdelavo 3D modela izkopnih površin z visoko ločljivim prikazom geoloških struktur;
- občasna geodetska kontrola geometrije profilov ter izkopnih čel (fotogrametrija) in betonske obloge pred vgradnjo notranje obloge (terestrično lasersko skeniranje);
- nabava in vgradnja merskih elementov tipa MP-II-1 - meritve radialnih pomikov okolne hribine s tritočkovnimi ekstenzometri;
- dobava in vgradnja merskih elementov tipa MP-II-7 - merilne celice na glavah geotehničnih sider za merjenje sil v sidrih;
- dobava in vgradnja merskih elementov tipa MP-II-8 - merilne celice na geotehničnih sidrih na geotehničnih objektih;
- dobava in vgradnja merskih elementov tipa MP-II-9 - merilna sidrana v predoru;
- nabava in vgradnja inklinometrijskih cevi ter izvajanje meritev inklinacij (MP-II-2)
- nabava in vgradnja geodetskih merskih točk na območju portalnih konstrukcij in na objektih nad predorom (MP-I-2);
- izvajanje kontinuiranih meritev vibracij in vpliva gradnje predora na objekte na površini;
- izvedba nadzora pregleda objektov v vplivnem območju (predviden ničelni, vmesni in končni pregled).

Izmerjeni podatki bodo analizirani in interpretirani ter podani v vsakodnevnih poročilih izvajalca

geološko geotehnične spremljave. Dnevna poročila bodo podlaga za definiranje potrebnih podpornih ukrepov in za izdelavo tedenskih poročil, v katerih bodo podane spremembe dejanskega stanja od napovedi. Prav tako bo v tedenskem poročilu podana prognoza geološko geotehničnih razmer za obdobje nekaj dnevnega napredovanja izkopa, in sicer na podlagi interpretacije izvedenih meritev in rezultatov predvrtavanja. Tedenska poročila bodo vsebovala tudi predlog in lokacijo vgradnje posameznega merskega profila. Izvajalec je dolžan voditi tudi gradbeni dnevnik oziroma knjigo obračunskih izmer.

Podroben opis in količina predvidenih del in merskega materiala je pripravljen v priloženem popisu del. Dejanska potreba po prisotnosti posameznih strokovnjakov in vgrajenih merskih elementov bo definirana sprotno.

Pri vgradnji merskih elementov (vrtanje in injektiranje) bo sodeloval izvajalec gradnje predora tako, da bo izvedel vrtanje, injektiranje in nudil pomoč pri vgradnji merske opreme ter nudil drugo tehnično pomoč pri izvedbi meritev.

#### **4.3 Izvajanje geološke spremljave izkopa predora**

Geološka spremljava se izvaja z namenom beleženja in napovedovanja geoloških, hidrogeoloških in geomehanskih razmer, katerih rezultati služijo kot podpora pri odločanju o nadaljnjih izvajanjih dejanskemu stanju prilagojenih načinov izkopa in primarnega podpiranja. Geološko spremljavo bo izvajalo strokovno usposobljeno osebje izvajalca geotehnične spremljave gradnje predora - geolog.

Dnevna geološka spremljava (kartiranje) čela izkopa, ki je izvedena ob podpori fotogrametričnega zajema (zajem izvaja geodet), mora vsebovati::

- litologijo (tip hribine in barvo), stopnjo preperelosti, stopnjo razpokanosti, prisotnost prelomov in razpok;
- orientacije prelomov, meritve geometričnih parametrov diskontinuitet, morfološke karakteristike razpokanosti, določanje trdnosti hribine z enostavnim testom na mestu, GSI klasifikacijo;
- določitev inženirsko geološke (IG) enote (GT) skladno z OGG (Richtlinien für die Geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb);
- določitev tipa geotehničnega obnašanja (BT) skladno z OGG (Richtlinien für die Geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb);
- definiranje hidrogeoloških razmer z oceno dotoka vode, količine.

Poleg kartiranja izkopnih površin so naloge geologa tudi:

- izdelava dnevnih informacij, ki jih v elektronski obliki razpošlje pooblaščenim osebam oz. odloži v za to namenjeno centralno podatkovno okolje,
- spremljava predvrtavanja, ki je dokumentirana v tedenskem poročilu s fotodokumentacijo,
- vzorčenje zemljine in hribine ter izdelava ustreznih mineraloških, petrografskih in geomehanskih laboratorijskih preiskav,
- tedensko ažuriranje geološke zgradbe na profilu in tlorisni situaciji M 1:100 (dopolnjevanje dokumentacije na delovišču),
- tedensko geološko interpretiranje podatkov v obliki situacije in vzdolžnega osnega profila; oboje v merilu 1:500; (tudi v elektronski obliki),
- določanje GSI in RMR indeksa ter sodelovanje pri kategorizaciji hribine po ONORM 2203,
- ugotavljanje agresivnosti vode na beton in kovino (kemijske analize vode),
- registriranje zruškov, njihovega volumna in opredeljevanja vzroka za njihov nastanek,
- registracija nadprofilov in opredeljevanja vzroka za njihov nastanek,

- izdelava tedenskih poročil o napredkih izkopa, morebitnih težavah in napovedi geoloških razmer,
- geološko kartiranje in spremljavo ter interpretiranje rezultatov med izvedbo portalnih konstrukcij,
- priprava podatkov o letni količini izkopnih materialov po posameznih vrstah kamnin za pripravo Letnih geoloških poročil o količini in vrstah izkopanih mineralnih surovin skladno z ZRud-2
- sodelovanje na operativnih in koordinacijskih sestankih.

Za nemoteno delo geologa bo izvajalec gradnje predora omogočil dostop do čela predora in zagotovil potrebno tehnično podporo (razsvetljava, varen dostop do čela ...) za geološko kartiranje. Geolog mora po izdelavi popisa izkopne površine pripraviti ustrezen dokument in ga odložiti v za to predvideno centralno podatkovno okolje.

Izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora mora pripraviti dnevno geološko in geotehnično poročilo takoj, ko so na razpolago vsi rezultati terenskih meritev in laboratorijskih raziskav.

#### **4.4 Izvajanje hidrogeološke spremljave**

V sklopu geotehničnega monitoringa se bo izvajal hidrogeološki monitoring v predoru ter po potrebi nad predorom in na trasi sklopa E.

##### **4.4.1 Območje predora Vodriž**

Vzdolž predora Vodriž je pričakovati nekoliko višje dotoke kot v predoru Pusta gora

Na območju najvišjega nadkritja vzdolž predora in posledično povišanih nadtlakov nad nivoletu bodo dotoki znašali med 75 in 175 l/min/100 m predora in bodo padali tako proti osrednjemu delu z nižjim nadkritjem ter proti obema portaloma na vrednosti okrog 50 l/min/100 m predora.

Izrazitih vdorov podzemne vode ni pričakovati, povečani dotoki pa so možni na prelomih okrog profilov HC-576 ter HC-586.

Skupni iztok iz posamezne zaključene predorske cevi je po vzpostavitvi končnega depresijskega lijaka pričakovati v razponu med 5 in 10 l/s.

Hidrogeološka spremljava v času gradnje predora je predvidena enkrat na 14 dni, dodatna hidrogeološka spremljava je predvidena tudi v primeru izrednih pojavov, vezanih na podzemno vodo. V sklopu hidrogeološke spremljave stanja podzemne vode v predoru se enkrat na 14 dni izmerijo pretoki vode in osnovne fizikalno-kemijske parametre podzemne vode na čelu, iz predvrtavanja, po celotni dolžini ter na iztoku iz predora. Gradnja predora bo potekala s severne strani. Na mestih, kjer se izmeri pretok, je treba s pomočjo digitalnega multiparametričnega merilca izmeriti tudi osnovne fizikalne parametre pH, specifično električno prevodnost (pri 20 °C) in temperaturo podzemne vode.

V času monitoringa se za potrebe določitve agresivnosti podzemne vode na beton odvzame 4 vzorce podzemne vode na čelu izkopa in izvede laboratorijske kemijske analize agresivnosti vode na beton. Vzorčevalna mesta naj bodo čim bolj enakomerno razporejena po celotni dolžini predora.

Na ožjem območju predora Vodriž ni registriranih vodnih zajetij in izvirov, na katere bi gradnja utegnila vplivati.

#### **4.4.2 Območje predora Pusta gora**

Pri gradnji predora Pusta gora ni pričakovati zelo visokih dotokov podzemne vode, saj imamo opravka s srednje do slabo prepustnimi kamninami, ob sicer visokih izhodiščnih nadtlakah med 10 m na portalih in 140 m nad niveleto v osrednjem delu predora. Glede na to, da imamo v območju profilov HC-505 do HC-520, torej v okolici piezometra VSG-803-V2p, opravka s srednje prepustnimi kamninami, se tukaj pričakujejo višji začetni dotoki (ca. 200 l/min/10 m predora), medtem ko bodo proti obema portaloma padali proti vrednostim, manjšim od 5 l/min/10 m predora. Izrazitih vdorov podzemne vode s pretoki, večjimi od 20 l/s, ni pričakovati, povečani dotoki vzdolž izkopa predora pa so možni na naslednjih odsekih oziroma območjih:

- predvsem v območju preloma okrog profilov HC-514, HC-515 (ocenjeni dotoki do 20 l/s).
- manjši dotoki so možni tudi takoj v prelomni coni za južnim portalom okrog profila 478,479 (ocenjeni dotoki do 15 l/s).
- potencialno je možen povečan dotok v osrednjem delu predora na stiku konglomerata z debelejšim paketom meljevca (ocenjeni dotoki do 20 l/s).
- možni dotoki so tudi na severnem delu predora od profila 521L in 522D dalje proti severnemu portalu, kjer bo izkop potekal v menjajočih se plasteh meljevca in konglomerata (ocenjeni dotoki do 15 l/s).

Skupni iztok iz posamezne predorske cevi je po vzpostavitvi končnega depresijskega lijaka pričakovati v razponu med 5 in 10 l/s.

Hidrogeološka spremljava v času gradnje predora je predvidena enkrat na 14 dni, dodatna hidrogeološka spremljava je predvidena tudi v primeru izrednih pojavov, vezanih na podzemno vodo. V sklopu hidrogeološke spremljave stanja podzemne vode v predoru se enkrat na 14 dni izmerijo pretoki vode in osnovne fizikalno-kemijske parametre podzemne vode na čelu, iz predvrtavanja, po celotni dolžini ter na iztoku iz predora. Na mestih, kjer se izmeri pretok, je treba s pomočjo digitalnega multiparametričnega merilca izmeriti tudi osnovne fizikalne parametre pH, specifično električno prevodnost (pri 20 °C) in temperaturo podzemne vode.

V času monitoringa se za potrebe določitve agresivnosti podzemne vode na beton odvzame 5 vzorcev podzemne vode na čelu izkopa in izvede laboratorijske kemijske analize agresivnosti vode na beton. Vzorčevalna mesta naj bodo čim bolj enakomerno razporejena po celotni dolžini predora.

Na južnem portalu predora Pusta Gora, tik za mejo DPN je evidentiran vodni vir za lastno oskrbo s pitno vodo (Id=107477565, št. vodnega dovoljenja 35526-11491,2004). Zaradi gradnje predora bo v neposredni bližini vzpostavljen novi nadomestni vodni vir, vendar kot vrtina. Monitoring vira se opravlja v sklopu Celostnega načrta monitoringa v času gradnje in v času obratovanja, št. načrta 2018-03skE/MONI, februar 2020, po recenziji oktober 2023.

#### **4.4.3 Poročanje in poročila o hidrogeološki spremljavi**

Meritve in osnovno interpretacijo podatkov se sporoča v obliki mesečnih poročil. Ob koncu hidrogeološkega monitoringa se izdelava končno hidrogeološko poročilo.

#### **4.5 Izvajanje geodetskih meritev izkopnega profila predora**

Občasno geodetsko kontrolo nivelete in smeri predora ter izkopnega profila bo na podlagi poziva naročnika ali inženirja izvedla strokovna interdisciplinarna skupina izvajalca geotehnične spremljave gradnje predora, v kateri mora biti tudi strokovnjak s področja geodezije.

Treba je poudariti, da je popolna odgovornost za s projektom zahtevan svetli profil predora, ustrezno debelino primarne podgradnje in pravilno zakoličbo vzdolžnih temeljev in tirnic za

opažni voz, na strani izvajalca gradnje predora. Za namen zagotovitve s projektom zahtevanih svetlih profilov mora izvajalec sam izvajati kontrolne geodetske meritve izvedenih izkopnih površin. Geodet izvajalca geotehnične spremljave gradnje predora bo samo občasno (na poziv naročnika/inženirja) preverjal geometrijsko pravilnost izvajalčevih del.

Izvedba geodetskih 3D meritev oboda posameznega profila bo potrebna po:

- po izkopu kalote, stopnice in talnega oboka,
- po izvedbi primarne podgradnje v kaloti, stopnici in talnem oboku,
- pred in po izvedbi nosilca hidroizolacije in
- po izvedbi notranje obloge predora.

Namen izvajanja meritev je, kot že omenjeno kontrola geometrijske skladnosti dejansko izvedenih del s projektom definirano geometrijo in kontrola kvantitete in kvalitete posameznih faz (debeline plasti brizganega betona, ravnost ...). Meritve predstavljajo izvedeno stanje predora, na podlagi katerih se lahko izvaja obračun posameznih gradbenih faz (več izkopa, debelina brizganega betona, izvršene deformacije, debelina nosilca hidroizolacije, debelina notranje obloge, ... ). Meritve izkopnega profila in primarne podgradnje takoj po vgradnji se izvede fotogrametrično, ostale faze pa s terestričnim laserskim skeniranjem. Podatke, kot osnovo za obračun uporabljata, inženir oz. nadzor lahko pa tudi izvajalec gradnje predora.

#### **4.5.1 Opis sistema geodetskih meritev**

Sistem za kontrolo kakovosti izvedenih del v predoru mora biti sestavljen iz instrumenta za 3D zajem površine predora, programskega orodja za obdelavo meritev v projektnem koordinatnem sistemu in programske opreme za vrednotenje in prikaz rezultatov.

Po obdelavi meritev se iz georeferenciranih oblakov točk rezultate prikaže kot 3D modele geoloških struktur in v 2D obliki (razviti plošč oboka in prečni profili). Georeferenciranje podatkov se izvede z uporabo točk poligona oz. geodetske mreže za usmerjanje predora in definiranje izkopnega profila. Snemalni sistem mora zagotavljati prostorsko ločljivost oblaka točk 4 mm x 4 mm. Natančnost koordinat posamezne točke v oblaku točk ne sme biti slabša od  $\pm 3$  mm. Natančnost sistema mora biti dokazana s certifikatom pooblaščenega službe.

Referenčni sistem za geodetske in geotehnične meritve se v predoru vzpostavi kot geodetska mreža z navezavo na portalno mrežo izvajalca. Enako velja tudi za vse ostale geotehnične objekte, ki bodo del geotehnične spremljave. Geodetska mreža se ves čas gradnje predora nadgrajuje in korigira s pomočjo kontrolnih meritev strokovnjakov izvajalca geotehnične spremljave. Vse korekcije koordinat točk geodetske mreže morajo biti izvedene za potrebe kontrole usmerjanja izkopa, kontrole skladnosti izvedbe izkopne linije, primarne podgradnje, nosilca hidroizolacije in notranje obloge.

Spremljanje geometrije predora se izvaja med teoretično podano in dejansko (izmerjeno) 3D geometrijo. Teoretično podana geometrija je opredeljena v projektu in je sestavljena in preprostih geometrijskih oblik. Dejanska geometrija odraža izvedeno stanje na območju izmere in je podlaga za primerjavo.

Spremljanje izkopnih površin in površin primarne podgradnje takoj po izvedbi se spremlja fotogrametrično. Primarna podgradnja po izvršenih deformacijah, nosilec hidroizolacije ter notranja betonska obloga bo spremljana s terestričnim laserskim skeniranjem. Za zagotovitev ustreznih rezultatov je treba izvesti naslednje aktivnosti:

- 3D zajem posameznih faz površin,

- obdelava, primerjava in analiza zajetih podatkov v ustrezni programski opremi,
- vzpostavitev podatkovne baze za prikaz rezultatov,
- izdelava periodičnih in končnih poročil.

Teoretična geometrija predora je opredeljena s projektom, in sicer s 3D osjo predora, prečnimi nagibi in geometrijami, ki definirajo posamezen prečni prerez glede na fazo gradnje predora (izkop, primarna podgradnja, nosilec hidroizolacije, notranja obloga). Prečni prerezi so definirani s povečanjem osnovne geometrije za debeline betonov, predvideno deformacijsko toleranco in za predviden nadprofil izkopa.

#### 4.5.2 Izvedba meritev

Za izvedbo meritev bo izvajalec gradbenih del omogočil izvajalcu tehnične spremljave gradnje predora izvedbo meritev ter mu nuditi pomoč. Pomoč obsega tehnično pomoč z mehanizacijo na delovišču, umike za izvedbo meritev oz. prenehanje aktivnosti zaradi izvedbe meritev.

Izvedba meritev bo trajala predvidoma nekaj minut, za kar bo moral izvajalec omogočiti neovirano izvedbo meritev. Izvajalec tehnične spremljave gradnje je dolžan že pred začetkom meritev pripraviti vse potrebno za hitro in učinkovito izvedbo meritev.

Za meritve je predvidena naslednja ocena porabe časa glede na fazo gradnje:

GRADBENA FAZA	OBMOČJE MERITEV	PORABA ČASA ZA MERITEV
Izkop kalote ali stopnice	en korak napredovanja	10 min
Izkop talnega oboka (iz brizganega betona)	en korak napredovanja	15 min
Izkop talnega oboka (liti beton)	en korak oz. 25 m	1 ura
Izvedba brizganega betona.	območje 25 m	1 ura
Izvedba nosilca hidroizolacije	območje 100 m	2,5 ure
Izvedba notranje obloge	območje 5 kampad	2 uri

Pri izvedbi meritev ločimo zajem podatkov, obdelavo in predstavitev podatkov. Zajem podatkov je izvedba meritve, ki zajema izmero oslonilnih točk ter 3D fotogrametrični zajem oz. terestrično lasersko skeniranje. Obdelava podatkov je proces, kjer iz zajetih slik oz. skeniranih oblakov točk izvedemo registracijo ter preko izmerjenih oslonilnih točk georeferenciranje celotnega sta podatkov posameznega zajema. Georeferenciranje se izvede v projektnem koordinatnem sistemu. Predstavitev rezultatov se izvede z izrisom 2D prikazov glede na teoretične linije. Drugi del predstavitev rezultatov predstavlja 3D model izkopa z ločitvijo tekture vsaj 3 mm. Prikazi vključujejo izrise prečnih profilov ter razvitih površin vzdolž plašča predora. Prikazana mora biti teoretična (projektirana) in dejanska (izmerjena) površina z izpisom razlik. Velikost odstopanj in skladnost izvedenih del glede na teoretično se prikaže s pomočjo izdelane barvne lestvice.

Za kontrolo debeline posamezne plasti je treba primerjati meritve med posameznimi gradbenimi fazami. Primer je primerjava meritve izkopa in brizganega betona. Razlika pomeni količino brizganega betona, ki je bila vgrajena. Razlika pokaže tudi, ali je bila vgrajena zadostna debelina (v primerjavi s projektirano). Natančnost meritve za ugotavljanje debeline brizganega betona je  $\pm 1$  cm. V primeru odstopanja meritev za več kot a cm se meritev računa z linearno interpolacijo.

Na enak način, kot je opisan v zgornjem odstavku, se izvede tudi primerjava za določitev oz. kontrolo obračunskih količin (več izkopa, zapolnjevanje z brizganim betonom ...).

Primerjava rezultatov meritev iste gradbene faze pri različnih časih omogoča podatke o časovnem razvoju deformacij. Glede na razvoj deformacij se časovni presledki med meritvami



določijo med gradnjo oz. so predpisani v načrtu izkopa in podpiranja predora, portalnih konstrukcij in drugih geotehničnih objektov.

#### **4.5.3 Kriteriji meritev**

Izvedba meritev zahteva tudi stalno primerjanje teoretičnih (načrtovanih) in dejanskih (izmerjenih) meritev. Pri prikazovanju kriterijev meritev je treba uporabljati naslednje barve:

- zelena: izmerjena vrednosti se nahaja v dovoljenih mejah
- rumena: izmerjena vrednost je v območju podane tolerance
- oranžna: izmerjena vrednost presega podano toleranco
- rdeča: izmerjena vrednost prikazuje meritve, ki so izven podanih meja oz. prekomerno presegajo podane tolerance.

#### **4.5.4 Kriteriji vgradnje notranje betonske obloge**

V skladu s principi NATM je stabilnost izkopnega profila predora dosežena z vgradnjo primarnega podporja. Z izjemo talnega oboka, ki je na določenih odsekih prav tako del primarnega podpornega sistema, je za predora Vodriž in Pusta gora predvidena vgradnja armirane in delno nearmirane notranje obloge, ki je debela najmanj 30 cm. Notranja obloga se vgradi po končanih izkopih in vgradnji primarnega podpiranja ter odvodnjevalnega sistema ob pogoju, da je hitrost deformacij oz. pomikov katere koli točke na obodu ali pravokotno na obod predora največ 4 mm/mesec, katerega je treba vrednotiti najmanj 1 mesec. V izjemnih primerih, ko ta kriterij ni dosežen in so hitrosti deformacij večje, je treba ponovno preveriti statično odpornost in stabilnost notranje obloge ter ustrezno dimenzionirati.

### **4.6 Izvajanje geotehnične spremljave**

Pomemben del tehničnega opazovanja med gradnjo so geotehnične meritve. Te se izvajajo z namenom opazovanja, merjenja in beleženja pomikov, deformacij, posedkov in spremenljivih obremenitev v podpornih elementih in v hribini ter so v podporo preverjanju obstoječih podpornih ukrepov, odločanju o nadaljnjih podpornih ukrepih in napovedovanju kratkoročnih geoloških razmer pri napredovanju gradnje predorov.

Ko govorimo o geotehnični spremljavi, imamo v mislih vgradnjo merskih profilov in izvedbo geotehničnih meritev z analizo ter interpretacijo podatkov v predoru. Prav tako bo geotehnični inženir del geotehničnih meritev izvajal tudi nad predorom in na območju zaščite brežine portalnih delov. V okviru geotehnične spremljave gradnje predora se bodo izvajale:

- geodetske meritve (MP-I),
- geotehnične meritve (MP-II).

Gradnjo geotehnične merske opreme izvaja inženir geotehničnih meritev, ki je usposobljen za kvalitetno vgradnjo izbrane opreme, vzdrževanje in izvajanje meritev skladno s tehnoloških elaboratom.

#### **4.6.1 Geodetske meritve (MP-I) v sklopu izvajanja geotehnične spremljave gradnje predora**

##### **4.6.1.1 Geodetske meritve v predoru - merski profil MP-I-1 (tahimetrične meritve)**

Geodetska spremljava merskih točk MP-I se bo izvajala s klasično tahimetrično izmero. Merske točke se vgradijo v strop in boke predora ob vgradnji primarne podgradnje. Vgradnjo ob pomoči strokovnjakov geotehničnih meritev izvede izvajalec gradnje. Merske točke morajo biti materializirane s standardnim tipom sidra za tovrstne meritve, in sicer dolžine vsaj 250 mm, oz.

toliko, da so vgrajene v okolno hribino in primarno oblogo predora. V splošnem je predviden merski profil s 5 merskimi točkami, ki so opremljene z ustrezno zaščito pred poškodovanjem adapterja (za namestitev reflektorja ali tarče), in obojestransko odsevna tarča. Lokacije MP-I so predvidene v projektni dokumentaciji Lokacije posameznih profilov MP-I-1 so predvidene v projektni dokumentaciji že, in sicer so razporejeni na 20 m oz. na 10 m v portalnih območjih. Razmik med merskimi profili se lahko poveča ali zmanjša glede na rezultate že postavljenih geodetskih profilov. Ne glede na zapisano, bo vsako lokacijo profila MP-I-1 preveril izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora in potrdil inženir.

Meritve merskih točk MP-I se bo izvajalo s polarno metodo izmere za določitev ravninskih koordinat in s trigonometričnim višinomerstvom za določitev višin. Standardni odklon 3D položaja posamezne merske točke ne sme presegati  $\pm 2$  mm. V ta namen se uporablja redno preizkušen in kalibriran instrument z deklarirano natančnostjo merjenja kotov 1" in deklarirano natančnostjo merjenja dolžin 1 mm + 1,5 ppm.

Predvidena pogostost meritev:

- na razdalji do 50 m od aktivnega čela: dnevno merjenje,
- na razdalji 50 – 100 m od aktivnega čela: vsak 2. dan.
- na razdalji 100 – 200 m od aktivnega čela: enkrat tedensko,
- na razdalji več kot 200 m od aktivnega čela: mesečno.

Na enak način se bodo izvajale meritve tudi za geodetske merske točke, vgrajene pri drugi geotehnični opremi v predoru.

Ob vsaki kontrolni izmeri geodetske mreže je treba po določitvi novih koordinat točk geodetske mreže, ki je usklajena z ekipo geodetov izvajalca gradnje, izvesti transformacijo celotne baze geodetskih točk.

#### **4.6.1.2 Geodetske meritve na površini - merski profil MP-I-2 – portalna območja in objekti**

V sklopu geotehnične spremljave gradnje predorov Pusta Gora in Vodriž se bo geodetsko spremljalo tudi površinske merske točke na območju predvkopov, portalnih konstrukcijah ter na več geotehničnih objektih (podporni in oporni zidovi). Spremljava objektov in drugih vgrajenih točk se izvaja tahimetrično z namenom spremljave 3D pomikov. Vgradijo se standardni adapterji in za signalizacijo uporabijo geodetske prizme. Izmere se navezuje na geodetsko mrežo, ki jo za potrebe gradnje vzpostavi izvajalec gradnje in se jo predhodno dopolni oz. razširi z namenom zagotavljanja zadostnega števila referenčnih točk.

Predvidena je geodetska spremljava naslednjih območij oz. objektov:

<b>Predor Pusta Gora</b>		
Lokacija	Število merskih točk	Opombe
severni predvkop	18	točke na oporni konstrukciji OK-06 in OK-07
severni predvkop	13	točke na terenu
severni predvkop	4	točke na portalni konstrukciji
južni predvkop	11	točke na objektu/cesti
južni predvkop	6	točke na inklinometrih
južni predvkop	22	točke na terenu
Št. parcele 116, k.o.: 857	8	stanovanjski objekt in gospodarsko poslopje
Št. parcele 108/2, k.o.: 857	4	Stanovanjski objekt
Vodovod Arnežnik-Vrhornik-Velunja	6	Obstoječa infrastruktura
<b>Predor Pusta Gora</b>		
Lokacija	Število merskih točk	Opombe
severni predvkop	23	točke na objektu/konstrukciji
severni predvkop	11	točke na terenu
južni predvkop	18	točke na objektu/konstrukciji
južni predvkop	12	točke na terenu

Predvidena pogostost meritev:

- v času izvajanja del na predvkopu: enkrat tedensko oziroma prilagojeno izvajanju del;
- v nadaljevanju enkrat mesečno;
- za čas podzemnega izkopa, kot je navedeno v točki 4.6.1.1.

#### 4.6.2 Geotehnične meritve (MP-II)

##### 4.6.2.1 Merski profil MP-II-1 - ekstenzometri

Meritve pomikov hribine v oddaljenosti od oboda predora bodo izvedene z večtočkovnimi ekstenzometri, ki jih ob pomoči izvajalca gradnje predora vgradi izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora. Ob glavah ekstenzometrov bodo nameščene optične tarče ali odbojni reflektorji, tako da bodo omogočene meritve vsakokratnih položajev merskih glav ekstenzometrov v prostoru. S projektom je predvidena uporaba tritočkovnih ekstenzometrov dolžine 2, 4, 6 m. Merski profil MP-II-1 sestavlja šest vgrajenih ekstenzometrov dolžin 2, 4 in 6 m.

Predvidena je vgradnja:

- Predor Vodriž:** 4 profilov ekstenzometrov, od tega dva v levi cevi na stacionažah LC: km 11+488 in km 11+684, ter dva v desni cev na stacionažah km 2+385 in km 2+600;



- b) **Predor Pusta gora:** 4 profilov ekstenzometrov, od tega dva v levi cevi na stacionažah LC: km 9+880 in km 10+268, ter dva v desni cev na stacionažah km 0+745 in km 1+135.

#### **4.6.2.2 Merski profil MP-II-2 (vertikalni inklinometri)**

Na območjih predvkopov se bodo izvajale meritve horizontalnih premikov v vertikalnih inklinometrih (MP-II-2). Za enolično interpretacijo izmerjenih pomikov, bo glava inklinometra geodetsko spremljana tako kot ostale geodetske točke na površini.

Predvidena je vgradnja:

- a) **Predor Vodriž:** 2 inklinometra dolžine 20 in 25 m na severnem predvkopu;
- b) **Predor Pusta gora:** 6 inklinometrov dolžine 15 in 20 m na južnem predvkopu.

#### **4.6.2.3 Merski profil MP-II-7 (merilne celice na radialnih sidrih v predoru)**

Meritve z merilnimi celicami na radialnih sidrih so namenjene ugotavljanju stopnje mobilizacije sider in sprememb napetosti v sidrih okrog predora, vključno z lezenjem in relaksacijo materiala primarne obloge.

Predvidena je vgradnja:

- a) **Predor Vodriž:** 4 merskih profilov, od tega dva v levi cevi na stacionažah LC: km 11+780 in km 11+935 ter dva v desni cev na stacionažah km 2+427 in km 2+825;
- b) **Predor Pusta gora:** 8 merskih profilov, od tega štiri v levi cevi na stacionažah LC: km 9+549, km 10+040, km 10+480 in km 10+600 ter štiri v desni cev na stacionažah km 0+460, km 0+905, km 1+350 in km 1+487.

Lokacije merskih profilov se lahko po potrebi prestavijo ali pa opustijo, če se tako ugotovi med gradnjo predora.

#### **4.6.2.4 Merski profil MP-II-8 (merilne celice na geotehničnih sidrih)**

Meritve z merilnimi celicami na geotehničnih sidrih so namenjene ugotavljanju stopnje mobilizacije sider in sprememb napetosti na glavi sidra začasne konstrukcije predvropa južnega portala (leva bočna brežina predvropa) predora Pusta gora. Predvidijo se tri merilne celice na geotehničnih sidrih na začasni konstrukciji predvropa.

#### **4.6.2.5 Merski profil MP-II-9 (merilno sidro v predoru)**

Meritve z merilnimi sidri so namenjene ugotavljanju stopnje mobilizacije sider in sprememb napetosti v sidrih okrog predorske cevi vključno z lezenjem in relaksacijo materiala. Predvidijo se na odsekih, kjer se pričakuje večje plastične deformacije hribine in stiskanje.

Predvidena je vgradnja:

- a) **Predor Vodriž:** 4 profilov merskih sider, od tega dva v levi cevi na stacionažah LC: km 11+488 in km 11+684, ter dva v desni cev na stacionažah km 2+385 in km 2+600;
- b) **Predor Pusta gora:** 2 profila merskih sider, od tega ena v levi cevi na stacionažah LC: km 10+268 ter ena v desni cev na stacionažah km 1+135.

Lokacije merskih profilov se lahko po potrebi prestavi ali pa opusti, če se tako ugotovi med gradnjo predora.

### **4.6.3 Meritve vibracij (MP-III)**

Ker bo za izkop predora po predvidevanjih uporabljena tudi metoda miniranja, bo treba preprečiti nastanek takšnih vibracij, ki bi lahko škodljivo vplivale na objekte, ki so na površini nad predorom ter na okoliških objektih v vplivnem območju. Pred začetkom izkopnih del bo izvajalec

izdelal ustrezen tehnološki elaborat, v katerem bo opredelil tehnologijo izvedbe del, opremo, ki jo bo uporabljal, način razstreljevanja in druge podatke, s katerimi bo zagotovil zahtevane kriterije. Vibracije, ki so posledica izkopa in drugih del v predoru, ne smejo presegati vrednosti, ki jih predpisujejo avstrijski standardi ONORM S 9020, nemški DIN 4150 ali drug ustrezen standard, ki ga predpiše nadzorni inženir, in je v skladu s slovensko zakonodajo.

Predvideno je naslednje merjenje vibracij:

**a) Predor Vodriž:**

- 1 merilec na kulturnem spomeniku »razvaline gradu Vodriž EŠD 7965«, k.o. 859, objekt spada v kategorijo L3 po DIN 4150
- 1 merilec na stanovanjskem objektu Vodriž 18, parc. Št. 430/3, k.o. 859; objekt spada v kategorijo L2 po DIN 4150;

**b) Predor Pusta gora:**

- 1 merilec na stanovanjskem in gospodarskem objektu Podgorje 168, št. parcele 116, k.o.: 857, objekt spada v kategorijo L2 po DIN 4150;
- 1 merilec na stanovanjskem objektu Podgorje 169, št. parcele 108/2, k.o.: 857; objekt spada v kategorijo L2 po DIN 4150.

V sklopu geološko geotehnične spremljave se izvaja kontinuirne meritve vibracij na izbranih objektih. Izvajalec gradbenih del mora izvajalcu meritev vibracij posredovati minerske dnevnikne po vsakem odstreli. Izvajalec geološko geotehnične spremljave mora posredovati poročila oziroma rezultate meritev vsem deležnikom na projektu (naslovnike se določi v sklopu tehnološkega elaborata).

Če obstaja možnost, da bi zaradi gradnje predora prišlo na okoliških objektih do poškodb, je treba opraviti predhodni ogled in popis stanja vseh tistih objektov, na katerih bi lahko v času gradnje predora prišlo do poškodb. O omenjenih ogledih oziroma popisih začetnega stanja objektov je treba izdelati ustrezeni zapisnik oziroma poročilo, ki vsebuje vse ugotovitve predhodnega ogleda. Omenjene preglede je treba opraviti pred začetkom del pri gradnji predora.

Na podlagi elaborata razstreljevanja za izgradnjo predorov Pusta gora in Vodriž, ki je bil izdelan v PZI fazi projekta, so podani pogoji in omejitve za izvajanje razstreljevanja. Monitoring vplivov razstreljevalnih del na okolico se izvaja v območju 80 m od mesta razstreljevanja v času izkopnih del v predoru. Meritve so bodo izvajale kontinuirno. Prag izvedbe za pošiljanja meritev se bo določil na podlagi prvih rezultatov meritev in se bo prilagodil klasifikaciji objekta.

#### **4.7 Meritve prisotnosti plinov**

Za stalno spremljanje prisotnosti plinov bo v smislu varnosti zadolžen izvajalec gradnje, izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora bo te meritve izvajal predvsem za občasno kontrolo izvajalčevih meritev na podlagi posebnega naročila naročnika ali nadzora.

#### **4.8 Pogostost geotehničnih meritev**

Prve meritve (ničelni odčitki) morajo biti izvedene za vsako mersko mesto takoj po vgradnji. Če to ni mogoče, morajo biti meritve izvedene takrat, ko so za to izpolnjeni pogoji. Kompleksni merski profili (ekstenzometri, merska sidra) se vgradijo največ 24 ur po izkopu.

Pogostost meritev je podana glede na termin vgradnje določenega merskega profila, in sicer na razdalji:

- do 50 m od čela izkopa: dnevno,

- od 50 do 100 m od čela izkopa: vsak drug dan,
- na razdalji od 100 do 200 m od čela izkopa: enkrat tedensko,
- na razdalji nad 200 m od čela izkopa: enkrat mesečno.

Ko se izkop stopnice ali/in talnega približa odseku, kjer je vgrajen merski profil v kaloti in/ali stopnici, se pogostnost odčitkov ponovno poveča v intervalih, ki veljajo za izkop v kaloti. Če se v določenih območjih deformacije ne umirjajo po pričakovanjih, na kar opozori izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora, se na osnovi rezultatov ocene razvoja deformacij

+pogostost meritev poveča skladno z dogovorom med izvajalcem geotehnične spremljave gradnje predora, projektantom in inženirjem. Projektant mora nemudoma pripraviti način dodatnih stabilizacijskih ukrepov, ki jih potrdita izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora in inženir, izvede pa izvajalec. Prav tako se v primeru, da so deformacije s časom manjše od predvidenih, lahko število meritev zmanjša ali prilagodi dejanskim razmeram na osnovi navedenega dogovora.

#### **4.9 Odčitavanje, risanje in vrednotenje podatkov**

Geotehnični nadzornik mora dnevno poročati, prezentirati in interpretirati rezultate meritev. Enkrat tedensko mora izdelati poročilo o rezultatih meritev v pisni (npr. kot predstavitev) in grafični obliki z vsemi predpisanimi diagrami, ki prikazujejo izmerjene veličine v odvisnosti od časa in stanja izkopnih ter podpiralnih del v predoru. Izdelati mora tudi interpretacijo merskih rezultatov, jo predstaviti na koordinacijskem sestanku ter kasneje odložiti na za to predvideno centralno podatkovno okolje. V primeru, da je ugotovljeno povečano tveganje pri zagotavljanju stabilnosti predorskega objekta, kar je opredeljeno v Geotehničnem varnostnem načrtu, mora izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora na osnovi dogovora med nastopajočimi odgovornimi osebami dostavljati poročilo bolj pogosto. Enako pravilo velja v primeru, ko se ugotovi, da stabilnost predorskega objekta ni ogrožena, in se pogostnost izdelave poročil tudi zmanjša. Da bi bil dosežen namen in učinek geotehničnega monitoringa, ki vključuje predhodno navedene meritve in opazovanja, mora biti pozornost posvečena naslednjim ciljem:

- razumevanju geomehanskih sprememb v hribinskem okolju in podpornih sistemih v okviru uporabljenih konstrukcijskih tehnologij gradnje,
- pravočasnemu prepoznavanju obnašanja sistema hribina - podporni sistem in zgodnjemu odkrivanju morebitnih odstopanj od normalnega obnašanja,
- možnosti izdelave ocen in predvidevanj časovnega razvoja pomikov in sprememb hribinskega okolja pri napredovanju izkopa in primarnega podpiranja predora.

Za izpolnitev navedenih zahtev morata izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora in projektant zagotavljati zvezno analiziranje in interpretacijo rezultatov meritev in opazovanj s ciljem preverjanja projektnih rešitev obnašanja sistema hribina - podporje, s stalnim zagotavljanjem ustrezne nosilnosti podpornega sistema, da so zagotovljene varne delovne razmere, uporabnost in funkcionalnost ter ekonomske zahteve vezane na racionalno in gospodarno gradnjo.

Odčitavanje in posredovanje merskih rezultatov mora biti izvedeno strokovno s pooblaščenimi osebami izvajalca geotehnične spremljave gradnje predora in geotehničnih objektov, ki imajo ustrezne reference s tega področja, in skladno s podanimi navodili v načrtih.

- a) Za obdelave tahimetričnih meritev geodetske spremljave mora biti uporabljena namenska programska oprema, ki omogoča direktno obdelavo merjenih vrednosti in neposredno vodenje rezultatov v obliki baze vseh izravnanih koordinat v odvisnosti od časa. Programska oprema mora omogočati upoštevanje atmosferskih, geometrijskih ter projekcijskih popravkov merjenih količin. Vključevati mora standardne načine izravnave

- ravninskih koordinat in višin točk ter transformacije po kontrolnih meritvah.
- b) Numerični rezultati merskih točk, ki morajo biti enolično poimenovana glede na posamezen objekt in stacionažo, morajo biti dnevno izvoženi v univerzalnem ASCII formatu. Poleg izpisa izravnanih koordinat točk s pripadajočimi natančnostmi morajo biti v ASCII formatu shranjena tudi vsa poročila izravnave ravninskih koordinat in višin in omogočati kasnejšo ponovitev obdelav.
  - c) Vrednotenje in interpretacijo tahimetričnih meritev opravlja geotehnik s pomočjo ostalih strokovnjakov izvajalce geotehnične spremljave gradnje predora. Skupno vrednotenje in interpretacijo vseh meritev izvaja geotehnik.
  - d) Grafični prikaz rezultatov in pomikov merskih točk mora biti narejen v namenski programski opremi za spremljanje gradnje predorov in mora omogočati obdelavo naslednjih parametrov:
    - Grafični prikaz časovnega razvoja pomikov merskih točk posameznega merskega profila oz. posamezne merske točke v koordinatnem sistemu predora (vzdolžno, prečno in višinsko) oz. drugega geotehničnega objekta,
    - Grafični prikaz časovnega razvoja pomikov v prečnem prerezu,
    - Grafični prikaz radialnega pomika v prečnem prerezu (v predoru),
    - Prikaze časovnega razvoja pomikov točke merskega profila ali posamezne točke v odvisnosti od oddaljenosti od izbranih izkopnih čel in glede na izkopne faze,
    - Prikaz razvoja pomikov s trendnimi črtami oz. vplivnicami,
    - Za izbrano programsko opremo mora izvajalec geotehnične spremljave predora in geotehničnih objektov pridobiti soglasje inženirja. O izbrani programski opremi mora izvajalec geotehnične spremljave obvestiti tudi projektanta.
  - e) Uporabljena programska oprema za obdelavo geodetskih meritev mora omogočati prilagajanja grafičnih krivulj v primerih prepozne vgradnje, ponovne vgradnje uničene merske točke in zaradi transformacije baze točk po vsaki kontrolni izmeri.
  - f) Geotehnik mora izvesti vrednotenje:
    - simultano za vse izvedene meritve, na posameznem objektu ali v vplivnem območju gradnje upoštevajoč rezultate geološke spremljave in ugotovitve o dejanski zgradbi tal,
    - po najnovejših znanjih in spoznanjih stroke,
    - s pomočjo grafičnih prikazov merjenih količin v tlorisu, prečnih in vzdolžnih prerezih ter z diagrami časovne odvisnosti merjenih veličin ali medsebojne odvisnosti različnih merjenih veličin s ciljem pridobiti realno oceno obnašanja sistema hribina - podporje,
    - po objektivnih metodah in s pomočjo simulacij na numeričnih modelih,
    - tako, da se jasno vnaprej razmeji pričakovano, dopustno, mejno in nedopustno stanje in dnevno ovrednoti dejansko stanje na vseh čelih.
  - g) Izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora in drugih geotehničnih objektov mora dnevno posredovati rezultate geodetskih meritev za tekoči dan v vnaprej potrjeni obliki in formatu poročila in sicer projektantu in inženirju, le-ta pa izvajalcu. Poleg grafičnih prikazov mora dnevno poročilo grafično prikazanih pomikov vsebovati tudi preglednico z numeričnimi vrednostmi.
  - h) Format in obliko datoteke z rezultati geodetske spremljave predlaga vodja geodetske spremljave in odobri inženir.
  - i) Izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora oz. geotehnik je dolžan elektronsko razposlati ali kako drugače posredovati, projektantu in inženirju, le ta pa izvajalcu dnevno vrednotenje in interpretacijo rezultatov meritev, če ni določeno drugače.
  - j) Izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora je dolžan elektronsko razposlati ali



kako drugače elektronsko dati na voljo naročniku, inženirju, izvajalcu in ostalim udeležencem v gradnji, dnevno kartiranje čel in rezultate drugih geotehničnih spremljav, če ni na koordinacijskih sestankih določeno drugače.

## **5 ZAHTEVE ZA IZVEDBO SPREMLJAVE**

V nadaljevanju je v strnjeni obliki navedena večina zadolžitev in splošnih zahtev izvajalca geotehnične spremljave gradnje predora, ki jih bo moral pri svojem delu upoštevati:

- a) Pred začetkom izkopnih del bo moral izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora pripraviti tehnološki elaborat (TE), v katerem bodo:
- navedeni postopki izvajanja geološke in geotehnične spremljave,
  - opisana vas merska oprema, ki jo bo pri meritvah uporabljal (vključno s tehnično opremo za shranjevanje in prenos podatkov),
  - priloženi popisni formularji za kartiranje čela,
  - navedena programska oprema za vrednotenje rezultatov in
  - dokazila o kalibraciji in tehničnih brezhibnosti merilnih instrumentov.

Podrobna vsebina je podana v točki 5.4 tega dokumenta.

- b) Izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora mora biti prisoten pri popisu ničelnega in končnega stanja objektov nad predorom, ki ga izvede izvajalec gradbenih del. Če se izvede vmesni pregled, je prisoten tudi na tem pregledu.
- c) Za izvedbo geodetskih meritev pomikov merskih točk v predoru, na površini in na vseh ostalih objektih mora biti uporabljen tahimeter z deklarirano natančnostjo merjenja kotov 1" in natančnostjo merjenja dolžin  $1 \text{ mm} \pm 1,5 \text{ ppm}$ . Merske točke na površinah in na objektih se morajo signalizirati s steklenimi prizmami.
- Za izvedbo kontrolnih meritev geodetske mreže v predorih se uporablja tahimeter, ki ima deklarirano natančnost merjenja kotov 0,5" in natančnost merjenja dolžin  $0,5 \text{ mm} + 1,0 \text{ ppm}$ . Za signaliziranje se uporabijo precizne steklene prizme.
- Fotogrametrični sistem za zajem 3D geometrije izkopne površine in primarne podgradnje mora zagotavljati prostorsko ločljivost oblaka točk 4 mm in ločljivost texture izdelanega modela vsaj 3 mm.
- Terestrični laserski skener mora zagotavljati prostorsko ločljivost skeniranja vsaj  $3 \text{ mm}/10 \text{ m}$  ter natančnost skenirane točke vsaj  $2 \text{ mm}/10 \text{ m}$ .
- d) Vsi instrumenti morajo biti vgrajeni na mestih in v skladu s tehnološkim elaboratom ob upoštevanju tehničnih specifikacij in s projektom določenih pogojev. TE izdelava izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora, potrdi ga nadzor.
- e) Vsi materiali morajo biti vgrajeni v skladu z zahtevami izbranega proizvajalca opreme in z dodatnimi zahtevami, navedenimi v tem dokumentu. Izvajalcu geotehnične spremljave gradnje predora tehnično pomoč pri vgradnji opreme nudi izvajalec gradnje predora.
- f) Obseg tehnične spremljave gradnje predora se lahko spremeni, če to zahtevajo dejanske geološke ali geotehnične razmere med gradnjo.
- g) Geodetsko merjene točke v predoru morajo biti signalizirane s prizmami ali obojestransko odsevnimi tarčami, nameščenimi na projektno določena sidra oz. nosilce. Merske točke na ostalih geotehničnih objektih
- h) Rezultati tehimetrične izmere merskih točk morajo zagotavljati natančnost določitve pomikov v projektnem koordinatnem sistemu z minimalno natančnostjo  $\pm 1 \text{ mm}$ . Rezultati kontrolne izmere geodetske mreže morajo zagotavljati natančnost izravnanih koordinat, boljše od  $\pm 1 \text{ mm}$ .

- i) Vgradnja vseh instrumentov in naprav mora biti izvršena čim bližje čelu izkopa in čim hitreje po izvedenem izkopnem koraku.
- j) Vgradnjo vseh z razpisom določenih instrumentov mora voditi izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora. Dnevno mora voditi gradbeni dnevnik oz. knjigo obračunskih izmer. Po končani vgradnji je dolžan obvestiti inženirja o poteku vgradnje in morebitnih težavah, ki so bile prisotne pri izvedbi.
- k) Po vgradnji izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora izdela zapisnik z vsemi pomembnimi podatki o vgrajevanju in dostavi inženirju, po potrebi tudi projektantu.
- l) Vsi instrumenti morajo biti zavarovani pred poškodbami zaradi izkopa z razstreljevanjem in prometa v predoru. Izvedena mora biti zaščita s pokrovi ali cevmi.
- m) Merilno opremo ali dele merilne opreme, ki jih poškoduje izvajalec gradnje predora zaradi izvajanja gradbenih del v predoru, mora le-ta takoj nadomestiti brez dodatnega plačila stroškov, ki so nastali pri takšnem posegu, in o tem obvestiti izvajalce geotehnične spremljave gradnje predora.
- n) Rezervni deli in rezervne enote (oprema in material) morajo biti skladiščeni na gradbišču tako, da je zagotovljena takojšnja dostopnost.
- o) Vgrajena merska oprema, merske točke in potreben prostor za izvajanje meritev morajo biti prosti in dostopni, in sicer za ves čas do začetka vgrajevanja sistema hidroizolacije.
- p) Vsi rezultati meritev, geološki popisi, kartiranja itd., ki so uporabljeni in zahtevani v okviru izvajanja geotehničnih meritev in geološke ter hidrogeološke spremljave, morajo biti med gradnjo vedno na voljo projektantu in inženirju.
- q) Izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora mora priskrbeti in vzdrževati opremo, ki je potrebna za vgradnjo in nadziranje merskih odsekov ves čas gradnje predora.
- r) Dnevno ažurirani geološki podatki morajo biti v elektronski obliki dostopni in na razpolago vsem pooblaščenim udeležencem v projektu.
- s) Popisi čela se izvajajo skladno z zahtevami, ki so dane v Tehničnih specifikacijah za geološko geotehnično spremljavo gradnje predorov Pusta gora in Vodruž ter geotehničnih objektov na trasi sklopa E.
- t) Geolog mora biti prisoten na gradbišču:
  - dnevno ob vsakem izkopnem koraku pri napredovanju gradnje na vseh predorskih deloviščih, vključno pri izdelavi predvkopov, da se kakovostno in pravočasno izvede geološke in hidrogeološke popise odprtih izkopnih ploskev oz. izkopnih čel. V nočnem času bo prisotnost geologa izjemna in jo bo predhodno naročil inženir.
  - periodično pri izvedbi izkopnih del na geotehničnih objektih sklopa E.
  - pri vseh izvajanjih predvrtavanja in/ali raziskovalnega vrtanja, saj mora izdelati geološki popis iznosa jedra, registrirati ter odvzeti vzorce plinov in vode ter napisati strokovno poročilo o rezultatih vrtanja.
- u) Geotehnična in geološka spremljava se lahko spremeni, če to zahtevajo dejanske geološke ali geotehnične razmere. S spremembami v načinu dela in časovnem prilagajanju dejanskim razmeram v predoru mora soglašati inženir. V primeru nestrinjanja s predlogom izvajalca geotehnične spremljave gradnje predora mora o tem odločiti naročnik na osnovi neodvisnega strokovnega mnenja.
- v) Izvajalec gradnje predora bo priskrbel in vzdrževal primerno razsvetljavo, prezračevanje, za potrebe vgrajevanja merskih elementov pa tudi dvižno ploščad vključno s strojnikom, ki ima ustrezne kompetence za izvajanje tovrstnih del.
- w) Izvajalec gradnje predora je dolžan po vnaprej dogovorjenih sredstvih komuniciranja obvestiti inženirja in izvajalca geotehnične spremljave gradnje predora oz. geotehniko o nameravanem izkopu, vrtanju, reprofiliranju ... vsaj 2 uri pred začetkom aktivnosti.
- x) Pred vgradnjo posameznih merskih elementov mora izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora inženirju omogočiti pregled le teh in pridobiti pisno potrditev o

primernosti.

### 5.1 Ukrepanje med gradnjo v primeru alarmnih nivojev

- a) V primeru, ko rezultati posamezne meritve ali meritev na več merskih mestih kažejo na odklon od pričakovanega deformacijskega obnašanja sistema hribine - podporje izven pričakovanega območja, bo na osnovi ugotovljene geološke zgradbe in lastnosti tal, merjenih vrednosti in gradbenih aktivnosti ter drugih vplivnih dejavnikov izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora podal pojasnilo k obnašanju, ki je odvisno od velikosti odklona. Za to so predvidene 4 stopnje ukrepanja:
- I. Zgodnja stopnja alarmiranja (rumeno) pomeni zaznavni odklon od normalnega/pričakovanega obnašanja. Izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora pripravi Posebno poročilo, ki vsebuje rezultate kontrolnih meritev in po potrebi predpiše dodatne ukrepe v smislu zgoščevanja meritev.
  - II. Kriterij za stopnjo alarmiranja 1 (oranžno) pomeni naraščajoč odklon od normalnega oz. pričakovanega obnašanja z očitno visoko izkoriščenostjo podporja z zaznavnim tveganjem za porušitev. Izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora pripravi Posebno poročilo, ki vsebuje rezultate kontrolnih meritev in dodatnih raziskav, izdelava povratne ali druge vrste analize ter po potrebi predpiše dodatne ukrepe v smislu krajšanja koraka, dodatnih podpornih ukrepov oz. izboljšanja hribine.
  - III. Kriterij za stopnjo alarmiranja 2a (rdeče) pomeni progresiven odklon od normalnega oz. pričakovanega obnašanja z očitnim tveganjem za porušitev in pojavi lokalnih porušitev. Ta nivo že sproži prehod na krizno situacijo vodenja gradnje predora, kjer se odloča o dodatnih podpornih ukrepih in drugih ukrepih, ki niso predvideni s projektom. Po potrebi se ustavijo dela.
  - IV. Kriterij za stopnjo alarmiranja 2b (rdeče) pomeni, da ima obnašanje predora posledice na tretje osebe. Dela se ustavijo in se nemudoma prične z ukrepi za ustavitev nadaljnjega neobladovanega obnašanja.
- b) Nivo zgodnjega alarmiranja in stopnje 1 se obvladuje z običajnimi ukrepi v skladu s to projektno nalogo in pogodbo.
- c) Nivo alarmiranja 2a in 2b zahteva prehod na krizno vodenje, ki zahteva ukrepe, ki niso nujno skladni s to projektno nalogo in pogodbo. Ukrepi se določijo v sklopu geotehničnega varnostnega načrta, ki ga pred začetkom del pripravi izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora, potrjena pa inženir in projektant.
- d) Glede na zgoraj določene stopnje izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora pripravi:
- ustrezne povratne analize
  - rezultate kontrolnih meritev, ki jih potrdi projektant in odobri inženir
  - rezultate dodatnih raziskav, ki jih potrdi projektant in odobri inženir
- e) Na podlagi strokovne presoje in glede na rezultate teh analiz projektant z izvajalcem geotehnične spremljave gradnje predora izdelava:
- prilagojen način gradnje predora glede na ugotovljene pogoje
  - na novo določi mejne vrednosti meritev, ki razmejujejo pričakovano, še sprejemljivo, mejno in nedopustno obnašanje tal in/ali konstrukcij.
- f) Izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora mora vse predloge sprememb predhodno uskladiti s projektantom, ki spremembe tudi ustrezno tehnično obdelava in da soglasje za njihovo izvedbo.
- g) Obseg ukrepov je odvisen od velikostnega reda ugotovljenih sprememb stanja. Ukrepi, s katerimi se zagotavlja varnost pri delu na delovišču in splošna varnost tretje strani, morajo biti podani v najkrajšem možnem času.

## 5.2 Geološka spremljava in kartiranje

Geološka spremljava je sicer opisana že v tem dokumentu in je v tej točki kot opomnik ponovljena v strnjeni obliki:

- a) Geološko kartiranje in spremljavo ter interpretiranje rezultatov med izvedbo portalnih in predorskih izkopov mora izvajati strokovno usposobljeno osebje geotehničnega inženirja.
- b) Izvajalec predora mora omogočiti izvajalcu geotehnične spremljave gradnje predora oz. njegovemu strokovnemu osebju dostop in potrebno strojno podporo za geološko kartiranje.
- c) Izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora bo organiziral po potrebi sestanke za vmesno predstavitev in poročanje o izvedenem delu in za pripravo in načrtovanje programa raziskav.
- d) Izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora (geolog in geotehnik) bo pripravil geološko in geotehnično poročilo takoj, ko bodo na razpolago vsi rezultati laboratorijskih in terenskih raziskav.
- e) Dnevna geološka spremljava čela izkopa po predlogah, ki jih odobri inženir, podprta s fotodokumentacijo morajo vsebovati:
  - 1. litologijo (tip hribine in barvo), stopnjo preperelosti, stopnjo razpakanosti, prisotnost prelomov in razpok,
  - 2. orientacije lomov, meritve geometričnih parametrov diskontinuitet, morfološke karakteristike razpakanosti, določanje trdnosti hribine z enostavnim testom na mestu, GSI klasifikacijo,
  - 3. določitev IG enot (GT) skladno s OGG (Richtlinien für die Geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb.),
  - 4. določitev tipa geotehničnega obnašanja (BT) skladno s OGG (Richtlinien für die Geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb.),
  - 5. ocene dotokov vode, količine, PH faktor, merjenje prevodnosti in temperature.
- f) Tedensko izdelavo poročila in razpošiljanje pooblaščenim osebam.
- g) Spremljavo predvrtavanja, ki je podprta s fotodokumentacijo.
- h) Vzorčenje za mineraloške, petrografske, paleontološke in geomehanske laboratorijske preiskave kamnin.
- i) Minimalno tedensko vrisovanje in ažuriranje geološke zgradbe na profil in tlorisno situacijo M1:100 (dopolnjevanje dokumentacije na delovišču).
- j) Tedensko geološko interpretacija podatkov v obliki situacije in vzdolžnega osnega profila; oboje v merilu 1:500; (tudi v elektronski obliki).
- k) Določanje GSI ter RMR indeksa in sodelovanje pri kategorizaciji hribine po ONORM 2203-1.
- l) Ugotavljanje agresivnosti vode na beton in kovino (kemijske analize vode).
- m) Registriranje zruškov, njihovega volumna in opredeljevanja vzroka za njihov nastanek; registracija nad profilov in opredeljevanja vzroka za njihov nastanek.
- n) Geološki profil in tloris M 1:100, ki morata vsebovati dnevno ažurirane podatke.
- o) Izdelavo tedenske napovedi geoloških in geomehanskih razmer do 10 m od izkopnega čela kalote predora.

### 5.2.1 Končno poročilo

- a) Po dokončanih izkopnih delih mora izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora izdelati končno poročilo, ki bo vsebovalo v pisni, pregledni in grafični obliki:
  - 1. opis in prikaz geoloških razmer v vplivnem območju predora z vsemi posebnostmi in geološko pogojenimi pojavi,
  - 2. opis in prikaz hidrogeoloških razmer,

3. ovrednotene rezultate vseh meritev.
- b) Kot priloge h končnemu poročilu bodo dodani dnevni oz. obdobni rezultati izvedenih meritev in geološke spremljave.
- c) Kot priloga h končnemu poročilu bo tudi 3D geološki model.
- d) Končno poročilo bo predstavljalo del projekta izvedenih del.
- e) Poročilo izdelata izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora. Potrdi ga inženir.

### 5.3 Plačilo

- a) Vgradnja opazovalnih naprav in instrumentov se plača po dejansko vgrajenih količinah, ki so podane v popisu del s količinami.
- b) Vodenje vgrajevanja, izvedba meritev, odčitavanje, vnos podatkov, grafični prikaz se plača po ceni na enoto. Cena na enoto merjenja mora vključevati vsa zgoraj naštetá dela, opremo (teodolit), materiale (odbojne tarče za optične meritve) in ustrezno programsko opremo, ki je potrebna za izvedbo storitve za celoten čas gradnje.
- c) Rezultati opazovanj, ki niso pravočasno predani, ali niso izvedeni v skladu z določili Tehničnih specifikacij, TE ali načrtov ali pravili stroke, se ne plačajo.
- d) Cena na enoto za vgrajevanje merskih sider, inklinometrov in repernih točk mora vključevati vso potrebno opremo za ustrezno vgradnjo. Vrtanje in druga tehnična pomoč je zajeta v pogodbi z izvajalcem gradbenih del.
- e) Plačilo za geološko - geotehnično in hidrogeološko spremljavo se izvede za vsak delovni dan po dejanskih količinah in obračunu v mesečni situaciji.

### 5.4 Vsebina tehnološkega elaborata

Pred začetkom del mora izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora izdelati tehnološki elaborat, ki ga mora dati v pregled in potrditev inženirju. Tehnološki elaborat za izvajanje geološke in geotehnične spremljave mora med drugim vsebovati:

1. splošen opis metodologije geološkega kartiranja, ki naj vključuje:
  - a) obseg dela, vzdolžne profile in grafično predstavitev čela kalote in stopnice za opis rezultatov geološkega kartiranja,
  - b) obseg dela in grafično predstavitev spremljave predvrtavanja, meritve ekstenzometrov in merskih celic na sidrih,
  - c) obseg dela in grafično predstavitev napovedi geoloških razmer do 10 m pred čelom izkopa kalote,
  - d) obseg dela in vzdolžne profile, kjer naj bodo rezultati podani periodično,
  - e) obseg dela in vzdolžne profile, ki bodo priloženi končnemu poročilu o ugotovljenih geoloških razmerah,
2. predlog s strokovno utemeljitvijo inženirsko geološke klasifikacije po sistemu GSI in RMR,
3. legendo oz. pomen oznak, ki poleg ostalega vsebuje litološke, strukturne geološke, inženirsko geološke in hidrogeološke parametre,
4. popisni list za popisovanje izkopnega čela,
5. pri uporabi fotogrametričnega zajemanja in laserskega skeniranja mora le ta zagotavljati naslednje surove podatke za nadaljnjo analizo:
  - f) fotografije za potrebe meritev,
  - g) 3D oblak točk čela in plašča izkopa,
  - h) slike tekstur v realnih barvah,
  - i) merske podatke oslonilnih točk,
  - j) podatki o kalibraciji,

6. okvirni program vzorčenja mineraloško-petrografskih in eventualnih drugih analiz,
7. seznam merske opreme za glavne in pomožne merske profile,
8. opis načina vgradnje, pritrditve in zaščite konvergenčnih sider, na podlagi projektnih zahtev,
9. podrobne opise in kataloge instrumentov in aparatov za zajem podatkov, ki bodo uporabljeni,
- 10.
11. izvedbo ničelne tahimetrične izmere, ki mora biti izvedene pred gradbenimi posegi in služi kot referenčna pri nadaljevanju meritev po potrjenem programu,
12. organizacijsko shemo geološke službe geotehničnega inženirja, ki poleg osnovnih podatkov vključuje tudi:
  - a) mesto hranjenja geoloških kartiranj,
  - b) mesto shranjenih vzorcev,
  - c) način oddajanja oz. posredovanja rezultatov geološkega kartiranja.
13. podatke o strokovnjakih, ki sestavljajo ekipe geološke, geodetske, geotehnične in drugih služb oz. nominiranih podizvajalcev, vključno z njihovimi referencami, ki jih imajo za ustrezno področje delovanja,
14. opis in lastnosti konvergenčnih sider s pritrditvijo in predvidenim sistemom zaščite, prizem, odbojnih tarč, ekstenzometrov, inklinometrov (piezometrov) in merskih sider,
15. certifikate in dokazila o skladnosti predvidenega instrumentarija za izvedbo geološko geotehnične spremljave.

## 6 SPLOŠNA NAČELA

Geološka spremljava in geotehniške meritve morajo potekati v skladu z veljavno zakonodajo in domačimi predpisi. Delovne metode morajo biti jasne in nedvoumne. Metodologija dela mora biti v skladu z načeli varstva narave in dobrega gospodarja ter skladno s PZI in tehničnimi smernicami.

Rezultati raziskav in meritev so last investitorja, zato mora izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora za vse oblike uporabe in javne predstavitve pridobiti soglasje naročnika.

Izvajalec geotehnične spremljave gradnje predora je dolžan sodelovati z odgovornim projektantom, odgovornim vodjem del, nadzornim inženirjem ter z zunanjo kontrolo tako v rokovnem kakor tudi v vsebinskem smislu.

Pridobitev soglasij lastnikov zemljišč, na katerih se bodo izvajale morebitne dodatne meritve, je naloga izvajalca geotehnične spremljave gradnje predora. Morebitna škoda, ki ne bo nastala zaradi malomarnega dela izvajalca, se poravnava po opravljenem delu na osnovi uradne cenitve.

## **7 ROK IZDELAVE**

Geotehnična spremljava gradnje predora je razpisana za čas od uvedbe v delo do zaključka izkopnih del predorov Pusta gora in Vodriž ter geotehničnih objektov na trasi sklopa E.

Priloge:

Priloga 1.1: Situacija merskih profilov – predor Vodriž

Priloga 1.2: Situacija merskih profilov – predor Pusta gora

Priloga 2: Karakteristični merski profili

Priloga 3: Specifikacija ponudbe

Priloga 4: Tehnične specifikacije za geološko, geodetsko, geotehnično in hidrogeološko opazovanje predorov Pusta gora in Vodriž ter več geotehničnih objektov na trasi sklopa E na novi cestni povezavi od priključka Velenje jug do priključka Slovenj Gradec jug (2. odsek severnega dela 3. razvojne osi)