

**Tehnične specifikacije za geološko geotehnično in hidrogeološko opazovanje 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)**

## Vsebina

<b>1</b>	<b>Splošno .....</b>	<b>3</b>
1.1	Namen tehničnih specifikacij .....	3
1.2	Opis opazovalne metode .....	4
1.3	Ekipa izvajalca geotehnične spremljave .....	5
1.4	Zakonodaja, standardi in smernice .....	5
<b>2</b>	<b>Opis del.....</b>	<b>7</b>
2.1	Zahteve za celovito izvajanje del, ki so določene v pričujočih specifikacijah, se delijo na dela, ki jih opravljajo: .....	7
<b>2.1.1</b>	<b>Pristojnosti izvajalca geotehnične spremljave .....</b>	<b>9</b>
2.2	Komunikacija, koordinacija in sodelovanje.....	9
<b>2.2.1</b>	<b>Dnevni geotehnični sestanki .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Geotehnične koordinacije.....</b>	<b>9</b>
2.3	Tok informacij med gradnjo.....	10
2.4	Opis opreme za geodetske meritve .....	10
2.5	Opis opreme za geotehnične meritve .....	11
2.6	Dokumentacija .....	12
2.7	Materiali.....	13
2.8	Izvedba .....	15
<b>2.8.1</b>	<b>Splošne zahteve.....</b>	<b>15</b>
<b>2.8.2</b>	<b>Odčitavanje, risanje in vrednotenje podatkov.....</b>	<b>17</b>
<b>2.8.3</b>	<b>Ukrepanje med gradnjo .....</b>	<b>19</b>
<b>2.8.4</b>	<b>Geološka spremljava in kartiranje.....</b>	<b>20</b>
<b>2.8.5</b>	<b>Končno poročilo .....</b>	<b>21</b>
2.9	Izmere .....	21
2.10	Plačilo .....	21

# 1 Splošno

Obravnavani dokument je pripravljen na osnovi tehničnih specifikacij za geološko geotehnično spremljavo gradnje predora Karavanke in je smiselno prilagojen glede na projektno dokumentacijo PZI za predor; Načrt predora 8-02 Vodriž, št. načrta: ic 150/19, oktober 2023, št. projekta 1493E in Načrt predora 8-03 Pusta gora, št. načrta: ic 149/19, oktober 2023, št. projekta 1493E ter zajema tudi geotehnično spremljavo več geotehničnih objektov na odseku E, katerim je med gradnjo potrebno nameniti več pozornosti zaradi njihove kompleksnosti. Oba načrta predorov zajemata tehnično opazovanje gradnje predora in predvidene geotehnične meritve ter geološko, geomehansko in hidrogeološke spremljavo gradnje predorov Pusta Gora in Vodriž.

Izbrani geotehnični objekti, ki so zajeti v sklop geološko, geodetske, geotehnične in hidrogeološke spremljave so naslednji: Viadukt 6-05, 6-06, 6-07, 6-08, 6-09, 6-10, 6-11, PK-03, OK-44, OK-53A, OK-53B, OK-53C, OK-53D, OK-53E, OK-53F, OK-53H, OK-53I, DOS4. Obseg geotehnične spremljave obsega tista dela geotehnične spremljave, ki so jo predvideli projektanti objektov.

## 1.1 Namen tehničnih specifikacij

Tehnične specifikacije podajajo zahteve za izvajanje:

- geotehničnih meritev v predoru ter na površini nad predorom, načrtovanih po principih NATM,
- geotehničnih meritev na konstrukcijah geotehničnih objektov na trasi,
- geodetskih meritev v predoru ter na površini nad predorom in geotehničnih objektov na trasi,
- geološke in hidrogeološke spremljave portalnih območij in čel izkopov med izgradnjo predora,
- geološke in hidrogeološke spremljave izvedbe geotehničnih objektov na trasi in
- geotehničnega nadzora skladno z 92. členom »Uredbe o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji« (Ur. l. RS, št. 48/2006 in 54/2009 - v nadaljevanju UREDBA) in navezujočimi členi pripadajočih smernic, ki pokrivajo to področje.

Tehnično opazovanje gradnje predorov in geotehničnih objektov obsega izvedbo geodetskih in geotehničnih meritev ter izvedbo geološke in hidrogeološke spremljave. Pri predoru se geodetske in geotehnične meritve izvajajo z namenom opazovanja, merjenja in beleženja pomikov, deformacij, posedkov in spremenljivih obremenitev v podpornih elementih in v hribini ter so v podporo odločanju o nadaljnjih podpornih ukrepih, preverjanju obstoječih podpornih ukrepov in napovedovanju kratkoročnih geoloških razmer pri napredovanju gradnje predorov, pri geotehničnih objektih pa služi geotehnično opazovanje za spremljanje obnašanja geotehničnega objekta ter poročanje o meritvah projektantu objekta.

Geološka in hidrogeološka 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 in preverjanju obstoječih podpornih ukrepov ter pri geotehničnih objektih beležijo dejansko stanje pri izkopnih delih.

Obravnavani del tehničnega opazovanja praviloma obsega poleg geološke spremljave tudi geodetske in geotehnične meritve na površini terena in drugih podzemnih objektih v vplivnem območju gradnje predora, spremljavo raziskovalnega vrtanja med gradnjo in spremljavo hribine, izvrtane pri vgradnji

merilne opreme v vrtine oz. vseh jeder vrtin, ki so izvrtane za potrebe vgradnje določenih podpornih elementov, kot je določeno v posameznih poglavjih teh specifikacij.

Poleg zgoraj omenjenih zahtev so v tem dokumentu definirane še:

- vloge in organizacijska struktura za tehnično opazovanje in ukrepanje med gradnjo predora
- vloga izvajalca gradbenih del v sklopu tehničnega opazovanja gradnje
- način izvedbe geološke in hidrogeološke spremljave
- način izvedbe geodetskih in geotehničnih meritev
- način obdelave rezultatov
- način poročanja
- pravila za izmere del
- pravila za plačilo del

## **1.2 Opis opazovalne metode**

Skladno s SIST EN 1997-1:2005 predori spadajo v 3. geotehnično kategorijo, ki vključujejo neobičajno velika tveganja ali izjemno zahtevne pogoje tal ali obtežbe. Ker je navkljub številnim izvedenim preiskavam in kompleksnim analizam napoved geotehničnega obnašanja takšnega objekta težavna, standard dopušča uporabo t. i. opazovalne metode, pri kateri se projekt preverja med gradnjo.

Pred začetkom gradnje po opazovalni metodi morajo biti izpolnjene naslednje zahteve:

- določiti je treba še sprejemljive meje obnašanja;
- oceniti je treba območje možnega obnašanja in pokazati, da obstaja sprejemljiva verjetnost, da bo dejansko obnašanje znotraj sprejemljivih meja;
- pripravljen mora biti načrt tehničnega opazovanja, ki bo pokazal, ali je dejansko obnašanje znotraj sprejemljivih meja. Tehnično opazovanje mora to razjasniti dovolj zgodaj in v dovolj kratkih intervalih, da se omogoči uspešna uporaba dodatnih ukrepov;
- odzivni čas merilnih instrumentov in postopkov za analizo rezultatov mora biti dovolj kratek v primerjavi z možnim razvojem dogodkov pri gradnji;
- načrt dodatnih ukrepov, ki se lahko uporabijo, kadar tehnično opazovanje odkrije obnašanje izven sprejemljivih meja, mora biti pripravljen vnaprej.

Za potrebe načrta tehničnega opazovanja predora Vodriž in Pusta gora je v PZI za načrta predora 8-02 Vodriž, št. načrta: ic 150/19, oktober 2023, št. projekta 1493E in načrt predora 8-03 Pusta gora, št. načrta: ic 149/19, oktober 2023, št. projekta 1493E zajeto tudi poglavje izvedbe tehnično opazovanje med gradnjo predora. V načrtu so podrobno opisane vrste, namen, pogostost in način geotehničnih meritev ter geološko, geomehanske in hidrogeološke spremljave gradnje predora. Poleg tega so podane tudi zahteve za meritve plinov in vibracij med gradnjo predora.

Navkljub vsem pripravljenim dokumentom, kjer so podane rešitve za številne verjetne scenarije, pa opazovalna metoda vseeno zahteva med gradnjo prilagodljiv sistem s stalnim preverjanjem stanja in podajanjem nove napovedi.

Opazovalna metoda zahteva ustrezen odzivni čas, v katerem je potrebno poskrbeti za:

1. izvedbo meritev in drugih opazovanj objekta ali površine
2. izdelavo interpretacije rezultatov vseh meritev

3. analizo možnih ukrepov in odločitev o predlagani izvedbi ukrepov
4. samo izvedbo ukrepov

Posebno vlogo pri tem imajo meritve pomikov, napetosti, povratne geotehnične analize in statistične analize pomikov.

Pri izvedbi geotehničnih objektov se uporaba opazovalne metode ne izvaja. Geotehnična spremljava v tem primeru služi za beleženje dejanskega stanja razmer med gradnjo objekta in opazovanje obnašanja objekta po izvedenem stanju. V primeru, da se med gradnjo beležijo odstopanja od prognoziranih razmer, se obvesti in vključi projektanta objekta.

### **1.3 Ekipa izvajalca geotehnične spremljave**

Ekipo izvajalca geotehnične spremljave sestavljajo geotehnični nadzornik, inženirski geolog, hidrogeolog, geodet in inženir geotehničnih meritev. V nadaljevanju je podana osnovna definicija njihovih vlog v sklopu izvajanja geotehnične spremljave.

Geotehnični nadzornik je vodja ekipe geotehnične spremljave, zadolžen za geotehnično vodenje del ter za celovito interpretacijo podatkov, ki so beležene med izvedbo geotehnične spremljave. Izdaja navodila za podzemna dela v predoru ter pripravlja poročila o razmerah v predorih in geotehničnih objektih na trasi.

Inženirski geolog je zadolžen za geološko kartiranje izkopnih površin na predvkih, predorih in izkopih za geotehnične objekte. Skladno s tehnološkim elaboratom pripravlja poročila, izvaja kategorizacijo izkopov, posodablja 3D geološki model in pripravlja strokovne predstavitve za sestanek.

Hidrogeolog je zadolžen za hidrogeološke spremljanje stanja podzemnih voda v predorih, na portalnih območjih in izkopnih površinah pri geotehničnih objektih. Izvaja tudi vzorčenje vode, določa hidrogeološke razmere pri nadaljevanjih delih v predoru in druga dela predpisana skladno s tehnološkim elaboratom.

Geodet je zadolžen za izvedbo geodetskih meritev v predoru, površini in na geotehničnih objektih. Izvaja tudi fotogrametrično skeniranje predorskih površin, skeniranje betonskih površin in kontrolo usmerjanja predora.

Inženir geotehničnih meritev je zadolžen za koordinacijo in vgradnjo kompleksnih merskih profilov, vzpostavljanje zajema meritev, zbiranja meritev in pripravo poročil z rezultati meritev. Izvaja tudi nadzor na izvedbo del pri vgradnji geotehničnih profilov za katere je zadolžen izvajalec gradbenih del.

### **1.4 Zakonodaja, standardi in smernice**

- [1] GZ-1 (Ur. List, RS št. 199/21)
- [2] Tehnični standardi za gradbene konstrukcije SIST EN (Eurocode).
- [3] DIREKTIVA EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA 2004/54/ES z dne 29. aprila 2004 o minimalnih varnostnih zahtevah za predore v vseevropskem cestnem omrežju Zakon o cestnem prometu s spremembami
- [4] Uredba o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji UL RS 48/06

- [5] Zakon o cestah / ZCes - 1 /, Uradni list RS, št. 109/10, 48/12, 36/14-odl. US, 46/15, 10/18, 123/21 – ZPrCP-F)
- [6] Zakon o varstvu pred požarom (Uradni list RS, št. 3/07 – uradno prečiščeno besedilo, 9/11, 83/12, 61/17 – GZ, 189/20 – ZFRO in 43/22)
- [7] Zakon o varnosti cestnega prometa (Uradni list RS, št. 56/08 – uradno prečiščeno besedilo, 57/08 – ZLDUVCP, 58/09, 36/10, 106/10 – ZMV, 109/10 – ZCes-1, 109/10 – ZPrCP, 109/10 – ZVoz, 39/11 – ZIZ-E, 75/17 – ZMV-1 in 10/18 – ZCes-1C)
- [8] RVS 09.01.21 Tunnel, Tunnelbau, Bauliche Gestaltung, Linienführung im Tunnel (september 2007, sprememba februar 2010)
- [9] RVS 09.01.22 Tunnel, Tunnelbau, Bauliche Gestaltung, Tunnelquerschnitte (marc 2010)
- [10] RVS 09.01.23 Tunnel, Tunnelbau, Bauliche Gestaltung, Innenausbau (april 2009, december 2010)
- [11] RVS 09.01.24 Tunnel, Tunnelbau, Bauliche Gestaltung, Bauliche Anlagen für Betrieb und Sicherheit (junij 2014)
- [12] RVS 09.01.45 Tunnel, Tunnelbau, Konstruktive Ausführung, Baulicher Brandschutz in Straßenverkehrsbauten (oktober 2015)
- [13] RVS 09.02.22 Tunnel, Tunnelausrüstung, Betrieb und Sicherheit (junij 2014, november 2016, november 2019)
- [14] RVS 09.02.31 Tunnel, Tunnelausrüstung, Belüftung, Grundlagen (junij 2014)
- [15] ÖBV-Merkblatt Tunnelbeschichtungen (01.08.2014)
- [16] ÖBV-Richtlinie Erhöhter baulicher Brandschutz für unterirdische Verkehrsbauwerke aus Beton (01.04.2015)
- [17] ÖBV-Richtlinie Innenschalenbeton (01.12.2012)
- [18] ÖBV-Richtlinie Tunnelabdichtung (01.12.2012)
- [19] ÖBV-Richtlinie Tunnelentwässerung (27.04.2010)
- [20] ASFINAG Richtlinien (PlaNT, PlaPB)

## 2 Opis del

### 2.1 Zahteve za celovito izvajanje del, ki so določene v pričujočih specifikacijah, se delijo na dela, ki jih opravljajo:

- izvajalec geološke, hidrogeološke in geotehnične spremljave, analize in interpretacije zbranih podatkov (v nadaljevanju izvajalec geotehnične spremljave)
- projektant predora (v nadaljevanju projektant)
- izvajalec gradnje predora (v nadaljevanju izvajalec gradnje)
- investitor (v nadaljevanju naročnik)
- predstavnik naročnika in vodja projekta (v nadaljevanju inženir)
- in nadzor\* (v nadaljevanju nadzornik).

*\* Dela, ki jih opravlja nadzornik, spadajo pod pogodbo predstavnika Naročnika - Svetovalne in inženirske storitve za gradnjo predora. V tem dokumentu je vloga, zaradi pomembnosti definirana posebej z namenom, da se natančneje opišejo odgovornosti in pristojnosti na ravni posameznikov (oseb).*

Izvajalec gradbenih del predora je dolžan v času gradnje omogočiti izvajanje predpisanih geotehničnih meritev in nuditi tehnično pomoč pri vgradnji merskih profilov (vrtanje, injektiranje ...). Merski profili so projektno določeni in po potrebi dopolnjeni na podlagi zahtev projektanta, geotehničnega inženirja in nadzora.

Zaradi zagotavljanja pogoja neodvisnosti pri izvajanju geotehnične spremljave sta izvajalec geološko geotehnične spremljave in projektant pogodbeno vezana na naročnika.

Zahteve v tem poglavju se delijo na dela, ki jih opravljajo navedeni deležniki, kot je to naštet v nadaljevanju.

Predstavnik naročnika (inženir)

- vodenje vseh aktivnosti,
- vodenje in koordinacija izvedbe zahtevanih / potrebnih ukrepov,
- ukrepanje v kritičnih situacijah,
- organizacija, vodenje in beleženje geotehničnih sestankov in
- koordinacija med nadzorom, projektantom in izvajalcem geotehnične spremljave

Gradbeni nadzor po GZ (nadzornik)

- spremljava gradnje predora skladno s terminskim planom in obnašanje predorskih konstrukcij,
- dogovarjanje z izvajalcem o načinu prilagoditve izvedbe na geotehnične zahteve,
- zbiranje in shranjevanje vseh podatkov o spremljavi gradnje in drugih opazovanjih in posredovanje relevantnih informacij odgovornih in
- izvajanje pregleda, prevzema in potrjevanje izvedbe posameznih faz del

Izvajalec gradnje

- izvajanje del skladno s projektnimi zahtevami in geotehničnimi meritvami,
- sodelovanje z nadzorom pri prilagajanju izvedbe geotehničnim razmeram,
- sodelovanje (tehnična pomoč) pri vgradnji merskih profilov (vrtanje, injektiranje ...),

- skrb za varnost v predoru za vse deležnike pri gradnji in obiskovalce,
- takojšnja naznanitev nepredvidenih in posebnih aktivnosti nadzoru,
- izvedba vseh nujnih ukrepov po navodilih nadzora in izvajalca geotehnične spremljave,
- poročanje na geotehničnih sestankih,
- izvedba vseh potrebnih meritev za varno gradnjo (plinometrija, vibracije, iztoki vode ...) in
- podajanje predlogov za izvedbo protiukrepov v kritičnih razmerah

#### Projektant

- spremljava gradnje predora in prilagajanje pogostosti meritev v sodelovanju z izvajalcem geotehnične spremljave,
- sodelovanje pri interpretaciji geotehničnih meritev,
- priprava eventualno potrebnih dodatnih oziroma spremenjenih podpornih ukrepov za zagotovitev stabilnosti predora,
- opozarjanje nadzora ob ugotovitvi odmika od predvidenega obnašanja,
- sodelovanje in poročanje na geotehničnih koordinacijah in
- v primeru geotehničnih objektov na trasi, izdelava spremembe projektnih rešitev v primeru odstopanja od prognoziranih geotehničnih razmer.

#### Izvajalec geotehnične spremljave

- zagotavljanje rednega opravljanja geotehnične spremljave v skladu z načrtom tehnične spremljave predora in izvedba geotehničnega vodenja gradnje predora,
- zagotavljanje rednega opravljanja geotehnične spremljave geotehničnih objektov na trasi in obveščanje projektanta in inženirja o razmerah ugotovljenih med gradnjo.
- izvajanje geološkega kartiranja, spremljave predvrtanja, vzorčenje in preiskovanje hribine, vzorčenje in spremljanje podzemne vode ter ostala dela, potrebna za geološko in hidrogeološko spremljavo ter napoved hribinskih razmer pri nadaljevanju izkopa in podpiranja predora in gradnje geotehničnih objektov,
- izdelava geodetskih meritev 3D pomikov v predoru in na površini na območju predora, izvedba fotogrametričnega skeniranja izkopnih površin in brizganega betona, izvedba skeniranja nosilca hidroizolacije in notranje obloge,
- Izvedba geodetskih meritev kot kontrola usmerjanja predora,
- dobava, vgradnja, odčitavanje oz. zajem merskih podatkov ter vsa druga dela, vezana na izvedbo meritev (ekstenzometri, inklinometri, merska sidra, tlačne celice ...), v sklopu tehničnega opazovanja predora spremljava 3-dimenzionalnih (3-d) pomikov (deformacije) podpora v predoru,
- sprotno obveščanje izvajalca, projektanta in naročnika (oz. inženirja in nadzornika) o rezultatih v projektno predpisani obliki,
- izdelava rednih dnevnih oziroma obdobnih poročil,
- celovita in skladna interpretacija vseh izvedenih meritev v periodičnih (dnevnih in tedenskih) poročilih s komentarji in predlogi za nadaljevanje del,
- sprotno obveščanje izvajalca, projektanta in naročnika (oz. inženirja in nadzornika) o rezultatih, v vnaprej predpisani obliki,
- sprotno obveščanje izvajalcev posameznih geotehničnih meritev in opazovanj ali geologa o morebitnih neskladjih in potrebnih spremembah in dopolnitvah meritev,
- izdelava obdobnih poročil vključno s strokovnimi predstavitvami, če to zahtevata inženir in projektant,
- ukrepanje med gradnjo skladno z določili v poglavju 2.8.3 in



- izdelava končnega poročila skladno z določili v poglavju 2.8.5

### **2.1.1 Pristojnosti izvajalca geotehnične spremljave**

V sklopu izvedbe geotehnične spremljave na trasi sklopa E na novi cestni povezavi od priključka Velenje jug do priključka Slovenj Gradec jug (2. odsek severnega dela 3. razvojne osi) se izvajajo aktivnosti na predorih Pusta gora (8-02) in Vodriž (8-03) ter na geotehničnih objektih na trasi.

Obseg in pristojnost geotehnične spremljave se loči na predora in geotehnične objekte. Ker je pri predorih vzpostavljen sistem opazovalne metode, način in obseg ukrepanja, je izvajalec geotehnične spremljave pristojen sprejemati odločitve o uporabljenih ukrepih in spremembah v sklopu geotehničnega vodenja gradnje.

Pri izvajanju geotehnične spremljave pri izvedbi geotehničnih objektov na trasi, pa je pristojnost izvajalca geotehnične spremljave omejena na izvedbo geološke in hidrogeološke spremljave, izvedbe geodetskih in geotehničnih meritev, spremljanje izvedbe del in poročanje o ugotovljenih razmerah s strani geotehničnega nadzornika.

## **2.2 Komunikacija, koordinacija in sodelovanje**

Tehnično opazovanje poteka vsakodnevno. Koordinacija med posameznimi deležniki poteka na neformalnem nivoju preko pogovorov, na formalnem nivoju pa preko skupnih koordinacijskih sestankov, preko projektnega portala in elektronske pošte.

### **2.2.1 Dnevni geotehnični sestanki**

Namen dnevnih operativnih sestankov, na katerih so prisotni nadzornik, izvajalec gradnje in izvajalec geotehnične spremljave, je usklajevanje vsakodnevnih aktivnosti in zgodnje opozarjanje na potrebno ukrepanje. Sestanke organizira in vodi nadzornik, po potrebi lahko tudi izvajalec spremljave. Termin dnevnih sestankov se določi v tehnološkem elaboratu, takoj po prejetju vseh rezultatov meritev. Teme dnevnih sestankov so pregled dnevnih meritev in geološkega kartiranja z uporabo 3D prikaza, ugotavljanje obnašanja konstrukcije in morebitnih odstopanj od predvidenega, določitev podpornih ukrepov in način izkopa ter morebitnih odstopanj zaradi nepričakovanega obnašanja hribine.

Frekvenca geotehničnih sestankov se prilagodi glede na dejanske geotehnične razmere in potrebe.

### **2.2.2 Geotehnične koordinacije**

Na geotehničnih koordinacijah, kjer so prisotni naročnik, inženir, izvajalec gradnje, nadzornik, izvajalec geotehnične spremljave (geotehnični nadzornik, geolog, hidrogeolog in geodet), projektant in varnostni inženir, se periodično informirajo vsi deležniki o obnašanju predora, geološkem modelu v 3D okolju in se sprejemajo odločitve na temo nadaljnje izvedbe izkopnih del, uporabe podpornih tipov in časovnih zahtev. Geotehnične koordinacije organizira in vodi izključno inženir, potekajo mesečno oziroma pogostejše, če je glede na razmere to potrebno. V primeru varnostnega nivoja 1, 2a ali 2b je potrebno sestanke sklicevati na krajše obdobje, da je zagotovljena strokovna pomoč. Teme sestanka so spremljava izvedbe predkopov, vključno s piloti ter aktivnosti v predoru (po potrebi tudi ogled predkopov, predora in geotehničnih objektov), potrditev zapisnika predhodne koordinacije (nadzor), predstavitev geološko geomehanskih razmer v 3D okolju (geolog), predstavitev geotehničnih meritev in interpretacija (geotehnik), predstavitev rezultatov hidrogeološke spremljave (hidrogeolog), predstavitev prognoze nadaljevanja izkopnih del (projektant), predstavitev drugih aktivnosti za izvedbo (izvajalec gradnje),

odločitev o predlogih izvajalca gradnje (inženir, nadzor in projektant) in druge teme. Inženir s pomočjo geotehnika, geologa in nadzora izdelava uradni zapisnik.

Po potrebi se izvajalec geotehnične spremljave udeležuje tudi drugih sestankov na nivoju vodenja projekta, predvsem v primeru poročanja o razmerah in meritvah pri spremljavi geotehničnih objektov.

## **2.3 Tok informacij med gradnjo**

Vsak deležnik gradnje predora je dolžan deliti svoja opažanja nemudoma z nadzorom in izvajalcem geotehnične spremljave o stanju v ustni in pisni obliki. Vsa opažanja morajo biti ustrezno shranjena pri nadzoru in po potrebi posredovana drugim v vednost ali ukrepanje.

Geološko geotehnično spremljavo bo izvajala skupina, ki bo sestavljena najmanj iz inženirskega geologa, hidrogeologa, geodeta, inženirja geotehničnih meritev in geotehničnega nadzornika skladno s predmetnimi specifikacijami. Geotehnični nadzornik bo odgovoren za usklajeno delovanje navedene skupine in za redno usklajeno poročanje o rezultatih meritev in opažanj pri geotehničnem vodenju gradnje predora in geotehničnih objektov. Poleg izvajalca geotehnične spremljave stanja bo na gradbišču še zunanja skupina izvajalca gradnje, ki bo izvajala druge meritve kot npr. plinometrijo, vibracije, hrup in ostali okoljski monitoring. Na voljo bodo tudi eventualna opažanja javnosti. Vsa opažanja je treba beležiti in shranjevati na enoten način pri nadzoru ter jih posredovati na dnevnih geotehničnih sestankih ter geotehničnih koordinacijah.

Geotehnična spremljava pomikov in drugih meritev se izvaja dnevno. Izvajalec geotehnične spremljave stanja je dolžan vse podatke pridobiti, pregledati in obdelati ter najkasneje do ure, določene v tehničnem elaboratu, izdelati poročilo in ga posredovati na projektni portal, kjer je viden tako nadzoru kot izvajalcu gradnje. S poročilom ju seznani tudi na dnevnem geotehničnem sestanku.

V kritičnih situacijah se časovnico prilagodi zahtevam na gradbišču z namenom pravočasnega ukrepanja. Ravno tako se glede doseganje posameznih alarmnih nivojev razširi obseg deležnikov na projektu.

## **2.4 Opis opreme za geodetske meritve**

3D merske točke so izdelane iz jeklenega nosilca tarče in ustrezne zaščite, ki morajo biti vgrajene v strop, tla in ali v bok predora tako, da je mogoča tahimetrična izmera preko rezultatov katere se določa prostorske pomike.

Merske točke na površini morajo biti fiksne točke, ki so stabilno vgrajene na površini terena nad predorom v območju nizkega nadkritja ali na gredah, hišah in drugih konstrukcijah (npr. mostovih) v vplivnem območju gradnje predora oziroma predvkopov in pri drugih gradbenih objektih, ki lahko vplivajo na razvoj deformacijskih procesov na okoliških objektih. Za izvajanje meritev morajo biti uporabljene optične merske metode, tako da se s predpisano natančnostjo določijo pomiki točk na površini terena, hiš ali drugih objektov (vodna zajetja, el. daljnovodi, plinovodi ipd.) v vplivnem območju, ki ga določi projektant. Meritve morajo biti izvedene tako, da so premiki ugotovljeni v prostoru oziroma določljivi morajo biti prostorski vektorji pomikov.

Nosilci prizem morajo biti vgrajeni v oblogo predora skladno s projektom določenimi zahtevami. Geotehnični inženir je dolžan preveriti ustreznost vgradnje in podati morebitne pripombe takoj po vgradnji ali na rednih dnevnih sestankih. Meritve morajo potekati s pomočjo optičnih elektronskih metod tako, da so določeni absolutni pomiki obloge ali ostenja predora. Način, metodo in postopke

meritve mora izvajalec spremljave predhodno natančno opisati in utemeljiti v tehnološkem elaboratu, ki ga odobri inženir.

Prizme ali odbojne tarče, primerne za izvajanje optično elektronskih meritev z visoko natančnostjo, morajo biti pritrjene in zaščitene na sidrih tako, kot je projektno določeno v Načrtu tehnične spremljave gradnje predora.

Za zagotavljanje kakovosti gradnje v času izkopa in podpiranja v proces monitoringa predpisujemo uporabo fotogrametričnega snemanja izkopnih površin in izvedene primarne obloge. Podatki se uporabijo za analizo, vrednotenje in vizualizacijo geometrijskih in geoloških karakteristik. Oprema za snemanje s pripadajočim programskim orodjem mora zagotavljati izdelavo 3D modela izkopnih in drugih površin v barvah in visoki ločljivosti, kontrolo profila v različnih fazah izvedbe predora, izdelavo geološke dokumentacije izkopnega čela, izrednotenje 3D površine z ustrezno teksturo za potrebe dopolnjevanja 3D geološkega modela, izrednotenje količin ob zruških, primerjavo deformacij med različnimi fazami gradnje (takoj po izkopu, ob nanosu prvega in drugega sloja brizganega betona ter pred namestitvijo hidroizolacijskega sloja). Za potrebe kontrole vgradnje notranje obloge se predvidijo še meritve po namestitvi hidroizolacijskega sloja in po izvedbi notranje obloge. Za kontrolo in analizo geometrije primarne podpore po izvršenih deformacijah, po nanosu nosilca hidroizolacije in notranje obloge se zajem izvede z metodo terestričnega laserskega skeniranja. Vse meritve se preverjajo glede na v projektu dane zahteve, zato mora sistem imeti možnost vnosa 3D projektnega modela. Način, metodo in postopke meritev mora izvajalec spremljanja predhodno podrobno opisati in utemeljiti v Tehnološkem elaboratu, ki ga odobri inženir.

## **2.5 Opis opreme za geotehnične meritve**

Ekstenzometri, ki so vgrajeni v vrtinah, se uporabljajo za meritve pomikov okoliške hribine v različnih globinah. Rezultati meritev pomikov v ekstenzometrih morajo podati informacijo o absolutni velikosti pomikov okrog predora, relativnih pomikov med posameznimi merskimi točkami ekstenzometra in globino ter porazdelitev deformacij v okoliški hribini.

Inklinometri služijo za meritve pomikov hribin po globini. Orientacija inklinometrskih cevi mora biti določena s projektom pred vgradnjo ter z upoštevanjem zahtev inženirja, nadzora in geotehničnega nadzornika v odvisnosti od morfoloških in geotehničnih razmer na danem območju. Glave inklinometrov morajo biti po vgradnji opremljene s 3D geodetsko točko, tako da je možno z ustrezno metodo meriti absolutne premike v prostoru.

Merska sidra opremljena z merilci sil na njihovih glavah se uporabljajo za meritve velikosti osnih obtežb sidrskih sistemov v merskih profilih predpisanih v projektu. Merski podatki o velikosti in časovnem razvoju osnih sil v merskih sidrih skupaj z ugotovljenimi prostorskimi pomiki glav sider morajo podati informacijo o napetostih in obremenitvah v sidrih, ki so izbrana za različne vrste podporja. Rezultati morajo omogočiti preverjanje potrebne mejne obtežbe vgrajenih sider. Izjemoma je mogoče uporabiti tudi merska sidra drugačnih konstrukcij, ki pa jih potrdi geotehnični nadzornik in nadzor ter odobri inženir.

Merilne celice na radialnih sidrih so namenjene ugotavljanju stopnje mobilizacije sider in sprememb napetosti v sidrih vgrajenih v hribino izven predorske cevi, vključno z lezenjem in relaksacijo materiala primarne obloge.

## 2.6 Dokumentacija

Nadrobni načrt geotehnične spremljave izdela projektant, ki ga potrdi inženir. Izvajalec del in izvajalec spremljanja pa se z načrtom seznani.

Izvajalec geotehnične spremljave mora inženirju predložiti:

- vzorce merskih točk z načinom pritrditve in predvidenim sistemom zaščite, prizem, odbojnih tarč, ekstenzometrov, inklinometrov (piezometrov) in merskih sider
- opis načina vgradnje, pritrditve in zaščite sider, na podlagi projektnih zahtev
- podrobne opise in kataloge instrumentov in aparatov za zajem podatkov, ki bodo uporabljeni
- seznam merske opreme za merske profile
- rezultate predhodnih geodetskih meritev prvotnega stanja, ki morajo biti izvedene pred gradbenimi posegi in služijo kot referenčne pri nadaljevanju meritev po potrjenem programu
- predlog s strokovno utemeljitvijo inženirsko geološke klasifikacije po sistemu GSI in RMR.
- splošen opis metodologije geološkega kartiranja, ki naj vključuje:
  - obseg dela, vzdolžne profile in grafično predstavitev čela kalote in stopnice za opis rezultatov geološkega kartiranja
  - obseg dela in grafično predstavitev spremljave predvrtavanja, meritve ekstenzometrov in merskih sider
  - obseg dela in grafično predstavitev napovedi geoloških razmer do 20 m pred čelom izkopa kalote
  - obseg dela in vzdolžne profile, kjer naj bodo rezultati podani periodično
  - obseg dela in vzdolžne profile, ki bodo priloženi končnemu poročilu o ugotovljenih geoloških razmerah
- legendo oz. pomen oznak, ki poleg ostalega vsebuje litološke, strukturne geološke, inženirsko geološke in hidrogeološke parametre
- popisni list za popisovanje izkopnega čela
- fotogrametrično zajemanje mora zagotavljati naslednje surove podatke za nadaljnjo analizo:
  - fotogrametrične slike za potrebe meritev
  - 3D oblak točk
  - merske podatke iz zunanjih virov (npr. sistema pozicioniranja)
  - podatki o kalibraciji
- okvirni program vzorčenja minerološko-petrografskih in morebitnih drugih analiz
- organizacijsko shemo geološke službe izvajalca geotehnične spremljave, ki poleg osnovnih podatkov vključuje tudi:
  - mesto hranjenja geoloških kartiranj
  - mesto shranjenih vzorcev
  - način oddajanja oz. posredovanja rezultatov geološkega kartiranja
- podatke o strokovnjakih, ki sestavljajo ekipe geološke, geodetske in drugih služb oz. nominiranih podizvajalcev, vključno z njihovimi referencami, ki jih imajo za ustrezno področje delovanja
- ostale splošno znane vsebine TEE (tehnično ekonomskega elaborata), ki ga potrdita inženir in geotehnik.

Izvajalec geotehnične spremljave mora inženirju predložiti:

- opis izbranega programskega paketa za vrednotenje geodetskih meritev s pripadajočimi potrjenimi referencami s strani drugih naročnikov, ki obsega najmanj (predstavitev pomikov v treh smereh in prečnem profilu z vektorji pomikov, izpis ovojnic pomikov v različnih smereh, izpis radialnih pomikov, določitev predpomika,
- potreben format podatkov za vrednotenje geodetskih meritev,
- način posredovanja predstavitve rezultatov v dnevni in tedenski poročili,
- potrjene osebne reference strokovnjakov, ki pokrivajo ustrezno področje del, ki ga opravljajo.
- načrt dežurstva in kontaktne podatke odgovornih oseb

Rezultati geotehnične spremljave so last naročnika in se smejo uporabljati za strokovno objavo ali pedagoške namene samo v primeru odobritve s strani naročnika.

Vso navedeno dokumentacijo mora odobriti inženir.

## 2.7 Materiali

Merske točke za objekte nad predorom

- Za kontrolo objektov nad predorom ali drugih bližnjih pomembnih točk se morajo uporabljati le preizkušeni višinski reperji.
- Niveliranje objektov in drugih specifičnih točk mora biti izvedeno med izkopom predora, tako da je omogočeno opazovanje vertikalnih pomikov (posedkov in dvižkov) tal. Skupna uporaba rezultatov meritev z ekstenzometri, meritev konvergenč ter meritev vertikalnih pomikov mora omogočiti interpretacijo in prikaz absolutnih vrednosti pomikov merskih točk na obravnavanem območju.
- Uporabljena metoda niveliranja mora ustrezati natančnosti  $\pm 0,3$  mm z upoštevanjem dovoljene absolutne napake 0,5 mm.

Nosilec 3D tarče v predoru

- Nosilci 3D merske točke morajo biti izdelane iz pocinkanih rebrastih jeklenih palic, zaščitene proti koroziji, dolžine najmanj 50 mm za notranjo oblogo in 250 mm za primarno oblogo. Sidra morajo biti pritrjena na armaturno mrežo ali/in uvrstana v hribinsko podlago, in po vgradnji zaščitena proti mehanskim poškodbam ter morajo biti dostopna tudi po končani vgradnji končne plasti brizganega betona. Način vgradnje, pritrditve in zaščite potrdi geotehnik in odobri nadzornik.

Prizme ali odbojne tarče

- Za izmere v predoru se uporabi obojestransko odsevne merske tarče z vgrajenim sistemom preloma, ki preprečuje poškodovanje adapterja za namestitev tarč v primeru razstreljevanja ali drugega močnejšega mehanskega dotika tarče. Vse merske točke na površini morajo biti opremljene s steklenimi prizmami.
- Odsevne tarče in steklene prizme morajo biti v geometrijskem smislu narejene tako, da so skladna z vso standardno geodetsko mersko opremo.

Tahimeter

- Za izvedbo optičnih elektronskih meritev mora biti uporabljen tahimeter. Za izvajanje izmer v predoru mora zagotavljati natančnost merjenja kotov  $1''$  in natančnost merjenja razdalj  $1 \text{ mm} \pm 1,5 \text{ ppm}$ . Za izvajanje kontrolnih izmer geodetskih mrež in izmer površinskih merskih točk mora

instrument zagotavlja natančnost merjenja kotov 0,5" in natančnost merjenja razdalj 0,6 mm ± 1,0 ppm.

- Pri kontroli geodetske mreže je nujna uporaba preciznih prizem.
- Za čas gradnje mora pooblaščen geodet, ki mu je neposredno nadrejen naročnik, razpolagati z ustreznim instrumentarijem, ki mora biti redno enkrat letno pregledan in kalibriran s strani pooblaščenega serviserja. Pregled instrumenta se dokazuje s predložitvijo certifikata.

#### Fotogrametrični zajem izkopnih površin in površine primarne obloge

- Fotogrametrično snemanje izkopnih površin je treba izvajati na čelu predora na način, da ne ovira drugih dejavnosti izvajalca. V času ne daljšem od nekaj minut, je treba zajeti celotni izkop čela kalote in pripadajočega ostenja kalote do drugega sloja brizganega betona.
- V izogib prevelikim šumom je potrebno omejiti kot snemanja na <45 stopinj glede na izkopno površino. Nezajeta površina ne sme presegati več kot 5 % celotne površine. Interpolirani deli morajo biti jasno označeni.
- Oprema mora zagotavljati realističen, zvezen, nepopačen, georeferenciran 3D model z vidno strukturo in geometrično resolucijo, enako ali manjšo kot 1 mm (gostota pik oz. velikost mreže). Absolutna natančnost meritve glede na projektni koordinatni sistem ne sme presegati 2 mm standardne deviacije na razdalji 25 m glede na fiksne točke v predoru.
- Z ustrezno postavitvijo v fazah nanosa 2. sloja brizganega betona pa do izvedbe notranje obloge mora zagotavljati, da se izogne sencam oz. nezajetim površinam. V teh fazah gradnje mora oprema zagotavljati zajemanje najmanj 100 m / h v glavni cevi in 60 m / h v prečnikih.
- Navodila za izvajanje meritev, opise opreme in druga navodila morajo biti pred vgradnjo posredovana v potrditev nadzorniku. Če nadzor ne potrdi prelagane merske opreme ali zahteva dopolnitev opisov in delovanja naprave, je izvajalec spremljanja dolžan vlogo dopolniti, skladno z zahtevani.

#### Terestrično lasersko skeniranje površin betonskih oblog

- Z metodo terestričnega laserskega skeniranja se po umiritvi deformacij izvede zajem in analiza geometrije primarne obloge po končanih deformacijah, skeniranje se izvede po nanosu nosilca hidroizolacije in po izvedbi notranje obloge.
- Pred izvedbo laserskega skeniranja je potrebno preveriti in uskladiti koordinatni izhodišči izvajalca gradbenih del za vodenje gradbenih del ter geodetov geotehnične spremljave.
- Oprema za lasersko skeniranje mora zagotavljati ločljivost skeniranja vsaj 3 mm / 10 m in natančnost skeniranih točk vsaj 2 mm / 10 m.
- Programska oprema za obdelavo oblakov točk laserskega skeniranja in analizo geometrije izvedenih del mora zagotavljati neposredno primerjavo s teoretičnim 3D modelom predora. Rezultate mora biti možno prikazovati v zahtevani barvni lestvici in sicer v obliki prečnih profilov in razvitih plaščev oboka predora. Iz oblakov točk mora biti možno izračunati prostornine nadprofilov in prostornine polnilnih betonov zaradi neizvršenih deformacij.
- Navodila za izvajanje meritev, opise opreme in druga navodila morajo biti pred vgradnjo posredovana v potrditev nadzorniku. Če nadzor ne potrdi prelagane merske opreme ali zahteva dopolnitev opisov in delovanja naprave, je izvajalec spremljave dolžan vlogo dopolniti, skladno z zahtevani.

## Ekstenzometer v vrtinah

- Ekstenzometri v vrtini morajo biti izvedeni kot večtočkovni ali kot različno dolge vrtine z vgrajenimi reperji na določenih globinah. Vsaka merska točka v vrtini mora biti povezana z glavo ekstenzometra, tako da je omogočeno neovirano gibanje palic ali vrvi v vrtini. Večtočkovni ekstenzometer mora omogočati neovirano registracijo vsaj treh merskih točk v vrtini. Instrumenti morajo biti odporni proti koroziji. Premer vrtine, v katero je vgrajen ekstenzometer, je odvisen od tipa ekstenzometra (enojni/večtočkovni palični) in mora ustrezati zahtevam izbranega proizvajalca in tehničnim rešitvam, ki so podane načrtu predora.
- Pomiki morajo biti izmerjeni s pomočjo mikrometra ali električnega merilca pomikov, ki je nameščen na izbrani napravi. Natančnost čitanja mora biti  $\pm 0,05$  mm.
- Navodila za izvajanje meritev, opise opreme in druga navodila morajo biti pred vgradnjo posredovana na v potrditev nadzorniku. Če nadzor ne potrdi prelagane merske opreme ali zahteva dopolnitev opisov in delovanja naprave, je izvajalec spremljanja dolžan vlogo dopolniti, skladno z zahtevami.

## Inklinometer

- Inklinometrski cev s štirimi vzdolžnimi vodili mora biti zainjecirana v vrtini, tako da je omogočeno pomikanje inklinometrski sonde v dveh med seboj pravokotnih smereh. Če je inklinometer, ki je lahko obenem tudi piezometer, v tem primeru je inklinometrski cev perforirana, mora biti vgradnja izvedena tako, da hribinska voda nemoteno komunicira z okolico in obenem omogoča drsenje sonde v navedenih smereh.
- Inklinometrski sonda je izdelana za merjenje sprememb naklona inklinometriških cevi na določenih intervalih v razdalji 0,5 m oz. 1 m vzdolž cevi. Povezana je s prenosnim digitalnim zapisovalnikom podatkov, ki med posamezno meritvijo beleži merske podatke in jih pretvarja v kote odklonov od osnovne smeri.
- Merska cev je lahko odklonjena od vertikalne osi  $\pm 30^\circ$ , dolžina pa lahko znaša največ 200 m. Sonda mora imeti občutljivost večjo ali enako 0,01° ali 0,175 mm / m. Inklinometer mora biti kalibriran vsake 3 mesece. Potrdila o opravljenih kalibracijah mora izvajalec spremljanja dostavljati nadzorniku.

## 2.8 Izvedba

### 2.8.1 Splošne zahteve

- Vsi instrumenti morajo biti vgrajeni na mestih in v skladu s programom ob upoštevanju tehničnih specifikacij in s projektom določenih pogojev. Program izdela izvajalec spremljanja, pregleda ga geotehnični nadzornik in odobri nadzornik.
- Vsi materiali morajo biti vgrajeni v skladu z zahtevami izbranega proizvajalca opreme in z dodatnimi zahtevami navedenimi v tem dokumentu. Izvajalcu spremljanja tehnično pomoč pri vgradnji opreme nudi izvajalec gradnje.
- Obseg tehnične spremljave gradnje predora se lahko spremeni, če to zahtevajo dejanske geološke ali geotehnične razmere med gradnjo.
- Opazovalne točke morajo biti označene s prizmami ali odbojnimi tarčami, pritrjenimi na projektno določene nosilce prizem oz. tarč.
- Meritve morajo biti izvedene s tahimetrom. Meritve morajo omogočati določitev pomikov v absolutnem koordinatnem sistemu z minimalno natančnostjo  $\pm 1$  mm, pri največji absolutni napaki 2 mm.



- Vgradnja vseh instrumentov in naprav mora biti izvršena čim bližje čela izkopa in čim hitreje po izvedenem izkopnem koraku
- Vgradnjo vseh z načrtom predora določenih instrumentov mora voditi izvajalec spremljanja in nadzorovati izvajalec geotehnične spremljave. Izvajalec geotehnične spremljave je dolžan po končani vgradnji obvestiti inženirja o poteku vgradnje in morebitnih težavah, ki so bile prisotne pri izvedbi.
- Po vgradnji se izdelata zapisnik z vsemi pomembnimi podatki o vgrajevanju; zapisnik potrdi inženir geotehničnih meritev, ki je kontroliral vgradnjo. Izvajalec spremljanja dostavi zapisnik inženirju in po potrebi tudi projektantu.
- Vsi instrumenti morajo biti zavarovani pred poškodbami zaradi razstreljevanja, izkopa in prometa v predoru. Izvedena mora biti zaščita s pokrovi ali cevmi, ki ščiti opremo pred poškodbami.
- Merilno opremo, ali dele merilne opreme, ki jih poškoduje izvajalec gradnje 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 izvajalca geotehnične spremljave in inženirja.
- Rezervni deli in rezervne enote (oprema in material) morajo biti skladiščeni na gradbišču, tako, da je zagotovljena takojšnja dostopnost.
- Vgrajena merska oprema, merske točke in potreben prostor za izvajanje meritev morajo biti prosti in dostopni do začetka vgrajevanja hidroizolacijske folije.
- 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 nadzorniku in inženirju.
- Izvajalec geotehnične spremljave mora priskrbeti in vzdrževati opremo, ki je potrebna za vgradnjo in nadziranje merskih profilov, ves čas gradnje predora.
- Dnevno posodobljeni geološki podatki v elektronski obliki morajo biti dostopni in na razpolago vsem pooblaščenim udeležencem v projektu.
- Popisi čela se izvajajo skladno s priporočili ISRM.
- Geolog mora biti prisoten na gradbišču:
  - dnevno ob vsakem izkopnem koraku pri napredovanju gradnje na vseh predorskih objektih, vključno pri izdelavi predvrtov in gradbenih jam v sklopu zadevnega predorskega kompleksa, da se kakovostno in pravočasno izvedejo geološki in hidrogeološki popisi odprtih izkopnih ploskev oz. izkopnih čel.
  - na vseh čelih v času predvrtavanja in/ali raziskovalnega vrtanja ter izdelati geološki popis iznosa jedra, in registrirati ter odvzeti vzorce plinov in vode ter napisati strokovno poročilo o rezultatih vrtanja.
- 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 morata soglašati nadzornik in inženir. V primeru njunega nestrinjanja s predlogom izvajalca spremljanja mora o tem odločiti naročnik na osnovi neodvisnega strokovnega mnenja.
- Izvajalec gradnje mora priskrbeti in vzdrževati primerno razsvetlavo, prezračevanje,движно ploščad vključno s strojnikom, ki ima ustrezne kompetence za izvajanje tovrstnih del. Omogočati mora nemoten dostop do vseh merskih točk in instrumentov osebju, ki izvaja meritve. Enake zahteve veljajo za osebje inženirja, projektanta in izvajalca geotehnične spremljave.
- Izvajalec gradnje je dolžan po vnaprej dogovorjenih sredstvih komuniciranja obvestiti inženirja in izvajalca spremljanja o nameravanem izkopu, vrtanju, reprofiliranju itd. vsaj 2 uri pred začetkom aktivnosti.



### 2.8.2 Odčitavanje, risanje in vrednotenje podatkov

- Odčitavanje in posredovanje merskih rezultatov mora biti izvedeno strokovno s pooblaščenimi osebami izvajalca geotehnične spremljave, ki imajo ustrezne reference s tega področja.
- Za obdelavo meritev geodetskega monitoringa mora biti uporabljena programska oprema, ki omogoča direktno shranjevanje podatkov. Izbrana programska oprema mora:
  - Obdelavo merskih vrednosti z upoštevanjem meteoroloških popravkov ter geometrijskih in projekcijskih redukcij.
  - Izravnavo geodetske mreže z možnostjo nadzora nad uporabo grobo pogrešenih meritev dolžin in/ali kotov.
  - Ločeno izravnavo mreže 1D in 2D.
  - Vodenje rezultatov izravnav merskih točk v enotni bazi z enotnim poimenovanjem točke glede na stacionažo.
  - Transformacijo dela ali celotne baze merskih točk po izvedenih kontrolnih meritvah geodetske mreže.
  - Možnost izvoza rezultatov v univerzalnih formatih.
  - Predstavitev rezultatov z Načrtom predpisanimi grafi.
- Numerični podatki in prezentacija morata biti shranjeni v ASCII kodi na način, da je možen izvoz v programske baze podatkov. Ustreznost formata preveri in potrdi geotehnik, ki vrši vrednotenje in interpretacijo ob soglasju in odobritvi inženirja
- Vrednotenje in interpretacijo rezultatov geodetskih meritev vrši geotehnični nadzornik, prikaz in osnovno vrednotenje ostalih meritev izvaja izvajalec posameznega sklopa meritev. Skupno vrednotenje in interpretacijo vseh meritev izvaja geotehnični nadzornik.
- Prikaz in vrednotenje 3D meritev pomikov merskih točk je treba izvajati z izbranim programskim paketom za spremljanje gradnje predorov in mora omogočati obdelavo naslednjih parametrov:
  - Diagram stanja merjenega parametra vzdolž predorske cevi (vplivnice) in trendnih krivulj. Programska oprema za takšen prikaz mora omogočati tudi upoštevanje vrednosti neizmerjenih deformacij
  - Diagrami časovnega razvoja merjenih parametrov za posamezno mersko točko
  - Diagram deformacij v prerezu (vektorski diagram)
  - Prikaze časovnega razvoja merjenih parametrov v merskem profilu v odvisnosti od oddaljenosti od izkopa kalote
  - Prikaze časovnih razvojev merjenih parametrov v odvisnosti od oddaljenosti merskega profila od izkopa čela
  - Prikaze časovnih razvojev merjenih parametrov v odvisnosti od oddaljenosti merskega profila glede na različne faze del v predoru
  - Za uporabo izbrane programske opreme mora izvajalec spremljanja pridobiti soglasje inženirja in v primeru, da je soglasje pridobljeno, eno licenco predati v uporabo geotehniku. Prav tako mora izvajalec spremljanja obvestiti projektanta o izbrani programski opremi.
- V zgoraj navedenih diagramih morajo biti predstavljeni naslednji parametri:
  - Relativne deformacije med katerima koli merskima točkama

- Komponenta oz. katera koli izpeljana komponenta parametra (vertikalna, horizontalna komponenta pomikov)
- Uporabljena programska oprema mora omogočati (samo za geodetske meritve) glajenje oz. prilagajanje grafičnih krivulj zaradi izvedbe kontrolnih meritev ali ponovne vgradnje merskih točk.
- Geotehnični nadzornik 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.
- Prve meritve (ničelni odčitki) morajo biti izvedene za vsako mersko mesto takoj po vgradnji. Če to ni možno, morajo biti meritve izvedene takrat, ko so za to izpolnjeni pogoji. Kompleksni merski profili (ekstenzometri, merska sidra) se vgradijo največ 24 ur po izkopu.
- Pogostnost nadaljnjih meritev oz. odčitavanja mora za določeno mersko področje potekati v naslednjih časovnih presledkih od čela vsake izkopne faze:
  - na razdalji 50 m od čela izkopa: dnevno
  - 50 do 100 m od čela: vsak drug dan
  - od 100 do 200 m enkrat tedensko
  - nad 200 m mesečno
- Če so v določenih območjih ugotovljeni povečani prirastki deformacij, mora biti odčitavanje pogostejše, dokler se hitrost deformacij s časom ne zmanjša.
- Meritve morajo biti izvajane zvezno do končanja del na oblogi iz brizganega betona.
- Izvajalec spremljanja je dolžan dnevno geotehniku, projektantu in inženirju poslati podatke o izmerjenih vrednostih geodetskih meritev za tekoči dan v vnaprej določenem formatu datoteke. V primeru geodetskih meritev morajo te preglednice vsebovati:
  - datum in čas izvedbe meritev,
  - stanje izkopnih del ob izmeri
  - imena in koordinate merskih točk.
- Koordinate merskih točk morajo biti navedena v relativnem koordinatnem sistemu, ki ga tvorijo: vzdolžna koordinata osi predora, prečni odmik od osi predora in višinska razlika od osi predora.
- Format zapisa datoteke predlaga izvajalec spremljanja in odobri geotehnik.
- Geotehnik je dolžan elektronsko razposlati ali kako drugače posredovati, inženirju, izvajalcu gradnje in ostalim pooblaščenim udeležencem v gradnji, dnevno vrednotenje in interpretacijo rezultatov meritev, če ni določeno drugače.

- Izvajalec spremljanja je dolžan elektronsko razposlati ali kako drugače elektronsko dati na voljo inženirju, izvajalcu gradnje in ostalim udeležencem v gradnji, dnevno kartiranje čel in rezultate drugih geotehničnih spremljav, če ni na koordinacijskih sestankih določeno drugače.

### 2.8.3 Ukrepanje med gradnjo

- 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 geotehnik podal pojasnilo k obnašanju, ki je odvisno od velikosti odklona. Zato so predvidene 4 stopnje ukrepanja:
  - **Zgodnja stopnja alarmiranja (rumeno)** pomeni zaznavni odklon od normalnega/pričakovanega obnašanja. Geotehnični nadzornik pripravi posebno poročilo, ki vsebuje rezultate kontrolnih meritev in po potrebi predpiše dodatne ukrepe v smislu zgoščevanja meritev.
  - **Kriterij za stopnjo alarmiranja 1 (oranžno)** pomeni naraščajoč odklon od normalnega/pričakovanega obnašanja z očitno visoko izkoriščenostjo podporja z zaznavnim tveganjem za porušitev. Geotehnični nadzornik pripravi posebno poročilo, ki vsebuje rezultate kontrolnih meritev in dodatnih raziskav, izdela povratne ali druge vrste analize ter po potrebi predpiše dodatne ukrepe v smislu krajšanja koraka, dodatnih podpornih ukrepov oz. izboljšanja hribine.
  - **Kriterij za stopnjo alarmiranja 2a (rdeče)** pomeni progresiven odklon od normalnega/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 zaprtju obstoječe cevi in dodatnih podpornih ukrepih, ki niso predvideni s projektom.
  - **Kriterij za stopnjo alarmiranja 2b (rdeče)** pomeni, da ima obnašanje predora posledice na tretje osebe.
- Nivo zgodnjega alarmiranja in stopnje 1 se obvladuje z običajnimi ukrepi v skladu s temi specifikacijami in pogodbo.
- Nivo alarmiranja 2a in 2b zahteva prehod na krizno vodenje, ki zahteva ukrepe, ki niso nujno skladni s temi specifikacijami in pogodbo. Ukrepi se določijo v sklopu Geotehničnega varnostnega načrta, ki ga pred pričetkom del pripravi izvajalec geotehnične spremljave in potrdi nadzor in inženir.
- Glede na zgoraj določene stopnje geotehnik pripravi:
  - ustrezne povratne analize
  - rezultate kontrolnih meritev, ki jih odobri inženir
  - rezultate dodatnih raziskav, ki jih odobri inženir
- Na podlagi strokovne presoje in glede na rezultate teh analiz geotehnik izdela:
  - 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.

- Geotehnik mora vse predloge sprememb predhodno uskladiti s projektantom, ki spremembe tudi ustrezno tehnično obdela oz. da soglasje za njihovo izvedbo.
- Obseg ukrepov je odvisen od velikostnega reda ugotovljenih sprememb stanja. Ukrepi morajo biti podani v najkrajšem možnem času s katerimi se zagotavlja varnost pri delu na delovišču in splošna varnost tretje strani.

#### **2.8.4 Geološka spremljava in kartiranje**

- Geološko kartiranje in spremljavo ter interpretiranje rezultatov med izvedbo portalnih in predorskih izkopov mora izvajati strokovno usposobljeno osebje izvajalca spremljanja.
- Izvajalec gradnje mora omogočiti izvajalcu spremljanja dostop in potrebno strojno podporo za geološko kartiranje.
- Izvajalec spremljanja bo organiziral po potrebi sestanke za vmesno predstavitev in poročanje o izvedenem delu in za pripravo in načrtovanje programa raziskav.
- Izvajalec spremljanja bo v sodelovanju z geotehnikom pripravil geološko in geotehnično poročilo takoj, ko bodo na razpolago vsi rezultati laboratorijskih in terenskih raziskav.
- Predvideno delo:
  - Dnevna geološka spremljava čela izkopa po predlogah, ki jih odobri inženir, podprta s fotodokumentacijo mora vsebovati:
    - a. litologijo (tip hribine in barvo), stopnjo preperelosti, stopnjo razpokanosti, prisotnost prelomov in razpok
    - b. orientacije lomov, meritve geometričnih parametrov diskontinuitet, morfološke karakteristike razpokanosti, določanje trdnosti hribine z enostavnim testom na mestu, GSI in RMR klasifikacijo
    - c. določitev tipa hribine GT skladno s OGG (Richtlinien für die Geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb.)
    - d. določitev tipa hribinskega obnašanja BT skladno s OGG (Richtlinien für die Geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb.)
    - e. ocene dotokov vode, količine, PH faktor, merjenje prevodnosti in temperature
  - tedensko izdelavo poročila in razpošiljanje pooblaščenim osebam v elektronski obliki
  - spremljavo predvrtavanja, ki je podprta s fotodokumentacijo
  - vzorčenje za mineraloške, petrografske, paleontološke in geomehanske laboratorijske preiskave kamnin
  - minimalno tedensko vrisovanje in ažuriranje geološke zgradbe na profil in tlorisno situacijo M 1:100 (dopolnjevanje dokumentacije na delovišču)
  - tedensko geološko interpretacija podatkov v obliki situacije in vzdolžnega osnega profila; oboje v merilu 1:500; (tudi v elektronski obliki)
  - izdelavo povzetka ničelnega stanja na izvirih vode na površini
  - določanje GSI ter RMR indeksa in 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
  - geološki profil in tloris M 1:100, ki morata vsebovati dnevno ažurirane podatke
  - izdelavo tedenske napovedi geoloških in geomehanskih razmer do 20 m od izkopnega čela

kalote predora

### **2.8.5 Končno poročilo**

- Po dokončanih izkopnih delih mora izvajalec spremljanja izdelati končno poročilo, ki bo vsebovalo v pisni, preglednični in grafični obliki:
  - opis in prikaz geoloških razmer v vplivnem območju predora z vsemi posebnostmi in geološko pogojenimi pojavi
  - opis in prikaz hidrogeoloških razmer
  - ovrednotene rezultate vseh meritev.
- Kot priloge h končnemu poročilu bodo dodani dnevni oz. obdobni rezultati izvedenih meritev in geološke spremljave.
- Končno poročilo bo predstavljalo del projekta izvedenih del.
- Poročila pripravi izvajalec spremljanja. Potrdi ga inženir.

### **2.9 Izmere**

Vgradnja opazovalnih naprav in instrumentov se meri po dejansko vgrajenih količinah, ki so podane v popisu del s količinami.

### **2.10 Plačilo**

- a) Storitve izvajalca spremljave so plačane po posebni pogodbi.
- b) Vgradnja geotehničnih merskih naprav in instrumentov se plača po dejansko vgrajenih količinah, ki so podane v popisu del s količinami.
- c) Izvedba meritev, odčitavanje, vnos podatkov, grafični prikaz se plača po ceni na enoto za vsak mesec (ing/dan). Cena na enoto merjenja mora vključevati vsa zgoraj naštetá dela, opremo (tahimeter), materiale (merske tarče za geodetske meritve) in ustrezno programsko opremo, ki je potrebna za izvedbo storitve za celotni čas gradnje.
- d) Rezultati opazovanj, ki niso pravočasno predani (do 14.00), ali niso izvedeni v skladu z določili Tehničnih specifikacij ali načrtov ali pravil stroke, se ne plačajo (1/30 za dan).
- e) Cena na enoto za vgrajevanje merskih sider, ekstenzometrov in geodetskih točk mora vključevati vso potrebno opremo za ustrezno vgradnjo. Vrtanje in druga tehnična pomoč je zajeta v pogodbi z izvajalcem gradnje.
- f) Geološko kartiranje čela se obračuna skladno z napredovanjem izkopa predora (ing/dan).
- g) Plačilo za geološko spremljavo, kartiranje in dopolnjevanje 3D geološkega modela se izvede po mesečnem pavšalu. Plačilo in delo za geološko spremljavo, kartiranje in dopolnjevanje 3D geološkega modela se prične s pripravo dokumentacije teden pred pričetkom del. Plačilo za prvi in zadnji mesec uslug bo plačano po sistemu 1/30 mesečnega pavšala na dan. V ceni izdelave geološkega modela je zajet najem ustrezne programske opreme.
- h) Plačilo za raziskave in vrednotenje podatkov se plača po dejanskih količinah, vendar v okviru predvidenega pavšala.