

**PROJEKTNA NALOGA**

za

**GEOLOŠKO GEOTEHNIČNO SPREMLJAVO SANACIJE ZAHODNE CEVI AVTOCESTNEGA PREDORA  
KARAVANKE NA A1, ODSEK 0001 Karavanke - Obrežje****1 UVOD**

Avtocestni predori Karavanke povezuje avtocesto A2 Karavanke–Obrežje v Republiki Sloveniji z avtocesto A11 Beljak–Karavanke v Republiki Avstriji. Zahodna cev predora Karavanke je bila zgrajena leta 1991, medtem ko je gradnja vzhodne cevi v zaključni fazi. Po preusmeritvi prometa v novo cev je predvidena sanacija obstoječe cevi predora.

Zahodna cev predora Karavanke je bila v preteklosti že večkrat sanirana, kar potrjuje zahtevne geološko-geotehnične in hidrogeološke razmere. Te razmere so se znova potrdile med gradnjo vzhodne cevi, ko je potekala tudi spremljava tudi v zahodni cevi. Pridobljeni podatki so bili predani naročniku in so predstavljali pomembno podlago za načrtovanje trenutne sanacije.

Sanacija zahodne cevi predora Karavanke je izjemno zahteven inženirski poseg, ki zahteva stalno in celovito tehnično spremljanje. Glavni cilj spremljave je zagotavljanje varnosti, stabilnosti in funkcionalnosti predora v vseh fazah sanacije ter v nadaljnjem obratovanju.

Tehnična spremljava obsega geotehnične, geološke, hidrogeološke meritve, kontrolo vibracij in sprotno interpretacijo rezultatov. Ti podatki služijo kot osnova za pravočasno ukrepanje in optimizacijo gradbenih procesov.

Sanacija vključuje obnovo talnega oboka, ureditev odvodnje hribinske in cestiščne vode, sanacijo vozišča, notranje obloge ter stropne plošče.

**2 SPLOŠNI PODATKI****2.1 Splošni opis**

Zahodna cev predora Karavanke je dvosmerni cestni predor, ki poteka v dolžini 4.414 metrov na avstrijskem in 3.416,50 metra na slovenskem ozemlju. Gradnja predora je potekala med aprilom 1987 in oktobrom 1991, promet pa je stekel junija 1991 z enim voznim pasom, dvosmerni promet pa od junija 1992.

Predor je opremljen z osmimi odstavnimi nišami z elektro opremo, 44 nišami za klic v sili na zahodni strani ter 75 protipožarnimi nišami na vzhodni strani. V predoru sta umeščeni dve pogonski centrali (sredina/sever in sredina/jug) ter dve obračalni niši za tovorna vozila (na 1.654 m in 5.977 m). Intervencijskim službam sta omogočena dostopa z obeh portalov preko cestnega omrežja nižjega reda.

Čeprav je bila sprva predvidena gradnja dveh cevi, je bila zaradi nizkega prometa zgrajena le zahodna cev, ki še danes obratuje z dvosmernim prometom. Prezračevanje poteka s kombiniranim sistemom: vzdolžno v srednjem delu in prečno na obeh straneh predora, brez navpičnih jaškov.

Od začetka obratovanja je bilo izvedenih več sanacijskih in posodobitvenih ukrepov, med drugim:

- 2006: IP-tehnologija za klic v sili in ozvočenje
- 2008/09: sanacija kanala za odvod zraka
- 2009: razsvetljava
- 2011–2014: požarni nadzorni sistemi, radijska oprema, protipožarne niše, videonaprave
- 2012: preplastitev slovenskega dela
- 2014/15: sanacija prezračevalnega sistema
- sanacije talnega oboka so bile izvedene na več odsekih (odsek 2530–2620 m leta 1997, odsek 730–825 m leta 2002 z drenažnimi vrtinami, odsek 1706–1850 m leta 2007 z dodatno kanalizacijo ter odseka 1930–1990 m in 2390–2480 m leta 2014).

## 2.2 Podlage za izdelavo projektne naloge

Podlaga za izdelavo projektne naloge je bil PZI Sanacija zahodne cevi predora Karavanke, št. proj. 160015-SAN, s poudarkom na naslednjih načrtih in elaboratih:

- B-01 Načrt predora, št. načrta: B-01, april 2024, št. projekta 160015-SAN;
- E-11 Načrt tehnične spremljave sanacije predora, št. elab. E-11, maj 2024, dopolnjeno oktober 2025;
- Elaborat prezračevanja v času gradnje, št. načrta: E-12, april 2024, št. projekta 160015-SAN;
- Elaborat razstreljevanja in spremljanja nevarnih plinov pri gradnji, št. načrta: E-13, april 2024, št. projekta 160015-SAN;
- Tehnične specifikacije za geološko geotehnično spremljavo sanacije zahodne cevi avtocestnega predora Karavanke na A2 Karavanke – Obrežje..

## 3 OBSEG GEOLOŠKO GEOTEHNIČNE SPREMLJAVE SANACIJE

Geološko-geotehnična spremljava bo potekala pred, med in po sanaciji ter bo vključevala geotehnične in kontrolne meritve za spremljanje prerezporeditev napetosti, deformacij in obremenitev v podpornih elementih ter hribini. Posebna pozornost bo namenjena meritvam, ki omogočajo optimizacijo sanacijskih ukrepov in verifikacijo izbranih. V sklop spremljave sodijo tudi geološka spremljava izkopa, hidrogeološka opazovanja ter sprotno beleženje geomehanskih razmer, kar omogoča sprotno prilagajanje izvajanja del dejanskim razmeram in preverjanje učinkovitosti sanacijskih ukrepov. Rezultati teh opazovanj bodo ključni za razumevanje obnašanja podpornega sistema med in po sanaciji ter za dolgoročno varno obratovanje predora.

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

- **Geotehnične meritve:** spremljanje deformacij, napetosti, premikov in obremenitev v podpornih elementih in hribini.
- **Geološka spremljava:** kartiranje in napovedovanje geoloških in geomehanskih razmer, vzorčenje in laboratorijske preiskave.
- **Hidrogeološka spremljava:** spremljanje dotokov in tlakov podzemne vode, kemijske analize in vpliv na konstrukcijo.
- **Kontrola vibracij:** meritve vibracij zaradi gradbenih del, skladno z DIN 4150-3 in ÖNORM S 9020.
- **Geotehnični nadzor:** pregled geoloških in hidrogeoloških podatkov z geotehničnimi meritvami, celovito interpretacijo in pripravo poročil za inženirja in projektanta.

V okviru **geotehničnih meritev** so predvidene naslednje aktivnosti:

- nabava, vgradnja in izvajanje meritev geotehničnih merskih profilov v predoru;
- nova merilna mesta se integrirajo v obstoječi sistem avtomatskega zajema z dostopnimi točkami TM1900 (Z) in približno TM2600 (V), povezano na centralni strežnik.
- fotogrametrično/terestrično lasersko skeniranje se izvede za obe cevi po naročilu naročnika/inženirja. Posnetek mora biti naročniku predan v obliki, ki bo omogočala tudi v času obratovanja spremljanje nastajanja in razvoj anomalij (geodetsko referenciran posnetek z možnostjo ponovljivosti);
- vodenje geotehnične spremljave in interpretacija podatkov meritev z analizo potrebnih ukrepov (geotehnični nadzornik);
- izvedba kontinuiranih meritev vibracij v območju gradnje in sanacije 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 sanacije zahodne cevi predora Karavanke nudil vrtanje in tehnično pomoč pri vgrajevanju merske opreme.

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

- geološka spremljava izkopa talnega oboka glavne cevi in odstavne niše ter izkopnih čel prečnikov ter drugih podzemnih izkopov, podprto s fotodokumentacijo in/ali drugimi tehnikami daljinskega zajema; drugo spremljavo kot npr. eventualnih raziskovalnih vrtin v predoru in na površini terena
- vzpostavitev enotnega sistema za shranjevanje, obdelavo, analizo in komunikacijo vključno s stalnim vzdrževanjem sistema, stalnim dopolnjevanjem baze podatkov z vsemi relevantnimi dokumenti, razpošiljanjem poročil, ki vključujejo vse aktualne meritve oz. analize in arhiviranjem podatkov za potrebe predaje Upravljavcu za nadaljnjo uporabo tekom eksploatacije ter
- ostala dela, kot so vzorčenje za potrebe laboratorijskih mineraloških, petrografskih in geomehanskih laboratorijskih preiskav hribin in sodelovanje pri kategorizaciji hribine po ÖNORM 2203

V okviru **hidrogeološke spremljave** sanacije so predvidena naslednja dela:

- hidravlično stanje obeh predorskih cevi preko meritev tlakov in iztokov na razpoložljivih piezometričnih in drenažnih vrtinah
- hidrogeološke razmere neposredno na območjih samih posegov (npr. na lokacijah odkopa pri sanaciji talnega oboka, menjavi drenažnih ali odvodnih cevi)
- spremljanje količinskega in kemijskega stanja na portalnem iztoku iz obeh predorskih cevi
- meritve dotokov vzdolž centralne drenaže zahodne in vzhodne cevi predora
- meritve dotokov in tlakov na vodnih virih v zahodni in vzhodni cevi.

Pri interpretaciji zgoraj navedenih meritev je treba smiselno upoštevati tudi rezultate hidrogeološkega dela okoljskega monitoringa (ni del tega razpisa), ki vključuje spremljavo kemijskega stanja zajetij za pitno vodo v obeh predorskih ceveh ter hidrogeološko spremljavo stanja Save. Na uvodnem sestanku bo dogovorjen protokol posredovanje navedenih podatkov.

V okviru **kontrole vibracij** so predvidena naslednja dela:

- predhodni ogled in popis stanja vseh objektov v predoru, ki so v vplivnem območju razstreljevanja;
- vzpostavitev merskih mest v predoru na mestih, določenih s projektom, in izvedba ničelnih meritev vibracij;
- izvedba meritev vibracij v predoru na mestih, določenih s projektom;

V okviru **geomehanske spremljave** so predvidena naslednja dela:

- laboratorijske trdnostne in deformabilnostne preiskave kamnin
- laboratorijske preiskave vzorcev obstoječe betonske obloge
- laboratorijske preiskave nabrekliivosti kamnin
- interpretacijo rezultatov in dopolnitev obstoječih geomehanskih podatkov
- izdelavo vmesnih poročil za vsak izveden segment raziskav in izdelavo končnega poročila.

V okviru **geotehničnega nadzora** so predvidena naslednja dela:

- vodenje ekipe geotehnične spremljave,
- zbiranje in pregled vseh poročil,
- izdelava celovite interpretacije in pripravljanje poročil za inženirja in projektanta.

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

V nadaljevanju je definirano poimenovanje posameznih udeležencev, ki nastopajo pri gradnji oziroma sanaciji predora:

- izvajalec geotehnične spremljave sanacije predora vodi geološko- geotehnično spremljavo, interpretira rezultate meritev ter preverja ustreznost projektnih rešitev glede na geotehnične razmere. Manjše prilagoditve projektnih rešitev in izračune izdelava geotehnični nadzornik sam, medtem ko kompleksnejše prilagoditve in povratne analize izvede projektant v okviru projektantskega nadzora. V ekipo geotehničnega inženirja spadajo geolog, hidrogeolog, geodet, inženir geotehničnih meritev, geofizik in geotehnični nadzornik.
- projektant je izdelovalec načrtov za sanacijo zahodne cevi predora Karavanke 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 gradbenih del/sanacije je podjetje, ki je izbrano za izvedbo sanacije zahodne cevi predora;
- naročnik je investitor vseh izvedbenih del v okviru sanacije zahodne cevi predora;
- inženir je predstavnik naročnika, ki vodi in koordinira sanacijo zahodne cevi predora;
- nadzor je oseba, ki izvaja stalni nadzor pri sanaciji zahodne cevi predora.

## **4 NAČRT SPREMLJAVE**

### **4.1 Potreben kader**

Predmet razpisa je izvedba geološko-geotehnične spremljave sanacije zahodne cevi predora Karavanke. Glede na dejstvo, da so geološka spremljava in geotehnične meritve temeljne dejavnosti za uspešno sanacijo predora v območjih z zahtevnimi geološko geotehničnimi pogoji, se za ta dela pridobi neodvisno, usposobljeno ekipo strokovnjakov s področja geologije, hidrogeologije, rudarstva in geotehnologije, gradbeništva in geodezije.

Nalogo izvajalca geotehnične spremljave sanacije predora bo opravljala skupina strokovnjakov:

- **Geotehnični nadzornik:** nadzira kakovost izvedbe meritev in skladnost z varnostnim načrtom;
- **Geolog:** izvaja geološko kartiranje, vzorčenje in interpretacijo rezultatov;
- **Hidrogeolog:** izvaja hidrogeološko spremljavo količinskega in kemijskega stanja vode;
- **Geodet:** izvaja tahimetrične meritve in spremlja prostorske deformacije;
- **Inženir geotehničnih meritev:** vodi in interpretira geotehnične meritve, pripravlja poročila in

- **Geofizik** (za občasno izvajanje meritve vibracij in vpliva sanacije predora na objekte v predoru).

Strokovno usposobljena ekipa bo izvajala meritve tako v samem predoru kot tudi v vplivnem območju sanacijskih del predora, kjer je treba izvajati geološko-geotehnični in hidrogeološki nadzor z namenom preverjanja morebitnih vplivov sanacije predora. Prav tako bo naloga izbrane ekipe občasno geodetsko preverjanje svetlih profilov, in sicer tako v času sanacijskih del kakor tudi v obdobju izvedbe končnega stanja.

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

#### **4.2 Predvidene aktivnosti strokovne ekipe**

Skladno s projektom za izvedbo sanacije zahodne cevi predora Karavanke bodo v okviru geološke in geotehnične spremljave sanacije predora predvidoma izvedena naslednja dela:

- inženirsko geološko spremljava izvedbe izkopov novih podzemnih objektov in sanacije talnega oboka;
- hidrogeološke meritve in hidrogeološka spremljava pri izvajanju izkopnih in sanacijskih del;
- 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;
- geodetska kontrola izkopnega profila predora v času izkopnih in sanacijskih del, nabava in pomoč pri vgradnji merskih elementov tipa MS1, geodetske meritve pomikov točk na obodu notranje obloge predora tako v zahodni kot tudi vzhodni cevi predora – sidra z nosilcem in obojestransko odsevnimi tarčami;
- geodetski monitoring vgrajenih merskih točk;
- dobava in vgradnja merskih elementov tipa MS3 - merilne celice na glavah geotehničnih sider za merjenje sil v sidrih;
- dobava in vgradnja merskih elementov tipa MS4 – tlačne merske celice;
- dobava in vgradnja merskih elementov tipa MS5 – merilci specifičnih deformacij in merilec dilatacij;
- nabava in vgradnja merskih elementov tipa MS6 – merilci za beleženje pritiskov oziroma osnih sil v razporah
- nabava in vgradnja merskih elementov tipa MS7 - senzorji za beleženje sprememb nagiba v talnem oboku;
- izvajanje kontinuiranih meritev vibracij;
- izvedba pregleda objektov v zahodni cevi predora v vplivnem območju (predviden ničelni, vmesni in končni pregled);
- posnetek obstoječega stanja vzhodne cevi predora (končni posnetek, po potrebi tudi vmesni).

Izmerjeni podatki bodo analizirani in interpretirani ter podani v vsakodnevni poročili 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 gradbenih del 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**

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 sanacije, izkopa in primarnega podpiranja. Geološko spremljavo bo izvajalo strokovno usposobljeno osebje izvajalca geotehnične spremljave sanacije predora - geolog. Prav tako mora biti zagotovljena geološka spremljava pri izvedbi vseh dodatnih raziskovanih vrtin ali vrtin, ki bodo izvedene. Geološka spremljava mora vsebovati naslednje:

- geološko kartiranje mineraloških, litoloških in strukturnih elementov
- inženirsko-geološko kartiranje (določitev GSI, GT, BT)
- odvzem vzorcev kamnin za laboratorijske preiskave
- izvedbo mineraloških in petrografskih laboratorijskih preiskav na vzorcih odvzetih predvsem z območji, kjer se pojavljajo sulfatni in sulfidni minerali
- interpretacijo rezultatov in dopolnitev obstoječe karte in profilov
- izdelavo vmesnih poročil za vsak posamezen poseg in na koncu izdelavo končnega poročila.
- 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 gradbenih del 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 sanacije predora mora pripraviti dnevno geološko in geotehnično poročilo takoj, ko so na razpolago vsi rezultati terenskih meritev in laboratorijskih raziskav. Ker izkop ne poteka povsod do hribine, se vzdolžni profil posodablja parcialno – na odsekih z dejanskimi spremembami geometrije in podpore.

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

Podzemna voda tudi po desetletjih drenažne funkcije zahodne predorske cevi še vedno predstavlja enega ključnih dejavnikov, ki bo vplival na njeno sanacijo. Dodatno je pri dograditvi vzhodne predorske cevi prišlo do prerazporeditve dotokov med obema cevema. Pri vzpostavljanju ravnovesja lahko pride do dviga hidrostatskih tlakov v okolici nove predorske cevi, kar bo najverjetneje vodilo v nekoliko povišane vtoke podzemne vode v staro, zahodno cev Karavank.

Poleg tlakov so tudi dotoki in sama prisotnost vode lahko dejavnik nabrekanja evaporitnih mineralov, kar vodi v razvoj potencialnih deformacij predorske obloge v času sanacije zahodne predorske cevi (izkop temeljev, izkop elektro niš, reprofilacija prečnikov). Posledično je treba spremljati hidrogeološke pojave med izvedbo sanacije zahodne cevi, in sicer:

- hidravlično stanje obeh predorskih cevi preko meritev tlakov in iztokov na razpoložljivih piezometričnih in drenažnih vrtinah
- hidrogeološke razmere neposredno na območjih samih posegov (npr. na lokacijah odkopa pri

- sanaciji talnega oboka, menjavi drenažnih ali odvodnih cevi)
- spremljanje količinskega in kemijskega stanja na portalnem iztoku iz obeh predorskih cevi
- meritve dotokov vzdolž centralne drenaže zahodne in vzhodne cevi predora
- meritve dotokov in tlakov na vodnih virih v zahodni in vzhodni cevi.

Posebno pozornost je treba nameniti hidrogeološki spremljavi sanacije vodnega zajetja v Schlernskem dolomitu, kjer se izvaja:

- pregled tehnološkega elaborata izvajalca (materiali, način izvedbe) v območjih vodnih zajetij
- količinsko stanje dotekajoče in zajete vode v zahodni in vzhodni predorski cevi
- kemijsko stanje dotekajoče in zajete vode v zahodni in vzhodni predorski cevi
- ugotavljanje izvajanja predpisanih ukrepov.

Obseg sanacije vodnega zajetja je odvisen od usklajevanja z upravljavcem (npr. izvedba novih vrtin ipd.). Zato si naročnik pridržuje pravico, da se med izvajanjem del obseg predvidenih preiskav temu ustrezno prilagodi.

Hidrogeološka spremljava stanja Save, na katero lahko ima vpliv iztok hribinske vode in očiščene tehnološke vode iz predora, je zajeta v okviru okoljskega monitoringa (ki je sestavni del projektne dokumentacije). V okoljski monitoring je vključena tudi spremljava kemijskega stanja zajetij za pitno vodo v obeh predorskih ceveh. Pri interpretaciji zgoraj navedenih meritev je treba smiselno upoštevati tudi rezultate hidrogeološkega dela okoljskega monitoringa.

#### Poročanje in poročila o hidrogeološki spremljavi

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

### **4.5 Sistem geotehničnih meritev**

Geotehnične meritve so ključni del spremljanja in zagotavljanja stabilnosti predorskih konstrukcij, zlasti v fazi sanacije. Njihov namen je pridobiti zanesljive podatke o deformacijah, napetostih in vplivih podzemne vode, ki nastajajo zaradi obremenitev, sprememb geoloških pogojev ali izvedbe sanacijskih ukrepov. V primeru, ko se sanacija izvaja v eni cevi predora, medtem ko je druga cev oddaljena le 50 m, je natančno spremljanje še pomembnejše zaradi možnih interakcij med obema konstrukcijama in okoliškim hribinskim masivom.

Geotehnični spremljava temelji na dveh ključnih komponentah:

#### **1. Merski elementi**

To so vgrajeni senzorji in konstrukcijski elementi, ki zaznavajo spremembe v konstrukciji ali hribini. V našem primeru vključujejo:

- **Višinske reperje** za spremljanje vertikalnih pomikov.
- **3D geodetske točke:** Za prostorsko kontrolo deformacij oboka in talnega dela predora- merski profil **MS1**.
- **Merilce specifičnih deformacij in merilec dilatacij** Za lokalno spremljanje raztezkov in krčenja materiala - merski profil **MS5**.
- **Tlačne celice** (NATM celice) za merjenje napetosti v hribini in podporni konstrukciji- merski profil **MS4**.
- **Merske celice na sidrih** za kontrolo obremenitev - merski profil **MS3**.
- **Senzorje za pritisk** na hidravličnih razporah- merski profil **MS6**.

- **Senzorje za beleženje sprememb nagiba** v talnem oboku- merski profil **MS7**.

## 2. Merilna oprema in sistemi

To so naprave in tehnologije, ki omogočajo odčitavanje, obdelavo in prenos podatkov z merskih elementov:

- **Tahimeter** za geodetske meritve (višinski reperji, 3D točke).
- **Sistem za avtomatski zajem podatkov v zahodni cevi na posameznih merskih profilih (ZMP)**
- **Sistem za avtomatsko beleženje in spremljanje podatkov preko oddaljenega dostopa** (zajemna enota, dostopna točkam časa, prenos na server).
- **Programska oprema** za analizo in vizualizacijo meritev.

### 4.5.1 Obstoječe meritve v zahodni in vzhodni predorski cevi

Obstoječi sistem geotehničnih meritev, ki je vzpostavljen tako v zahodni kot tudi vzhodni cev predora bo v času trajanja sanacijskih del vključen v izvedbo po tej projektni nalogi:

- vizualni pregled betonske obloge in popis razpok

Redni pregledi notranje obloge predorske cevi v obratovanju se izvajajo po ločeni pogodbi Naročnika. Med sanacijo se vzpostavi kontinuirano kartiranje novih razpok in spremljanje obstoječih. V okviru GGHG ekipe se določi nosilca naloge in prevzame aktivne podlage od trenutnega izvajalca:

- meritev razvoja 6 večjih razpok
- meritev konvergen v 41 profilih z merskim trakom
- nivelmanska izmera pomikov 46 reperjev
- geodetske 3D meritve konvergen v 49 profilih v okviru obstoječega monitoringa
- meritve specifičnih deformacij in merilcev dilatacij notranje obloge in stropne plošče na štirih obsežneje opremljenih merskih profilih MS5 na predorski stacionaži 2290 m, 2315 m, 2360 m, 2410 m. Enote so opremljene z avtomatskimi zajemnimi enotami. (Slika 12)
- meritve raztezkov ekstenzometrov vgrajenih na predorski stacionaži 1967 m, 2400 m, 2450 m, 2485 m.
- sprotno vizualno spremljavo vseh obstoječih razpok in evidentiranjem novih razpok
- stalno spremljanje razvoja (pomikov) kritičnih razpok (obstoječih in novih)
- nadaljevanje meritev konvergen v vseh obstoječih profilih.
- nadaljevanje geodetskih meritev pomikov na vseh točkah in z vpeljavo novih točk
- nadaljevanjem geodetskih meritev 3D konvergen v vseh profilih z vgradnjo novih merskih profilov

Dostopna točka v zahodni predorski cevi je vgrajena na predorski stacionaži okvirno TM1900 in v vzhodni predorski cevi na predorski stacionaži približno TM 2600 s povezavo na server, ki omogoča zbiranje in oddajanje podatkov že nameščena in omogoča povezavo z novo potencialno nameščenimi sistemi za avtomatski zajem podatkov na posameznih merskih profilih.

Lokacije merskih profilov v vzhodni cevi so podane v preglednici.

Ime	Opis	Točke
MS1-NO-01-0010	Odsek 1	11, 22, 33
MS1-NO-02-0815	ON1	11, 22, 33
MS4-TM823	Tlačne celice - talni obok anhidrit	T1, T2, T3
MS1-NO-03-EQ25	EQ25	11, 22, 33
MS1-NO-04-1425	2P-Odsek 2/1	11, 22, 33
MS1-NO-05-1455	2P-Odsek 2/2	11, 22, 33



MS1-NO-06-1500	2P-Odsek 2/3	11, 22, 33
MS1-NO-07-1530	2P-Odsek 2/4	11, 22, 33
MS1-NO-08-1727	Mlinška	11, 22, 33
MS1-NO-09-1795	ON2/1	11, 22, 33
MS1-NO-10-1835	ON2/2	11, 22, 33
MS1-NO-11-EQ22	EQ22	11, 22, 33
MS1-NO-12-2019	2P-Odsek 3/1 – zrušek	11, 22, 33
MS1-NO-13-2210	2P-Odsek 3/2 – deformacije	11, 22, 33
MS1-NO-14-GQ20	GQ20	11, 22, 33
MS1-NO-15-2350	2P-Odsek 3/3	11, 22, 33
MS1-NO-16-2400	2P-Odsek 3/4	11, 22, 33
MS1-NO-17-2450	2P-Odsek 3/5	11, 22, 33
MS1-NO-18-2500	2P-Odsek 3/6	11, 22, 33
MS1-NO-19-2550	2P-Odsek 3/7 – prehod 2P-ON3	11, 22, 33
MS1-NO-20-2590	ON3/1	11, 22, 33
MS1-NO-21-2630	ON3/2	11, 22, 33
MS1-NO-22-EQ19	EQ19	11, 22, 33
MS1-NO-23-2750	2P-Odsek 4/1	11, 22, 33
MS1-NO-24-2780	2P-Odsek 4/2	11, 22, 33
MS1-NO-25-3305	ON4	11, 22, 33
MS1-NO-26-EQ17	EQ17	11, 22, 33

#### 4.5.2 Meritve vibracij

S projektom se načrtuje kombiniran način izkopa novih podzemnih prostorov (slepih prečnikov) v sklopu sanacije, ki bo potekal z razstreljevanjem in bagrskim izkopom, da se prepreči nastanek vibracij, ki bi škodljivo vplivale na predor se v vplivnem območju v predoru Karavanke načrtuje izvedba meritev vibracij, in sicer na naslednjih mestih:

Lokacija	Merilno mesto	Stacionaža / D96Y - D96X	Število merilcev	Kategorija objekta po ÖNORM S 9020	Kategorija vpliva po ÖNORM S 9020	Kategorija objekta po DIN 4150
ER 08.1	Gr – Sz1	0+878,55	1	2	Impulzivno, pogosto	L1
ER 07.1	Gr – Sz2	1+888,68	1	2	Impulzivno, pogosto	L1
ER 06.1	Gr – Sz3	2+673,82	1	2	Impulzivno, pogosto	L1
ER 05.1	Gr – Sz4	3+369,78	1	2	Impulzivno, pogosto	L1
Obvodni rov	Gr – Sz5	2+998,76	1	2	Impulzivno, pogosto	L1

V sklopu geološko geotehnične spremljave se izvajajo kontinuirne meritve vibracij na lokacijah. Izvajalec gradbenih del mora izvajalcu meritev vibracij posredovati minerske dnevniks po vsakem odstrelu. Izvajalec geološko geotehnične spremljave mora posredovati poročila oziroma rezultate meritev vsem deležnikom na projektu (naslovnike se določi v sklopu tehnološkega elaborata).

Izvajalec je dolžan opraviti predhodni ogled in popis stanja vseh tistih objektov, za katere smatra, da bi lahko bili v času sanacije predora poškodovani. Izdelati mora zapisnik ali elaborat predora o ugotovitvah oziroma popisih začetnega stanja objektov, kar bo služilo kot osnova za ugotavljanje morebitnih poškodb, ki bi nastale v času izvajanja del v sklopu sanacije zahodne predorske cevi. Omenjene preglede je treba opraviti pred pričetkom del..

Na podlagi elaborata razstreljevanja, ki je bil izdelan v PZI fazi projekta sanacije zahodne cevi predora Karavanke, 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.

#### **4.6 Meritve prisotnosti plinov**

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

#### **4.7 Pogostost geotehničnih meritev**

Za izvedbo meritev bo izvajalec gradbenih del omogočil izvajalcu tehnične spremljave sanacije 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 sanacije je dolžan že pred začetkom meritev pripraviti vse potrebno za hitro in učinkovito izvedbo meritev.

Prva meritev (ničelni odčitek) se izvede takoj po vgradnji merskega elementa oziroma, ko so izpolnjeni pogoji. Nadaljnje meritve potekajo glede na oddaljenost od čela izkopa oziroma sanacije:

- do 50 m: dnevno,
- 50–100 m: vsak drugi dan,
- 100–200 m: enkrat tedensko,
- več kot 200 m: enkrat mesečno.

Vizualni pregled deformacij se izvaja tedensko, geodetske meritve in pregled vzhodne cevi pa vsaka dva meseca. V vzhodni cevi se geotehnične meritve izvajajo samodejno na 30-minutnih intervalih skozi celotno gradnjo.

Če deformacije ne ustrezajo pričakovanim vrednostim (po Geotehničnem varnostnem načrtu), se pogostost meritev poveča na podlagi dogovora med geotehničnim nadzornikom, projektantom in inženirjem. Projektant mora v takem primeru pripraviti dodatne stabilizacijske ukrepe. Če se deformacije umirjajo hitreje od pričakovanega, se lahko pogostost meritev zmanjša.

Meritve izvaja strokovno usposobljeno osebje z opremo, katere natančnost je določena v tehničnih specifikacijah. Rezultati se sproti obdelujejo z ustrezno programsko opremo (npr. Tunnel Monitor ali ekvivalentna rešitev na najem)), ki omogoča zajem podatkov, grafične prikaze pomikov, napetosti in trendov ter prognozo razvoja deformacij. Interpretacija rezultatov mora biti kontinuirana, z namenom preverjanja projektnih rešitev in zagotavljanja varnosti ter stabilnosti podpornega sistema. Projektant mora najmanj enkrat tedensko pripraviti poročilo in predlagati ukrepe, pogostejše, če to zahtevajo razmere.

#### **4.8 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.

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

Geotehnični nadzornik mora redno 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 sanacije 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 sanacije 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 sanacije 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 sanacije 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 sanacije 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) 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.
- g) Izvajalec geotehnične spremljave sanacije predora in drugih geotehničnih objektov mora redno 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 sanacije 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 sanacije 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 sanacije predora, ki jih bo moral pri svojem delu upoštevati:

- a) Pred začetkom izkopnih del bo moral izvajalec geotehnične spremljave sanacije predora pripraviti tehnološki elaborat (TE), v katerem bodo:

- navedeni postopki izvajanja geološke in geotehnične spremljave,
- opisana vsa 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 sanacije predora mora biti prisoten pri popisu ničelnega in končnega stanja objektov, 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 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  $0,5 \text{ mm} \pm 1,0 \text{ ppm}$ . 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 mm/10 m ter natančnost skenirane točke vsaj 2 mm /10 m.  
Natančnost koordinat posamezne točke v oblaku točk ne sme biti slabša od  $\pm 3 \text{ mm}$ .
- d) Vsi instrumenti morajo biti vgrajeni na mestih in v skladu s tehnološkim elaboratom ob upoštevanju tehničnih specifikacij in s projektom določenih pogojev. TE izdela izvajalec geotehnične spremljave sanacije 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 sanacije predora tehnično pomoč pri vgradnji opreme nudi izvajalec sanacije predora.
- f) Obseg tehnične spremljave sanacije 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 tahimetrične 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 sanacije 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 sanacije 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 sanacije 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 sanacije 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 sanacije predora mora priskrbeti in vzdrževati opremo, ki je potrebna za vgradnjo in nadziranje merskih odsekov ves čas sanacije 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 sanacije zahodne cevi predora Karavanke.
- t) Geolog mora biti prisoten na gradbišču:
  - ob vsakem izkopnem koraku pri napredovanju gradnje na vseh predorskih deloviščih, 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.
  - 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 sanacije predora mora o tem odločiti naročnik na osnovi neodvisnega strokovnega mnenja.
- v) Izvajalec sanacije 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 sanacije predora je dolžan po vnaprej dogovorjenih sredstvih komuniciranja obvestiti inženirja in izvajalca geotehnične spremljave sanacije predora oz. geotehniko o nameravanim izkopu, vrtanju, reprofiliranju ... vsaj 2 uri pred začetkom aktivnosti.
- x) Pred vgradnjo posameznih merskih elementov mora izvajalec geotehnične spremljave sanacije 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 sanacije 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 sanacije 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 sanacije predora pripravi Posebno poročilo, ki vsebuje rezultate kontrolnih meritev in dodatnih raziskav, v sodelovanju s projektantom 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 sanacije 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 sanacije predora, potrđita pa inženir in projektant.
- d) Glede na zgoraj določene stopnje izvajalec geotehnične spremljave sanacije predora pripravi:
  - v sodelovanju s projektantom 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 sanacije predora izdelata:
  - prilagojen način sanacije 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 sanacije predora mora vse predloge sprememb predhodno uskladiti s projektantom, ki spremembe tudi ustrezno tehnično obdelata 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 sanacije predora oz. njegovemu strokovnemu osebju dostop in potrebno strojno podporo za geološko kartiranje.
- c) Izvajalec geotehnične spremljave sanacije 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 sanacije 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 razpokanosti, prisotnost prelomov in razpok,
  2. orientacije lomov, meritve geometričnih parametrov diskontinuitet, morfološke karakteristike razpokanosti, 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 parcialne posodobitve 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 gradbenih delih v predoru mora izvajalec geotehnične spremljave sanacije predora izdelati končno poročilo, ki bo vsebovalo v pisni, preglednični 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. obdobjni rezultati izvedenih meritev in geološke spremljave.
- c) Končno poročilo bo predstavljalo del projekta izvedenih del.
- d) Poročilo izdela izvajalec geotehnične spremljave sanacije 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 izvajanja gradbenih del.
- c) Fotogrametrično/terestrično lasersko skeniranje – meritve se izvede po navodilu inženirja/naročnika. Naročnik si pridržuje pravico, da izvede manj meritev po tej pogodbi.
- d) Rezultati opazovanj, ki niso pravočasno predani, ali niso izvedeni v skladu z določili Tehničnih specifikacij, TE ali načrtov ali pravili stroke, se ne plačajo.
- e) Cena na enoto za merske element mora vključevati vso potrebno opremo za ustrezno vgradnjo. Vrtanje in druga tehnična pomoč je zajeta v pogodbi z izvajalcem gradbenih del.
- f) Plačilo za geološko - geotehnično in hidrogeološko spremljavo se izvede za vsak delovni dan po dejanskih količinah in obračunu v mesečni situaciji.
- g) Za dela, ki se obračunavajo po enoti mere na dan, se bo v primeru, da je dejanski obseg del manjši od predpisanega števila ur/dan, pri obračunu upošteval proporcionalni obračun glede na dejansko opravljena dela.

#### 5.4 Vsebina tehnološkega elaborata



Pred začetkom del mora izvajalec geotehnične spremljave sanacije 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. izvedbo ničelne tahimetrične izmere, ki mora biti izvedene pred gradbenimi posegi in služi kot referenčna pri nadaljevanju meritev po potrjenem programu,
11. 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.
12. 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,
13. opis in lastnosti vseh merskih elementov in načinom njihove vgradnje
14. 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 sanacije predora za vse oblike uporabe in javne predstavitve pridobiti soglasje naročnika.

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

Morebitna škoda, ki ne bo nastala zaradi malomarnega dela izvajalca, se poravna po opravljenem delu na osnovi uradne cenoitve.

<b>7 ROK IZDELAVE</b>
-----------------------

Geotehnična spremljava sanacij zahodne cevi predora Karavanke je razpisana za čas od uvedbe v delo do zaključka sanacijskih del predora.

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>SPLOŠNI PODATKI .....</b>	<b>1</b>
2.1	Splošni opis .....	1
2.2	Podlage za izdelavo projektne naloge .....	2
<b>3</b>	<b>OBSEG GEOLOŠKO GEOTEHNIČNE SPREMLJAVE GRADNJE .....</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>NAČRT SPREMLJAVE.....</b>	<b>4</b>
4.1	Potreben kader.....	4
4.2	Predvidene aktivnosti strokovne ekipe .....	5
4.3	Izvajanje geološke spremljave .....	6
4.4	Izvajanje hidrogeološke spremljave .....	6
4.5	Sistem geotehničnih meritev.....	7
4.5.1	Obstoječe meritve v zahodni in vzhodni predorski cevi.....	8
4.5.2	Meritve vibracij.....	9
4.6	Meritve prisotnosti plinov .....	10
4.7	Pogostost geotehničnih meritev .....	10
4.8	Kriteriji meritev.....	10
4.9	Odčitavanje, risanje in vrednotenje podatkov .....	11
<b>5</b>	<b>ZAHTEVE ZA IZVEDBO SPREMLJAVE .....</b>	<b>12</b>
5.1	Ukrepanje med gradnjo v primeru alarmnih nivojev .....	14
5.2	Geološka spremljava in kartiranje .....	15
5.2.1	Končno poročilo.....	16
5.3	Plačilo.....	16
5.4	Vsebina tehnološkega elaborata .....	16
<b>6</b>	<b>SPLOŠNA NAČELA.....</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>ROK IZDELAVE.....</b>	<b>18</b>

Priloge:

Priloga 1.1 – 1-4: Situacija merskih profilov

Priloga 2.1 – 2.6: Karakteristični merski profili

Priloga 3: Specifikacija ponudbe

Priloga 4: Tehnične specifikacije za geološko, geodetsko, geotehnično in hidrogeološko opazovanje sanacije zahodne cevi predora Karavanke