

**Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR
Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií**

TP 03/2015

**TECHNICKÉ PODMIENKY
INŽINIERSKOGEOLOGICKÝ PRIESKUM PRE TUNELY**

účinnosť od: 01.05.2015

OBSAH

1	Úvodná kapitola.....	3
1.1	Vzájomné uznávanie.....	3
1.2	Predmet technických podmienok (TP).....	3
1.3	Účel TP.....	3
1.4	Použitie TP.....	3
1.5	Vypracovanie TP.....	3
1.6	Distribúcia TP.....	4
1.7	Účinnosť TP.....	4
1.8	Nahradenie predchádzajúcich predpisov.....	4
1.9	Súvisiace a citované právne predpisy.....	4
1.10	Súvisiace a citované normy.....	4
1.11	Súvisiace a citované technické predpisy a podmienky.....	5
1.12	Súvisiace zahraničné predpisy.....	5
1.13	Použité skratky.....	6
2	Všeobecne.....	6
2.1	Termíny a definície.....	6
2.2	Vstup na cudzie nehnuteľnosti, náhrada škody a likvidácia geologických diel.....	7
3	Metodické zásady inžinierskogeologického prieskumu.....	7
3.1	Faktory, ovplyvňujúce požiadavky na inžinierskogeologický prieskum pre tunely.....	7
3.2	Etapy inžinierskogeologického prieskumu pre tunely.....	8
3.3	Náplň jednotlivých etáp prieskumu.....	8
3.3.1	Geologické štúdie na vypracovanie technických štúdií, zámeru a správy o hodnotení....	9
3.3.2	Etapa orientačného IGP pre etapu DUR a DSZ.....	9
3.3.3	Etapa podrobného IGP.....	12
3.4	Príprava IGP.....	15
4	Prehľad terénnych prieskumných prác a ich vykonávanie.....	16
4.1	Priame prieskumné práce a metódy odberu vzoriek zemín a hornín.....	16
4.1.1	Odber vzoriek zemín.....	16
4.1.2	Odber vzoriek zo skalných hornín.....	18
4.1.3	Manipulácia so vzorkami, ich skladovanie a preprava.....	19
4.1.4	Zabezpečenie prieskumných prác (vrtných a kopných).....	19
4.1.5	Likvidačné práce prieskumných prác.....	20
4.1.6	Prieskumná štôľňa.....	20
4.2	Terénne skúšky – nepriame prieskumné práce.....	21
4.2.1	Všeobecne.....	21
4.2.2	Program terénnych skúšok.....	21
4.2.3	Typy terénnych skúšok.....	21
4.2.4	Vyhodnotenie terénnych skúšok.....	22
4.3	Zisťovanie výskytu, režimu a vlastností podzemnej vody v horninovom prostredí.....	22
4.4	Geofyzikálne práce.....	26
4.5	Mapovacie práce.....	27
4.6	Meračské práce.....	27
5	Laboratórne skúšky.....	27
5.1	Všeobecne.....	27
5.2	Príjem, evidencia a uskladnenie vzoriek.....	28
5.3	Spracovanie vzoriek.....	28
5.3.1	Program laboratórných skúšok.....	28
5.3.2	Klasifikačné skúšky.....	28
5.3.3	Laboratórne skúšky.....	29
5.3.4	Zaznamenávanie pracovných postupov a uchovanie vzoriek počas ich spracovania....	29
5.4	Kontrola laboratórných prác.....	29
5.5	Správa o laboratórných skúškach.....	29
6	Správy z prieskumu horninového prostredia.....	30
6.1	Záverečná správa IGP.....	30
6.1.1	Textová časť.....	30
6.1.2	Prílohová časť.....	32
6.2	Správy pre súťažné podklady na vykonanie stavebných prác.....	34
6.2.1	Súhrnná geotechnická správa.....	34
6.2.2	Základná geotechnická správa.....	35

1 Úvodná kapitola

1.1 Vzájomné uznávanie

V prípadoch, kedy táto špecifikácia stanovuje požiadavku na zhodu s ktoroukoľvek časťou slovenskej normy ("Slovenská technická norma") alebo inej technickej špecifikácie, možno túto požiadavku splniť zaistením súladu s:

- (a) normou alebo kódexom osvedčených postupov vydaných vnútroštátnym normalizačným orgánom alebo rovnocenným orgánom niektorého zo štátov EHP;
- (b) ktoroukoľvek medzinárodnou normou, ktorú niektorý zo štátov EHP uznáva ako normu alebo kódex osvedčených postupov;
- (c) technickou špecifikáciou, ktorú verejný orgán niektorého zo štátov EHP uznáva ako normu; alebo
- (d) európskym technickým posúdením vydaným v súlade s postupom stanoveným v nariadení (EÚ) č. 305/2011.

Vyššie uvedené pododseky sa nebudú uplatňovať, ak sa preukáže, že dotknutá norma nezaručuje náležitú úroveň funkčnosti a bezpečnosti alebo technického pokroku.

„Štát EHP“ znamená štát, ktorý je zmluvnou stranou dohody o Európskom hospodárskom priestore podpísanej v meste Porto dňa 2. mája 1992, v aktuálne platnom znení.

"Slovenská norma" ("Slovenská technická norma") predstavuje akúkoľvek normu vydanú Úradom pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky vrátane prevzatých európskych alebo iných medzinárodných noriem.

1.2 Predmet technických podmienok (TP)

Tieto TP určujú zásady a metodiku vykonávania inžinierskogeologického prieskumu (ďalej IGP) pre cestné tunely.

1.3 Účel TP

Tieto TP platia pre inžinierskogeologický prieskum vykonávaný pre navrhovanie a výstavbu tunelov na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I. triedy.

1.4 Použitie TP

Tieto TP sú určené pre zhotoviteľov IGP, pre projektantov, investorov a správcov tunelov na pozemných komunikáciách (PK), ako aj pre všetky orgány a inštitúcie zúčastňujúce sa na výstavbe tunelov.

1.5 Vypracovanie TP

Tieto TP na základe objednávky Slovenskej správy ciest (SSC) vypracovala spoločnosť Terraprojekt,

a.s., Podunajská 24, 821 06 Bratislava.

Zodpovedný riešiteľ:

- Ing. Miloslav Frankovský, tel. č.: +421 2 45 52 37 71, e-mail: frankovsky@terraprojekt.sk.

Spoluriešitelia:

- Doc. Ing. Jana Frankovská, PhD, e-mail: jana.frankovska@stuba.sk
- Doc. RNDr. Miloslav Kopecký, PhD, e-mail: miloslav.kopecky@stuba.sk
- RNDr. Marián Kuvik, e-mail: kuvikm@cadeco.sk
- RNDr. Antonín Matejček, e-mail: antonin.matejcek@geofos.sk.

1.6 Distribúcia TP

Elektronická verzia TP sa po schválení zverejní na webovej stránke SSC: www.ssc.sk (technické predpisy) a na webovej stránke MDVRR SR: www.mindop.sk (doprava, cestná doprava, cestná infraštruktúra, legislatíva, technické predpisy).

1.7 Účinnosť TP

Tieto TP nadobúdajú účinnosť dňom uvedeným na titulnej strane.

1.8 Nahradenie predchádzajúcich predpisov

Tieto TP nenahrádzajú žiadny iný predpis.

1.9 Súvisiace a citované právne predpisy

- [Z1] Zákon č. 135/1961 Z. z. o pozemných komunikáciách (cestný zákon), v znení neskorších predpisov;
- [Z2] zákon č. 50/1976 Z. z. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov;
- [Z3] zákon č. 51/1988 Z. z. o banskej činnosti, výbušnínach a štátnej banskej správe v znení neskorších predpisov;
- [Z4] smernica MŽP SR č. 1/1996-3.2 na zostavovanie inžinierskogeologických máp zo dňa 15. 3. 1996;
- [Z5] zákon č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov;
- [Z6] zákon č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon), v znení neskorších predpisov;
- [Z7] vyhláška MŽP SR č. 51/2008 Z. z., ktorou sa vykonáva geologický zákon;
- [Z8] zákon č. 8/2009 Z. z. o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z9] vyhláška MV SR č. 9/2009 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z10] zákon č. 133/2013 Z. z. o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov;
- [Z11] vyhláška MDVRR SR č. 162/2013 Z. z., ktorou sa ustanovuje zoznam skupín stavebných výrobkov a systémy posudzovania parametrov.

1.10 Súvisiace a citované normy

STN 72 1004	Presiometrická skúška
STN 72 1006	Kontrola zhutnenia zemín a sypanín
STN 72 1010	Stanovenie objemovej hmotnosti zemín. Laboratórne a poľné metódy
STN 72 1011	Laboratórne stanovenie zdanlivej hustoty pevných častíc zemín
STN 72 1012	Laboratórne stanovenie vlhkosti zemín
STN 72 1013	Laboratórne stanovenie medze plasticity zemín
STN 72 1014	Laboratórne stanovenie medze tekutosti zemín Casagrandeho metódou
STN 72 1015	Laboratórne stanovenie zhutniteľnosti zemín
STN 72 1016	Laboratórne stanovenie pomeru únosnosti zemín (CBR)
STN 72 1018	Laboratórne stanovenie relatívnej uľahnutosti nesúdržných zemín
STN 72 1019	Laboratórne stanovenie zmršťovania zemín
STN 72 1020	Laboratórne stanovenie priepustnosti zemín
STN 72 1021	Laboratórne stanovenie organických látok v zeminách
STN 72 1022	Laboratórne stanovenie uhličitanov v zeminách
STN 72 1025	Laboratórne stanovenie pevnosti jemnozrnných zemín v prostom tlaku
STN 72 1026	Laboratórne stanovenie šmykovej pevnosti zemín vrtulkovou skúškou
STN 72 1027	Laboratórne stanovenie stlačiteľnosti zemín v oedometri
STN 72 1029	Stanovenie adsorpcie vody podľa Enslina
STN 72 1030	Laboratórne metódy stanovenia šmykovej pevnosti zemín krabicovým prístrojom

STN 72 1031	Laboratórne metódy stanovenia šmykovej pevnosti zemín triaxiálnym prístrojom
STN 72 1191	Skúšanie miery namrzavosti zemín
STN 73 0037	Zemný tlak na stavebné konštrukcie
STN 73 0090	Geotechnický prieskum
STN 73 1001	Geotechnické konštrukcie. Zakladanie stavieb
STN 73 1010	Názvoslovie a značky v geotechnike
STN 73 6100	Názvoslovie pozemných komunikácií
STN 73 6101	Projektovanie ciest a diaľnic
STN 73 7507	Projektovanie cestných tunelov
STN EN 197-1 (72 2101)	Cement. Časť 1: Zloženie, špecifikácie a kritéria na preukazovanie zhody cementov na všeobecné použitie
STN EN 197-2 (72 2101)	Cement. Časť 2: Hodnotenie zhody
STN EN 206-1 (73 2403)	Betón. Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda
STN EN 1997-1 (73 0091)	Eurokód 7. Navrhovanie geotechnických konštrukcií. Časť 1: Všeobecné pravidlá
STN EN 1997-2 (73 0091)	Eurokód 7. Navrhovanie geotechnických konštrukcií. Časť 2: Prieskum a skúšanie horninového prostredia
STN EN ISO 14688-1 (72 1003)	Geotechnický prieskum a skúšky. Pomenovanie a klasifikácia zemín. Časť 1: Pomenovanie a opis (ISO 14688-1)
STN EN ISO 14688-2 (72 1003)	Geotechnický prieskum a skúšky. Pomenovanie a klasifikácia zemín. Časť 2: Princípy klasifikácie (ISO 14688-2)
STN EN ISO 14689-1 (72 1001)	Geotechnický prieskum a skúšky. Pomenovanie a klasifikácia skalných hornín. Časť 1: Pomenovanie a opis (ISO 14688-1)
STN EN ISO 22282-1 (72 1040)	Geotechnický prieskum a skúšky. Hydrodynamické skúšky. Časť 1: Všeobecné pravidlá (ISO 22282-1)
STN EN ISO 22475-1 (72 1005)	Geotechnický prieskum a skúšky. Metódy odberu vzoriek a meranie hladín podzemnej vody. Časť 1: Technické zásady vykonávania (ISO 22475-1)
STN EN ISO 22476-2 (72 1032)	Geotechnický prieskum a skúšky. Terénne skúšky. Časť 2: Dynamická penetračná skúška (ISO 22476-2)
STN EN ISO 22476-3 (72 1033)	Geotechnický prieskum a skúšky. Terénne skúšky. Časť 3: Štandardná penetračná skúška (ISO 22476-3)

Poznámka: Súvisiace a citované normy vrátane aktuálnych zmien, dodatkov a národných príloh.

1.11 Súvisiace a citované technické predpisy a podmienky

[T1]	TP 03/2006	Dokumentácia stavieb ciest + Prílohy (01 – 14), MDPT SR: 2007;
[T2]	TP 05/2006	Tunelové názvoslovie, MDPT SR: 2006;□
[T3]	TP 07/2008	Vykonávanie inžinierskogeologického prieskumu pre cestné stavby, MDPT SR: 2008;□
[T4]	TP 06-01/2006	Podzemné stavby. Časť 1: Cyklické razenie, vystrojovacie triedy, MDPT SR: 2006;
[T5]	TP 06-02/2006	Podzemné stavby. Časť 2: Kontinuálne razenie, MDPT SR: 2006;
[T6]	TP 13/2011	Príručka monitoringu vplyvu cestných komunikácií na životné prostredie, MDVRR SR: 2011;
[T7]	TKP časť 0	Všeobecne, MDVRR SR: 2012;
[T8]	TKP časť 28	Geotechnický monitoring pre tunely a prieskumné štólne, MDVRR SR: 2010.

1.12 Súvisiace zahraničné predpisy

[T9]	Strategy for Site Investigation of Tunnelling Projects, [Príručka pre prieskum horninového prostredia pre projekty tunelov], pracovný dokument ITA, 2014;
[T10]	Geotechnical Baseline Reports for Underground Construction [Základné geotechnické správy pre podzemné stavby], the Technical Committee on Geotechnical Reports of the Underground Technology Research Council, ASCE, 2007;

- [T11] Geotechnický průzkum pro navrhování a provádění tunelů pozemních komunikací, MD ČR, 2007;
- [T12] Guideline for the Geotechnical Design of Underground Structures with Conventional Excavation [Príručka pre geotechnické navrhovanie konvenčne razených podzemných stavieb], Austrian Society for Geomechanics, 2010.

1.13 Použité skratky

IGP	inžinierskogeologický prieskum
CBR	kalifornský pomer únosnosti
DSZ	dokumentácia stavebného zámeru
DUR	dokumentácia na územné rozhodnutie
DSP	dokumentácia na stavebné povolenie
RQD	index kvality hornín
HPV	hladina podzemnej vody
EIA	hodnotenie vplyvov na životné prostredie

2 Všeobecne

V tejto časti sú prevažne uvedené základné legislatívne pojmy, ktoré sa týkajú IGP a sú uvedené v zákone [Z6]. Tento zákon upravuje podmienky projektovania, vykonávania, vyhodnocovania a **kontroly geologických prác**, pôsobnosť štátnej geologickej správy a sankcie za porušenie ustanovení tohto zákona. Zákon sa vykonáva vyhláškou [Z7].

Práce IGP sa zároveň riadia ustanoveniami zákona [Z3]. Ide o práce, ktoré predstavujú činnosť vykonávanú bankským spôsobom.

2.1 Termíny a definície

2.1.1 Inžinierska geológia: vedná disciplína, ktorá skúma prírodné a antropogénne geologické javy v najvrchnejšej časti zemskej kôry za účelom racionálneho využitia územia, budovania stavebných diel, ako aj ochrany životného prostredia. Základným predmetom štúdia inžinierskej geológie sú vzťahy medzi horninovým prostredím, reliéfom povrchu, podzemnými vodami a stavebným dielom.

2.1.2 Inžinierskogeologický prieskum: prieskum horninového prostredia na stanovenie inžinierskogeologických a hydrogeologických pomerov územia vrátane skúmania stability územia náchylného na zosúvanie. Inžinierskogeologický prieskum pre stavebné účely sa legislatívne riadi všeobecnými ustanoveniami zákona [Z6] a vyhláškou [Z7], ktorá presnejšie špecifikuje vykonávanie prieskumu.

Odbornú náplň a metodiku riešenia IGP stanovujú platné slovenské technické normy.

2.1.3 Zhotoviteľ inžinierskogeologického prieskumu: právnická, alebo fyzická osoba na základe geologického oprávnenia a držiteľ odbornej spôsobilosti pre odbor inžinierska geológia.

2.1.4 Etapy inžinierskogeologického prieskumu: v zmysle zákona [Z6] sa rozlišujú nasledujúce etapy: **orientačný IGP, podrobný IGP a doplnkový IGP.**

2.1.5 Geologická úloha: vecné, miestne a časové vymedzenie okruhu otázok vyjadrujúcich hospodársky, vedecký alebo technický cieľ úlohy, ktorá sa má projektovať a riešiť geologickými prácami a vyhodnotiť v záverečnej správe v zmysle zákona [Z6].

2.1.6 Projekt geologickej úlohy IGP (ďalej projekt): v zmysle zákona [Z6] určuje postup a podmienky odborného, efektívneho a bezpečného riešenia inžinierskogeologického prieskumu.

2.1.7 Geologická dokumentácia: písomná, grafická a hmotná dokumentácia v zmysle zákona [Z6]. Člení sa na prvotnú geologickú dokumentáciu (písomná, grafická, hmotná dokumentácia, fotografické záznamy) a súhrnnú geologickú dokumentáciu (výsledky prvotnej dokumentácie vrátane máp, rezov a pod.).

2.1.8 Záverečná správa geologickej úlohy: vyhodnotenie geologickej úlohy (ďalej len "záverečná správa"). Záverečnú správu schvaľuje objednávatel' geologických prác. Prevzatie a schválenie záverečnej správy sa musí vykonať písomnou formou.

2.1.9 Monitoring (v zmysle geotechnického monitoringu [T8]): súhrn činností zameraných na zisťovanie stavu spolupôsobenia stavebnej konštrukcie tunela s horninovým (okolitým) prostredím a sledovanie vývoja tohto stavu v čase a priestore [T5].

2.2 Vstup na cudzie nehnuteľnosti, náhrada škody a likvidácia geologických diel

2.2.1 Zhotoviteľ IGP a ním poverené osoby sú oprávnení na účel vykonávania geologických prác vo verejnom záujme vstupovať na cudzie nehnuteľnosti, zriaďovať na nich pracoviská, prístupovú cestu a prívod vody a energie, vykonávať nevyhnutné úpravy pôdy a odstraňovať porasty v zmysle zákona [Z6]. Zhotoviteľ geologických prác je povinný dohodnúť s vlastníkom nehnuteľnosti rozsah, spôsob vykonávania a dobu trvania geologických prác a oznámiť vlastníčkovi nehnuteľnosti začatie vykonávania geologických prác písomne najmenej 15 dní vopred. Ak vlastník nehnuteľnosti nesúhlasí s rozsahom, spôsobom a s dobou trvania výkonu oprávnenia a nedôjde o tom k dohode, rozhodne na návrh zhotoviteľa geologických prác MŽP SR. Pri riešení vstupov na cudzie nehnuteľnosti je potrebné sa riadiť ustanoveniami zákona [Z6] a vykonávacích vyhlášok.

2.2.2 Objednávatel' IGP je povinný zlikvidovať geologické diela a geologické objekty, ak splnili svoj účel, boli vyhodnotené a nie je záujem využiť ich inak. Vykonanie likvidácie zabezpečí zhotoviteľ geologických prác na základe písomného poverenia objednávatela geologických prác. Údaj o zabezpečení, údržbe a likvidácii geologických diel a geologických objektov je súčasťou záverečnej správy.

3 Metodické zásady inžinierskogeologického prieskumu

3.1 Faktory, ovplyvňujúce požiadavky na inžinierskogeologický prieskum pre tunely

Rozsah a metodika IGP pre tunely vychádza z nasledujúcich faktorov:

- **Geológia, hydrogeológia a geomorfológia**
So zložitou inžiniersko-geologických a hydrogeologických pomerov sa zvyšujú aj požiadavky na prieskumné práce a terénne skúšky. Nedostupnosť vzdialených oblastí môže znížiť množstvo/požiadavky na priamy terénny prieskum a môžu sa vyžadovať nepriame metódy prieskumu.
- **Charakteristika projektu tunela**
Dĺžka, hĺbka, usporiadanie/rozmiestnenie (t. j. tunelové rúry a súvisiace objekty ako prepojenia, vetracie šachty, štôlne, galérie a podobne) a umiestnenie stavby tunela (urbanizované prostredie, zastavané územie alebo intravilán/horské prostredie, zložitost' portálových objektov atď.) priamo ovplyvňujú potreby prieskumu.
- **Stupeň projektovej dokumentácie**
Rozsah prieskumu musí zohľadniť stupeň projektovej dokumentácie a príslušné zostatkové riziko.
- **Metóda výstavby**
Akonáhle je definovaná metóda výstavby, môžu sa požiadavky na obsah, rozsah prieskumu a laboratórne skúšky líšiť (napr. pre konvenčné a mechanizované razenie).
- **Environmentálne aspekty**
Z hľadiska ochrany životného prostredia alebo zastavaného územia sa môžu požadovať špeciálne analýzy pre jednotlivé zložky životného prostredia (napr. kvalita podzemných vôd, znečistenie v dôsledku použitia výplachu pri vrtných prácach, hluk, kvalita vzduchu, vplyv na existujúce budovy atď.).

Po zvážení uvedených faktorov pre každý stupeň projektovej dokumentácie a pre jednotlivý projekt sa určí optimálne množstvo a typ prieskumných prác. Prieskum sa môže významne líšiť

vzhľadom na dosiahnutie špecifických cieľov každej etapy. Dokonca aj pre štúdiu v rámci orientačného prieskumu sa môže požadovať rozsiahly IGP a v niektorých prípadoch dokonca aj prieskumné štôlne, ak sú inžinierskogeologické pomery tak zložité, že môžu ovplyvniť realizovateľnosť podzemných prác.

3.2 Etapy inžinierskogeologického prieskumu pre tunely

3.2.1 Obsah a rozsah IGP pre cestné tunelové stavby ovplyvňuje stupeň projektovej prípravy, pre ktorý sa IGP vykonáva. S ohľadom na stupeň projektovej prípravy stavieb je nutné IGP realizovať v zodpovedajúcich etapách (tabuľka 1).

3.2.2 Pri etapovitej realizácii IGP je potrebné dodržiavať nasledovné zásady:

- rozsah prác má byť prispôsobený úrovni stupňa projektovej prípravy a prístupnosti terénu,
- práce realizované v danej etape je nutné vykonávať tak, aby ich výsledky bolo možné využiť v nasledujúcej etape a aby sa nadviazovalo na výsledky z predchádzajúcich etáp,
- závery každej etapy musia obsahovať odporúčenia pre práce v prípadnej ďalšej etape,
- v rámci každej etapy je možné vyčleniť viaceré podetapy po dohode medzi zhotoviteľom IGP a objednávateľom.

3.2.3 Je nevyhnutné, aby jednotlivé etapy IGP boli realizované v dostatočnom predstihu pred vypracovaním príslušného stupňa projektovej dokumentácie, pre ktorý vytvára podklady.

3.3 Náplň jednotlivých etáp prieskumu

V tabuľke 1 je uvedený vzťah medzi stupňom projektovej prípravy a etapou IGP v zmysle zákona [Z6] a v zmysle STN EN 1997-1 a STN EN 1997-2. V prípade, že pre tunel nie sú spracovávané všetky druhy dokumentácie, prípadne sa jednotlivé fázy projektovej prípravy zlúčia (napríklad DÚR a DSP), vykonáva sa etapa podrobného IGP.

Tabuľka 1 Etapy inžinierskogeologického prieskumu pre tunely a ich vzťah ku stupňu projektovej prípravy

Etapa IGP podľa GZ	Etapa podľa STN EN 1997-2	Stupeň projektovej prípravy	Ciele IGP
Geologická štúdia	Teoretická štúdia, Predbežný	Technická štúdia, zámer a správa o hodnotení vplyvov (EIA)	Posúdenie variantných riešení vedenia trasy, podklad pre výber najvhodnejšieho variantu
Orientačný	Predbežný	Dokumentácia stavebného zámeru, Dokumentácia na územné rozhodnutie	Predbežné posúdenie vybraného variantu
Podrobný	Podrobný	Dokumentácia na stavebné povolenie, Dokumentácia na ponuku, Dokumentácia na realizáciu stavby	Podrobné posúdenie podmienok realizácie vybraného variantu

Pre každú etapu prieskumu sa môže realizovať doplnkový prieskum. V doplnkovom IGP sa používajú prieskumné metódy príslušnej etapy IGP.

Etapu doplnkového IGP je možné vykonať aj počas realizácie (výstavby) tunela alebo vtedy, ak napr. dôjde k zmene stability zosuvného územia na získanie údajov potrebných na spresnenie návrhu sanačných prác v uvedenej lokalite pre potreby stupňa projektovej dokumentácie DRS.

Požiadavky na geotechnický monitoring počas realizácie a počas prevádzky tunela sú uvedené v [T8].

3.3.1 Geologické štúdie na vypracovanie technických štúdií, zámeru a správy o hodnotení

3.3.1.1 Na spracovanie technickej štúdie, zámeru pre zisťovacie konanie a pri posudzovaní vplyvu cestnej stavby na životné prostredie pre správu o hodnotení [Z5] sa vypracuje geologická štúdia. Jej závery tvoria podklad na posúdenie variantných riešení trasy.

3.3.1.2 Pracovnými metódami sú :

- štúdium všetkých archívnych údajov o hodnotenom území (geologické mapy, doterajšie prieskumy, odborná literatúra),
- nepriame prieskumné metódy (napr. interpretácia leteckých snímok a použitie geofyzikálnych metód),
- inžinierskogeologické a hydrogeologické mapovanie.

3.3.1.3 Výsledkom geologickej štúdie pre štúdiu, zámer a správu o hodnotení je odporúčenie na výber najvhodnejšieho tunelového variantu z hľadiska jeho realizovateľnosti v daných inžinierskogeologických a hydrogeologických pomeroch.

Získané majú byť nasledovné údaje:

- posúdenie všeobecnej vhodnosti umiestnenia a vedenia trasy tunela,
- interpretácia horninových pomerov na základe existujúcich údajov,
- porovnanie alternatív tunelovej trasy,
- identifikácia a kvalitatívne posúdenie hlavných rizík,
- kvalitatívne hodnotenie horninových pomerov a rizík, ktorého výsledkom je otázka realizovateľnosti výstavby tunela,
- poskytnutie informácií pre hodnotenie vplyvov na životné prostredie (EIA),
- odporúčania pre ďalšiu etapu prieskumu.

3.3.1.4 Grafickými výstupmi geologickej štúdie pre štúdiu, zámer a správu o hodnotení sú najmä:

- geologické a hydrogeologické mapy,
- schematický pozdĺžny geologický a geotechnický profil tunela.

3.3.2 Etapa orientačného IGP pre etapu DUR a DSZ

3.3.2.1 Orientačný IGP sa vykonáva v stanovenej trase tunelovej stavby pre vybraný variant. Jeho náplňou je zistenie inžinierskogeologických a hydrogeologických pomerov v trase tunelovej stavby a posúdenie jej technickej realizovateľnosti v existujúcich geologických a hydrogeologických podmienkach.

Výsledky orientačného IGP sú podkladom pre spracovanie dokumentácie na územné rozhodnutie (DÚR) a dokumentácie stavebného zámeru (DSZ).

3.3.2.2 Pre etapu orientačného IGP pre DUR a DSZ sa v prípravnej časti používajú tie isté metódy ako sú uvedené v článku 3.3.1.2. Vykonáva sa inžinierskogeologické mapovanie s dokumentáciou odkryvov. Účelné je použitie geofyzikálnych metód a vykonávajú sa aj priame prieskumné práce. Vo vrtoch sa vykonávajú terénne skúšky a odoberajú sa aj vzorky hornín a podzemnej vody pre ich laboratórne skúšanie tak, aby sa splnili ciele etapy IGP.

3.3.2.3 Cieľom etapy orientačného IGP pre DUR a DSZ je:

- orientačné zistenie inžinierskogeologických a hydrogeologických pomerov v trase tunela a geotechnických vlastností vyčlenených litologických komplexov,
- opis a klasifikácia jednotlivých zemín a skalných hornín v zmysle STN EN ISO 14688-2 a STN EN ISO 14689-1,
- odporučiť spôsob založenia portálových objektov tunela a predbežne navrhnúť spôsob razenia a vystrojovania tunela, stanovenie stupňa chemického pôsobenia (agresivity) zemín a podzemných vôd na betónové konštrukcie (STN EN 206-1),
- v územiach portálov so svahovými deformáciami prieskumnými prácami hĺbku šmykových plôch, vlastností zemín potrebných na výpočty stability, hladinu podzemnej vody – odporúča sa, aby už v tejto etape IGP niektoré z realizovaných vrtoch boli vystrojené pre pozorovanie pohybov v horninovom masíve (inklinometrické vrty), prípadne na pozorovanie hladín

podzemných vôd (piezometre). Na základe získaných údajov je nutné posúdiť stabilitu územia pred a po výstavbe,

- predbežné zhodnotenie použiteľnosti skalných hornín a zemín z tunela, zárezov a iných výkopov a možností využitia rúbaniny a výkopku ako stavebného materiálu,
- zistenie hladín podzemnej vody v trase, prípadne v jej širšom okolí z jestvujúcich pozorovacích objektov v okolí ako aj z objektov, vybudovaných počas etapy predbežného prieskumu,
- zhodnotenie vplyvu realizácie projektovanej tunelovej stavby na okolité prostredie (zmeny hladiny podzemnej vody, znečistenie podzemnej vody, ohrozenie stability okolitého prostredia) a predbežne navrhnuť opatrenia na zmiernenie uvedených vplyvov, prípadne posúdiť možnosť zriadiť náhradné vodné zdroje,
- návrh prieskumných prác pre nasledujúcu etapu podrobného IGP s ohľadom predovšetkým na problematické miesta trasy tunela, napr. zosuvné územia portálov, úseky tunela v predpokladaných významných tektonických poruchách, miesta s výskytom kaverien v trase tunela, miesta významné z hľadiska ovplyvnenia hydrogeologického režimu podzemných vôd a pod.
- overenie základných geologických fenoménov v skúmanej oblasti, charakterizovanie príslušnosti hornín k jednotlivým súvrstviam a to tak, aby bolo možné medzi jednotlivými vrtními jednotlivé horninové celky interpolovať, stanoviť ich charakteristické fyzikálno-mechanické vlastnosti a odhadnúť ich vertikálne i horizontálne zmeny.

3.3.2.4 Výsledkom etapy orientačného IGP pre DUR a DSZ sú najmä geologické a geotechnické priečne rezy na portáloch (mierka 1:500 až 1:200) a pozdĺžny inžinierskogeologický profil tunela (mierka spravidla 1:5 000 až 1:2 000) so zakreslením:

- hlavných litologických celkov,
- hlavných predpokladaných poruchových zón,
- určením generálneho smeru a sklonu súvrství,
- predpokladaných miest výrazných prítokov podzemných vôd, miest s očakávaným výrazným geologickým rizikom a určením jeho druhu,
- rozčlenenie trasy tunela na kvázihomogénne geotechnické celky s priradením očakávaných geotechnických parametrov,
- zhodnotenia úsekov podľa zaužívaných účelových tunelárskych klasifikačných systémov ((RQD, QTS, RMR, QB, ONORM B2203, prípadne ďalších podľa požiadavky projektanta),
- predbežnej charakteristiky hydrogeologického režimu s odhadom jeho ovplyvnenia počas raziacich prác a počas prevádzky tunela, aktualizácia registra geotechnických rizík.

Súčasťou výsledkov je aj sumarizácia očakávaných geotechnických rizík a návrh vhodných sanačných opatrení.

3.3.2.5 Inžinierskogeologické mapovanie sa vykonáva na zhotovenie účelovej IG mapy so zameraním na geodynamické javy. Mierka IG mapy je 1:10 000, prípadne 1:5 000. Podľa potreby je možné vypracovať IG mapu jednotlivých svahových deformácií v portálových oblastiach a to v mierke 1:2 000. Ak existuje IG mapa pre hodnotenú trasu z predchádzajúcej etapy prieskumu, zostavuje sa IG mapa reambulovaná, so zakreslením novozistených poznatkov. IG mapovanie musí prebehnúť pred realizáciou samotných prieskumných prác, najlepšie v čase prípravy projektu geologickej úlohy.

3.3.2.6 Geofyzikálne prieskumné práce sa používajú na spresnenie charakteru horninového prostredia a ako doplnková metóda mimo realizovaných priamych prieskumných diel (vrty, šachtice a pod.). Používajú sa v dostatočne kontrastnom horninovom prostredí na určenie jednotlivých rozhraní, diskontinuit, priebehu šmykových plôch a na výber umiestnenia priamych prieskumných diel. Výsledky geofyzikálnych meraní sa musia vhodne interpretovať a ich výstupom sú geologicko-geofyzikálne profily. Počas orientačného prieskumu sa používajú najmä jednosmerné geoelektrické metódy (OP, VES, MK), metódy inžinierskej seizmiky (IS) a karotážne metódy vo vrtoch. Geofyzikálne profily sa navrhujú najmä do oblasti portálov a priportálových úsekov tunela a tiež do oblasti s očakávanou najkomplikovanejšou geologickou stavbou. Zvyčajne sa realizujú profily v osi tunelových rúr tak, aby bol overený svah pred aj za plánovanou stenou razeného portálu v dostatočnej vzdialenosti, pričom sa dopĺňa minimálne jeden priečny profil v línii portálovej steny. Odporúča sa, aby všetky štruktúrne vrty realizované v trase tunela boli karotované.

3.3.2.7 Priame prieskumné diela sa navrhujú a realizujú v rozsahu, ktorý závisí od prístupnosti terénu v nadloží tunela, predpokladaného spôsobu razenia tunela a najmä od predpokladanej zložitosti inžinierskogeologických a hydrogeologických pomerov v trase.

- Počet prieskumných diel v etape orientačného prieskumu sa volí tak, aby sa preverila správnosť hrubého modelu geologickej stavby územia, ktorý bol vytvorený na základe povrchového inžinierskogeologického mapovania, štúdia archívnej literatúry a geofyzikálnych prác.
- V portálovej oblasti sa vrty situujú tak, aby v línii portálovej steny boli minimálne tri prieskumné diela, podobne aj v línii každej tunelovej rúry a aby boli minimálne tri prieskumné diela umiestnené po spádnicí, aby cez ne bolo možné zostrojiť geologický rez. Odporúča sa, aby vrty na portáloch boli vystrojené ako inklinometrické a/alebo piezometrické vrty. Odporúča sa, aby prieskumné diela ležali na geofyzikálnych profiloch.
- Situovanie vrtov v tejto etape sa volí zvyčajne tak, aby sa čo najviac využili jestvujúce prístupové cesty a to aj za cenu využitia šikmých prieskumných vrtov.
- Ak je to možné, mali by sa vrty umiestňovať aspoň v každej pätine dĺžky tunela. Vrty je potrebné umiestňovať medzi tunelové rúry v prípade tunela s dvomi rúrami. Hĺbka vrtov sa spravidla volí tak, aby zasahovali 10 m - 15 m pod budúci tunelový profil.

3.3.2.8 Situovanie a hĺbka prieskumných diel v nestabilných územiach. V územiach so zaznamenanými svahovými deformáciami sa musia získať informácie uvedené v článku 3.3.2.3. Za účelom zistenia charakteru a stability celého zosuvného územia je nutné realizovať minimálne 1 profil zosuvným územím, ktorý bude pozostávať minimálne z 3 prieskumných diel.

Je vhodné, ak budú tieto prieskumné diela zároveň zabudované ako monitorovacie objekty na sledovanie aktivity svahových pohybov a úrovne hladiny podzemnej vody a budú sledované minimálne do nasledujúcej etapy projekčných prác.

3.3.2.9 Hydrogeologické práce. Je potrebné určiť oblasti s pravdepodobnou zmenou režimu podzemných vôd v dôsledku výstavby diela. V týchto oblastiach je potrebné vykonať tieto hydrogeologické práce: mapovanie, meranie hladín podzemných vôd v dostupných objektoch a meranie výdatností prameňov a základných fyzikálno-chemických parametrov v širšom okolí. Výsledkom hydrogeologických prác v uvedenej etape IGP je okrem informácií uvedených v článku 3.3.2.3 spravidla ešte:

- mapa všetkých hydrogeologických objektov (vrty, pramene) v oblasti, ktorá zahŕňa celú hydrogeologickú štruktúru ovplyvnenú výstavbou,
- návrh na režimové pozorovanie vo vybraných oblastiach pre vyššiu etapu prieskumu,
- predbežný hydraulický model prúdenia podzemných vôd,
- predbežná hydrologická bilancia zásob podzemných vôd v dotknutej štruktúre.

3.3.2.10 Terénne skúšky. V etape orientačného IGP sa používajú skúšky dynamickej a statickej penetrácie v portálových oblastiach, presiometrické skúšky v plytších vrtoch, prípadne iné vhodné terénne skúšky uvedené v článku 5.2 (napríklad dilatometrické skúšky vo vrtoch). Ich použitie je nevyhnutné predovšetkým u poloskálnych hornín, prípadne zemín, z ktorých je veľmi obtiažne odoberať vzorky v dostatočnej kvalite pre laboratórne skúšky (nesúdržné zeminy, zvetrané až rozložené bridlice, rozpadavé dolomity, tektonizované horniny a pod.).

3.3.2.11 Laboratórne skúšky a rozbory zemín a skalných hornín. Vzorky zemín, skalných a poloskálnych hornín v požadovanej kvalite v zmysle STN EN ISO 22475-1 sú odoberané v uvedenej etape IGP z dôvodu :

- ich zaradenia do klasifikačných systémov a to predovšetkým podľa zásad uvedených v STN EN ISO 14688-2 a STN EN ISO 14689-1 a STN 72 1001,
- hodnotenia ich použiteľnosti ako sypaniny a využiteľnosti rúbaniny,
- orientačného určenia geotechnických vlastností vstupujúcich do geotechnických výpočtov.

3.3.2.12 Laboratórne skúšky a rozbory podzemnej a povrchovej vody. V mieste realizovania objektov je nutné v prípade výskytu hladiny podzemnej, prípadne povrchovej vody odobrať vzorky vody za účelom stanovenia jej agresivity na betón podľa STN EN 206-1 a na ocelové konštrukcie.

3.3.3 Etapa podrobného IGP

3.3.3.1 Podrobný IGP sa vykonáva v stanovenej trase cestnej stavby. Výsledky podrobného IGP sú podkladom na spracovanie dokumentácie na stavebné povolenie (DSP) a dokumentácie na ponuku (DP). Tunelové stavby môžeme zaradiť do 3. geotechnickej kategórie. Požiadavky na prieskum horninového prostredia uvedené v STN EN 1997-2 sú minimálnymi požiadavkami na prieskum.

3.3.3.2 Cieľom podrobného IGP je:

- a) zistiť čo najkomplexnejšie informácie o inžinierskogeologických a hydrogeologických pomeroch v trase tunelovej stavby a v jej dotknutom okolí (prejavy stavebnej činnosti),
- b) vyčleniť kvázihomogenné litologické komplexy, ktoré budú podrobne charakterizované požadovanými geotechnickými vlastnosťami,
- c) klasifikovať horninový masív podľa tunelárskych klasifikácií v nadväznosti na požiadavky projektového riešenia,
- d) v nestabilných územiach spresniť informácie o hĺbkach šmykových plôch, o režime podzemných vôd a o geotechnických parametroch vstupujúcich do stabilných výpočtov,
- e) posúdiť súčasnú stabilitu územia portálových objektov na základe výpočtov, prípadne informácií z inklinometrických meraní a geofyzikálnych meraní,
- f) doplniť údaje o technologických vlastnostiach skalných hornín a zemín získaných počas výstavby tunela (rúbanina) a zo zárezov a iných výkopov z hľadiska ich možného využitia,
- g) stanovenie stupňa agresivity podzemnej a povrchovej vody v miestach ich kontaktu s betónovými konštrukciami a jeho zmien v čase,
- h) stanoviť mieru ovplyvnenia podzemných a povrchových vôd z hľadiska kvality i kvantity, a to počas výstavby aj počas prevádzky (po výstavbe) tunela, navrhnúť spôsob protipatrení,
- i) zistiť údaje o režime podzemnej vody v trase (kolísanie hladín podzemných vôd v čase), v prípade potreby navrhnúť spôsoby odvodnenia zárezov, podložia násypov a pláne vozovky,
- j) návrh prieskumných prác pre doplnkový prieskum, ak je to potrebné;
- k) vyhodnotenie inklinometrických meraní z etapy orientačného prieskumu (v prípade existencie) a spracovanie návrhu na geotechnický monitoring s konkrétnymi monitorovacími prvkami,
- l) poskytnúť podklad pre projekt geotechnického monitoringu v priebehu výstavby tunela,
- m) poskytnúť podklady pre analýzu geotechnických rizík.

3.3.3.3 Výsledkom etapy podrobného IGP sú tieto grafické a tabuľkové výstupy:

- **pozdĺžny profil tunela** (mierka spravidla 1:2 000 až 1:1 000), ktorý obsahuje:
- geologický profil s rozčlenením trasy tunela podľa geotektonických jednotiek, názov každého litologického celku a stratigrafické začlenenie (podľa súvrství), názov horniny,
- situovanie významných tektonických línií (zlomy, šmykové plochy zosunov, presunové plochy príkrovov a pod.), indikovanie prítokov podzemných vôd do tunelovej rúry a umiestnenie významných výverov na povrchu terénu, priemet prieskumných diel do línie geologického rezu,
- orientáciu hlavných diskontinuit vo vzťahu k azimutu tunelovej rúry podľa jednotlivých úsekov, očakávanú hustotu a charakter diskontinuit, očakávaný tvar a veľkosť horninových blokov,
- očakávané množstvá prítokov vôd, očakávaný chemizmus podzemnej vody, predpokladaný stupeň zvetrania alebo alterácie hornín, predpokladaný typ priepustnosti, charakter ílových minerálov a pod.,
- rozčlenenie trasy tunela na kvázihomogénne geotechnické celky s vyznačením ich dĺžky, určením charakteristických rozsahov a odporúčaných hodnôt geotechnických parametrov horninového masívu pre každý vyčlenený celok (objemová hmotnosť, uhol vnútorného trenia, súdržnosť, Poissonovo číslo, pevnosť v prostom tlaku, modul deformácie a pod.)
- separátne charakterizovanie tektonicky porušených hornín v každom celku, odhadnutím miery geotechnických rizík a ich druh (vypadávanie blokov, nestabilita čelby, sufózia a pod.),
- klasifikáciu horninového masívu podľa účelových klasifikačných systémov (RQD, QTS, RMR, QB, ONORM B2203, prípadne podľa požiadavky projektanta),
- percentuálne odhadnutie zastúpenia tried výrubu,
- stručné slovné zhodnotenie významných očakávaných rizík v každom geotechnickom celku, výskyt napúčavých minerálov, výskyt abrazívnych minerálov (alebo stupeň abrazivity), prípadne iné z hľadiska výstavby tunela relevantné informácie,
- geologické a geotechnické priečne rezy na portáloch aj pozdĺž tunela (mierka 1:200 až 1:100),
- stanovenie návrhových parametrov a odhad ich variability,

- podrobná charakteristika hydrogeologického režimu s určením miery jeho ovplyvnenia ako aj s návrhom protiopatrení, pričom hydrogeologická časť by sa mala opierať o vykonané terénne a laboratórne skúšky (priepustnosť, chemizmus, genéza a vek vody, pasport prameňov, vodných zdrojov a pod.), detailnú hydrologickú bilanciu dotknutej oblasti (aktualizácia zrážkovej bilancie, odtoky povrchové, odtoky podpovrchové, prestupy vôd),
- aktualizácia registra rizík.

Pri stanovení metodiky, charakteru a rozsahu prieskumných prác podrobného IGP sa vychádza z dovedy získaných poznatkov, predovšetkým z výsledkov orientačného IGP a používajú sa ustanovenia STN EN 1997-2 pre etapu podrobného prieskumu.

3.3.3.4 Inžinierskogeologické mapovanie sa vykonáva v etape podrobného IGP formou rekognoskácie terénu pre zaznamenanie nových javov do IG mapy vytvorenej v predchádzajúcej etape. Okrem aktualizovania údajov o geodynamických javoch je predmetom detailné mapovanie skalných odkryvov s inžinierskogeologickou charakteristikou hornín a diskontinuit a štruktúrnou analýzou, stratigrafická a petrografická analýza hornín z odkryvov, detailné zmapovanie výverov podzemnej vody aj s ich základnou fyzikálno-chemickou analýzou, charakterizovanie morfológicky dôležitých terénnych tvarov, prípadne charakteristika iných geologicky dôležitých fenoménov (charakteristický porast, spôsob zvetrávania hornín a pod.). Rekognoskácia terénu musí prebehnúť pred realizáciou samotných prieskumných prác. V miestach s výskytom svahových deformácií v oblastiach portálov tunela, a predovšetkým tam, kde sa uvažuje s ich sanáciou je potrebné vypracovať IG mapy svahových deformácií v mierke 1:1 000.

3.3.3.5 Geofyzikálne prieskumné práce (bližšie opísané v článku 5.4) sa využívajú podobne ako v etape orientačného prieskumu prevažne na spresnenie a doplnenie informácií o horninovom prostredí (identifikovanie litologických a tektonických hraníc, charakteristika dosahu rozvoľnenia masívu a pod.) a na spresnenie rozmiestnenia prieskumných diel. Z toho dôvodu sa odporúča realizácia geofyzikálnych prác prednostne pred priamymi prieskumnými metódami. Výsledky geofyzikálnych meraní sa musia vyhodnocovať iba vo vzájomnej súčinnosti s riešiteľom IGP a sú znázornené vo forme geologicko-geofyzikálneho rezu. Počas podrobného prieskumu sa používajú najmä jednosmerné geoelektrické metódy (OP, VES, MK), elektromagnetické metódy (MT, AMT, CSAMT, VDV, GPR), gravimetrické metódy (GR), seizmické metódy reflexné i refrakčné (IS), geomagnetické metódy (GM) a karotážne metódy vo vrtoch. Druh geofyzikálnej metódy by mal byť zvolený podľa miestnych geologických pomerov tak, aby merania boli dostatočne kontrastné a detailné. Je vhodné použiť minimálne dve fyzikálne odlišné metódy. Geofyzikálne profily sa navrhujú najmä do oblasti portálov tunela a zvyčajne v celej trase tunela. Zvyčajne sa realizujú dva paralelné profily v osi tunelových rúr, v prípade jednorúrovňových tunelov sa vedie jeden z dvoch paralelných profilov v osi tunela. Paralelné profily sa dopĺňajú priečnymi alebo ďalšími paralelnými profilmi v komplikovanejších miestach tak, aby bolo možné zostaviť 3D geologicko-geofyzikálny model masívu v koridore tunela. V oblasti portálov sa profily umiestňujú tak, aby obsiahli celú predpokladanú stavebnú jamu portálov. V zosuvných oblastiach by geofyzikálny profil mal byť vyťahnutý až nad najvyššiu odtrhovú hranu. Všetky štruktúrne vrty realizované v tejto etape v trase tunela musia byť karotované, pričom využiť je potrebné čo najviac karotážnych metód vrátane optického alebo akustického snímania steny vrtu.

3.3.3.6 Rozmiestnenie prieskumných diel v etape podrobného IGP sa navrhuje tak, aby spolu s prieskumnými dielami realizovanými v predchádzajúcich etapách vytvorili čo najkomplexnejší model horninového prostredia, charakterizovaný inžinierskogeologickými, hydrogeologickými a geotechnickými parametrami vyčlenených litologických komplexov a režimom podzemných vôd. Prieskumné práce sa musia rozmiestňovať pozdĺž trasy tunela s ohľadom na konkrétny riešený projekt tunela. Hustota prieskumných diel a ich umiestnenie, hĺbka a smer musia korešpondovať s geologickou stavbou, morfológickými danosťami lokality, výsledkami geofyzikálnych meraní, niveletou a trasou budúceho tunela.

Ak je to možné, mali by sa vrty umiestňovať aspoň v každej desatine dĺžky tunela. Vrty je potrebné umiestňovať medzi tunelové rúry, prípadne v mieste s komplikovanou geologickou stavbou do ich blízkosti tak, aby bolo možné vytvoriť priečne rezy. V prípade ťažkej dostupnosti povrchu je možné využiť šikmé vrty. Hĺbka vrtov sa spravidla volí tak, aby zasahovali 10 m - 15 m pod budúci tunelový profil.

V prípade mimoriadne komplikovaných geologických a geotechnických podmienok a súčasne značnej nedostupnosti terénu je možné uvažovať aj s realizáciou prieskumnej štólne, a to v etape podrobného IG prieskumu. Umiestnenie profilu prieskumnej štólne voči budúcej polohe tunelových rúr

ako aj dĺžka prieskumnej štôlne musia byť stanovené v úzkej spolupráci s projektantom tunela. Pre rozhodnutie o realizácii prieskumnej štôlne musí byť vykonaná analýza rizík a nákladovo-výnosová analýza.

3.3.3.7 Situovanie prieskumných diel v nestabilných územiach - portály

V územiach so zaznamenanými svahovými deformáciami sa musia získať nasledovné informácie:

- priestorové vymedzenie svahovej poruchy,
- hĺbka šmykových plôch (zón) a pohyb na nich - monitoring na zabudovaných inklinometroch, extenzometroch a pod.,
- vlastnosti zemín a hornín na šmykových plochách (zónach),
- režim podzemných vôd v telese deformácie a aj mimo neho – monitoring v zabudovaných piezometroch,
- faktory, ktoré vyvolávajú nestabilitu svahov.

Za účelom zistenia charakteru a stability celého zosuvného územia je nutné realizovať minimálne 2 profily zosuvným územím, pričom každý bude pozostávať minimálne zo 4 až 5 prieskumných diel podľa celkovej dĺžky svahovej deformácie.

Uvedené vrty sa umiestňujú predovšetkým v nepriaznivých územiach, na základe výsledkov z etapy orientačného IGP.

3.3.3.8 Vystrojenie vrtovej za účelom režimového merania. V tejto etape podrobného IGP je nutné vystrojiť vybrané vrty pre režimové merania hladín resp. tlakov podzemných vôd (piezometre) alebo za účelom merania pohybov vo vnútri horninového prostredia (inklinometre, inklinodeformetre). Pri vystrojení pozorovacieho vrtu je potrebné definovať, účel, spôsob merania, spôsob osadenia snímačov, kalibráciu, a spôsob uvedenia systému do prevádzky, prípadne realizovať nulté merania. Na piezometroch sa následne meria hladina podzemnej vody v pravidelných intervaloch, napríklad raz týždenne počas trvania prieskumu (prípadne kontinuálnym záznamom prostredníctvom snímačov) a na inklinometroch sa v tomto období vykoná základné a minimálne ešte jedno meranie tak, aby výsledky týchto meraní mohli byť zverejnené v záverečnej správe. Vystrojené vrty sú potom ďalej sledované a stávajú sa súčasťou siete monitoringu pred, počas i po výstavbe tunela.

3.3.3.9 Terénne skúšky a merania sa v etape podrobného IGP realizujú predovšetkým za účelom spresnenia charakteristických hodnôt vlastností horninového prostredia a priestorového vymedzenia litologických komplexov. V oblastiach portálov a v úsekoch s nízkym nadložíom sa používajú pre zeminy a poloskalné horniny metódy statickej a dynamickej penetrácie a presiometrické skúšky. V úsekoch tunela v nadložíom viac ako 50 m sa používajú dilatometrické skúšky alebo skúšky uniaxiálnym lisom. Požaduje sa však, aby pri vyhodnocovaní terénnych skúšok boli využité výsledky z vrtných a kopných prác a výsledky z laboratórnych skúšok podľa STN EN 1997-2 (pevnosť v prostom tlaku, priečny ťah, stanovenie modulov deformácie a pružnosti, stanovenie Poissonovho čísla, stanovenie fyzikálnych vlastností, mrazuvzdornosť, abrazivita...). V prípade, že sa v trase tunela alebo v analogickom horninovom prostredí v okolí realizuje prieskumná štôľňa, alebo šachtica s rozrážkou, je možné realizovať aj veľkorozmerové statické zaťažovacie skúšky doskou a šmykové skúšky na horninových blokoch, eventuálne využiť počas ich razenia i ďalšie metódy overovania pevnostno-deformačných parametrov horninového masívu (konvergenčné merania, inklinodeformetrické merania, extenzometrické merania, stanovenie primárnej napätosti a pod.).

3.3.3.10 Laboratórne skúšky. V etape orientačného IGP sa vykonávajú predovšetkým klasifikačné skúšky zemín a skalných hornín. V etape podrobného IGP sa okrem klasifikačných skúšok realizujú na odobratých vzorkách prevažne laboratórne skúšky na určenie geotechnických parametrov, vstupujúcich do geotechnických výpočtov vo fáze navrhovania geotechnických konštrukcií. Laboratórne rozbory podzemných vôd slúžia na zistenie stupňa agresivity na betónové a oceľové konštrukcie podľa STN EN 206-1, prípadne na určenie východiskového stavu podzemných vôd z hľadiska ich kvality (v prípade možnosti ovplyvnenia blízkych vodných zdrojov).

Metodika vykonávania laboratórnych skúšok sa riadi platnými európskymi normami, platnými STN, STN EN alebo rezortnými TP, ktoré požaduje objedávateľ IGP, prípadne ďalšími postupmi, uvedenými v kapitole 6.

3.3.3.11 Hydrogeologické práce. V úsekoch trasy tunelovej stavby, kde sa nepredpokladá výrazné ovplyvnenie režimu podzemných vôd, sa vykonáva iba zaznamenávanie hladiny podzemnej vody počas realizácie vrtných prác (kapitola 5) a na zabudovaných vrtoch (článok 3.3.2.9) sa vykonávajú režimové merania hladín podzemných vôd počas trvania etapy podrobného IGP. V prípade výskytu

zdrojov podzemných vôd (zabudované studne, pramene) je dôležité realizovať merania ich hladín prípadne výdatností a tiež základných fyzikálno-chemických ukazovateľov, komunikačné a stopovacie skúšky. Ak sa nachádzajú v skúmanom území alebo jeho blízkosti otvorené vodné plochy, pri interpretácii meraní podzemných vôd sa musí brať do úvahy aj ich hladina.

Hydrogeologickými prácami je potrebné určiť:

- východzí (nulový) stav hydrogeologickej štruktúry a režimu podzemných a povrchových vôd,
- priepustnosť zvodnených litologických komplexov,
- režim hladín (tlakov) podzemných vôd a prognózu jeho zmeny po realizácii výstavby,
- vplyv stavby na súčasné zdroje podzemných vôd a povrchové vody, prípadne návrh opatrení na zmiernenie negatívneho vplyvu a navrhnuť monitorovaciu sieť na režimové pozorovanie,
- stanovenie stupňa agresivity podzemnej a povrchovej vody v miestach ich kontaktu s betónovými a oceľovými konštrukciami a jeho zmien v čase,
- podľa požiadaviek objednávateľa navrhnuť možné zdroje podzemných vôd potrebných pre stavebnú činnosť, alebo ako náhradné zdroje pre obyvateľstvo v prípade ohrozenia súčasných zdrojov.

3.3.3.12 Klasifikácia horninového masívu na účely prípravy a výstavby tunelov

Výstupom IGP pre podzemné stavby je aj klasifikácia horninového masívu pozdĺž osi projektovaného tunela podľa niektorej (niektorých) klasifikácií.

- Klasifikácia podľa indexu kvality hornín (RQD).
- Klasifikácia podľa Bieniawského (RMR).
- Klasifikácia podľa Norského geotechnického inštitútu – Barton (QB).
- Klasifikácia podľa Tesaře (QTS).
- Klasifikácia podľa [T12].

Požiadavky na výber použitej klasifikácie / klasifikácií majú byť formulované projektantom tunela v nadväzujúcej etape projektovej prípravy, prípadne v predošlej etape, pokiaľ nie je projektant nadväzujúcej etapy známy.

3.4 Príprava IGP

3.4.1 Na riešenie geologickej úlohy vypracúva zhotoviteľ geologických prác projekt geologickej úlohy (ďalej projekt) a program prieskumu. Projekt vyjadruje cieľ geologickej úlohy, navrhuje a odôvodňuje vybrané druhy prác na riešenie geologickej úlohy a určuje metodický a technický postup ich odborného a bezpečného vykonávania. Projekt sa vypracováva podľa požiadaviek objednávateľa. Súčasťou prípravy IGP je časový harmonogram.

3.4.2 Pre vypracovanie projektu poskytne objednávateľ zhotoviteľovi potrebné podklady vypracované pre predchádzajúci stupeň projektovej dokumentácie a to predovšetkým:

- topografickú mapu (situáciu) v mierke odpovedajúcej príslušnému stupňu projektovej dokumentácie s vyznačenou trasou tunela a s vyznačenými objektmi,
- pozdĺžny profil trasy s vyznačením nivelety,
- priečne profily trasou,
- údaje o objektoch zodpovedajúce príslušnému stupňu projektovej dokumentácie,
- záverečnú správu z dovtedy realizovaných etáp IGP, prípadne iné podklady týkajúce sa hodnotenia inžinierskogeologických a hydrogeologických pomerov v navrhovanej trase tunelovej stavby a jej okolia,
- situáciu s vyznačením podzemných inžinierskych sietí (až v etape podrobného IGP).

3.4.3 Prípravné práce pred vypracovaním projektu spočívajú v štúdiu všetkých podkladov a dostupných informácií, ktoré sú k dispozícii o území, v ktorom sa má realizovať IGP. Ide o:

- geologické, inžinierskogeologické, hydrogeologické, pedologické a iné účelové mapy,
- dosiaľ realizované prieskumy z predchádzajúcich etáp a iné prieskumy nachádzajúcich sa v Geofonde, prípadne iných archívoch,
- letecké snímky, prípadne iné fotografické zobrazenia,
- historické podklady dokumentujúce predchádzajúce využívanie záujmového územia,
- terénnu rekognoskáciu, prípadne mapovanie - podrobná prehliadka staveniska, odborné zhodnotenie geomorfologických znakov reliéfu blízkeho okolia so zameraním na výskyt svahových deformácií, zhodnotenie odkryvov a výskytov podzemnej vody. Rekognoskácii je

nutné venovať osobitnú pozornosť, vyžaduje si však veľké skúsenosti. Skúsený, erudovaný odborník môže už na základe tejto etapy podstatne ovplyvniť, zredukovať, resp. orientovať celý ďalší prieskum na vyriešenie najzávažnejších problémov na projektovanej trase cestnej stavby.

3.4.4 Strety záujmov. Spracovateľ IGP musí pred vypracovaním projektu posúdiť, či realizácia IGP nevyvolá strety záujmov chránených osobitnými predpismi [Z6].

3.4.5 Vypracovanie a schvaľovanie projektu sa riadi zákonom [Z6].

4 Prehľad terénnych prieskumných prác a ich vykonávanie

Terénne prieskumné práce, ktoré sa využívajú v IGP slúžia na zistenie trojrozmerného modelu horninového prostredia, ktoré bude dotknuté projektovanou výstavbou. Môžeme vyčleniť:

- priame prieskumné práce (vrtné a kopné) a metódy odberu vzoriek,
- prieskumná štôľňa,
- terénne skúšky v zmysle STN EN 1997-2, (statická a dynamická penetračná skúška, presiometrická skúška, dilatometrická skúška, skúška uniaxiálnym lisom, statická zaťažovacia skúška doskou, veľkorozmerové statické zaťažovacie skúšky a šmykové skúšky na horninových blokoch, vrtuľková skúška, skúška plochým dilatometrom, atď.),
- zisťovanie výskytu, režimu a vlastností podzemnej vody v horninovom prostredí,
- geofyzikálne práce (povrchové i karotážne),
- mapovacie práce,
- meračské práce.

4.1 Priame prieskumné práce a metódy odberu vzoriek zemín a hornín

Priame prieskumné práce (vrtné a kopné) sa využívajú na zaznamenanie sledu jednotlivých litologických komplexov zemín a skalných hornín a predovšetkým na odber vzoriek. Vzorky zemín a skalných hornín slúžia na opis a klasifikáciu jednotlivých komplexov a na stanovenie požadovaných vlastností zemín a skalných hornín v laboratóriu. Cieľom týchto prieskumných prác je v zmysle STN EN ISO 22475-1:

- a) odobrať vzorky zemín a skalných hornín takej kvality, ktorá je dostatočná na posúdenie celkovej vhodnosti stanoviska pre geotechnické a inžinierskogeologické účely a na stanovenie požadovaných vlastností zemín a skalných hornín v laboratóriu,
- b) získať informácie o slede, hrúbke a orientácii vrstiev, poruchových systémov a zlomov,
- c) stanoviť typ, zloženie a stav litologických komplexov,
- d) získať informácie o hydrogeologických pomeroch a odber vzoriek vody na posúdenie interakcie medzi podzemnou vodou, zeminou, skalnou horninou a stavebným materiálom.

STN EN 1997-2 a STN EN ISO 22475-1 stanovujú pravidlá pre výber priamej prieskumnej metódy a technologické postupy jej použitia. Limitujúcim faktorom sú požadované informácie o jednotlivých litologických komplexoch a teda závisia od programu laboratórnych skúšok, ktorý sa musí stanoviť pred terénnym prieskumom a odberom vzoriek. Z programu laboratórnych skúšok vyplynie požadovaná trieda kvality vzoriek, ktorá sa dá dosiahnuť iba prislúchajúcou kategóriou odberu vzoriek. Požadovaná kategória odberu vzoriek nakoniec určí použitie konkrétnej priamej prieskumnej metódy. Uvedený postup je však možné použiť až od etapy podrobného IGP, keď po realizácii etapy predbežného IGP je už známy predbežný inžinierskogeologický profil v trase tunela a je možné pomerne presne navrhnúť program laboratórnych skúšok.

4.1.1 Odber vzoriek zemín

Vzorky sa majú odberať pri každej zmene vrstvy a v určitom hĺbkovom intervale, obyčajne nie väčšom ako 3 m. V nehomogénnych zeminách alebo keď sa požaduje podrobné určenie základových pomerov, sa vykoná súvislý odber vo vrte, alebo sa vzorky môžu získať aj v menších intervaloch. Naopak, odoberanie vzoriek v intervale väčšom ako 3 m je možné v prípade, ak sú už známe dostatočné údaje z predchádzajúcich etáp IGP.

4.1.1.1 Kategórie metód odberu vzoriek zemín a laboratórne triedy kvality vzoriek zemín sú uvedené v STN EN 1997-2. Kvalitatívne triedy vzoriek pre jednotlivé druhy laboratórnych rozborov sú uvedené v STN EN 1997-2 zároveň s kategóriou, ktorá má byť použitá pri odbere vzorky, aby sa dosiahla požadovaná kvalita.

Kategórie metód odberu vzoriek sa musia určiť po zvážení požadovaných laboratórnych kvalitatívnych tried uvedených v STN EN 1997-2, očakávaného typu zeminy a hladiny podzemnej vody. Rozhodujúcim kritériom na použitie priamej prieskumnej metódy je okrem kvality vzoriek ešte:

- požadované množstvo vzorky,
- požadovaný priemer vzorky.

Technologické postupy na získavanie vzoriek sú podľa STN EN ISO 22475-1 rozdelené do nasledujúcich skupín:

- a) odber vzoriek vrtaním (kontinuálny odber vzoriek),
- b) odber vzoriek pomocou odberných prístrojov,
- c) odber monolitov.

4.1.1.2 Základné metódy odberu vzoriek zemín vrtaním sú:

- a) odber vzoriek rotačným vrtaním a to:
 - rotačným jadrovým vrtaním na sucho,
 - rotačným jadrovým vrtaním s výplachom,
 - špirálovým vrtákom,
 - pomocou nepriameho výplachu,
 - vrtaním lyžicovým vrtákom (šapou).
- b) odber vzoriek použitím nárazových metód a to:
 - nárazovým vrtaním,
 - rotačno-nárazovým vrtaním.
- c) odber vzoriek nárazovým vrtaním na lane,
- d) odber vzoriek vrtaním pomocou dutého špirálového vrtáka,
- e) odber vzoriek vrtaním drapákom,
- f) odber vzoriek malopriemerovým vrtaním.

Výber vrtnej súpravy, požiadavky na technológiu vrtania, likvidačné práce a opustenie pracoviska sa vykonajú podľa požiadaviek, uvedených v STN EN ISO 22475-1.

Pri odbere vzoriek počas vrtných prác je možné použiť dve odlišné stratégie:

- Vrtanie, zamerané na získanie kompletného vrtného jadra zeminy, so vzorkami získanými vrtnými nástrojmi pozdĺž celého profilu vrtu a špeciálnymi vzorkovačmi z vybraných hĺbok z dna vrtu.
- Vrtanie, zamerané na odber vzoriek iba z vopred definovaných úrovní, napríklad na základe samostatne vykonaných penetračných skúšok.

4.1.1.3 Odber vzoriek pomocou odberných prístrojov sa môže použiť vo vrtoch, alebo vo výkopoch, prípadne odkryvoch. Priemer vrtania sa musí voliť tak, aby odberný prístroj mohol byť bez prekážok spustený na čelbu vrtu. V závislosti od typu a stavu zeminy sa môžu použiť rôzne odberné prístroje. Základné metódy odberu vzoriek pomocou odberných prístrojov sú podrobne uvedené v STN EN ISO 22475-1.

4.1.1.4 Monolit sa môže získať z nasledujúcich prieskumných diel:

- kopaná sonda – prieskumné dielo so zvislými stenami, pričom prevláda hĺbka nad šírkou a dĺžkou,
- kopaná šachta – detto ako kopaná sonda, ale s hĺbkou nad 5 m,
- kopaná ryha – ich dĺžka presahuje hĺbku a šírku,
- štôľňa – vodorovné, prípadne mierne uklonené banské dielo razené od povrchu,
- odkryvy – prirodzené a umelé.

Spôsob odoberania vzoriek z uvedených prieskumných diel opisuje STN EN ISO 22475-1.

4.1.2 Odber vzoriek zo skalných hornín

Vlastnosti a počet vzoriek, ktoré sa majú odobrať, musia byť stanovené na základe cieľa prieskumu horninového prostredia, inžinierskogeologických pomerov lokality a náročnosti geotechnickej konštrukcie a navrhovanej stavby.

Metódy na získavanie vzoriek skalných hornín môžu byť rozdelené do nasledujúcich skupín:

- a) odber vzoriek vŕtaním,
- b) odber monolitov,
- c) integrálny odber.

Typy vzoriek skalných hornín môžu byť nasledujúce:

- a) jadrá (úplné a neúplné),
- b) vrtná drvina a zachytené zvyšky,
- c) monolity.

4.1.2.1 Kategórie metód odberu vzoriek

- **metóda odberu vzoriek kategórie A** - získanie vzoriek, v ktorých sa nevyskytne žiadne alebo len malé porušenie štruktúry skalnej horniny. Pevnostné a deformačné vlastnosti, vlhkosť, objemová hmotnosť, pórovitosť a priepustnosť vzoriek skalnej horniny zodpovedajú hodnotám in situ. Neobjavujú sa žiadne zmeny v zložkách alebo v chemickom zložení hmoty horniny.
- **metóda odberu vzoriek kategórie B** - získanie vzoriek, ktoré obsahujú všetky zložky horninového masívu in situ. Môže byť identifikované základné usporiadanie diskontinuit v horninovom masíve. **Štruktúra horninového masívu** bola porušená, a teda aj jeho pevnostné a deformačné vlastnosti, vlhkosť, objemová hmotnosť, pórovitosť a priepustnosť vlastného horninového masívu. **Úlomky skalných hornín** si však zachovávajú svoje pevnostné a deformačné vlastnosti, vlhkosť, objemovú hmotnosť a pórovitosť.
- **metóda odberu vzoriek kategórie C** - štruktúra horninového masívu a jeho diskontinuit je úplne zmenená. Horninový materiál môže byť rozdrvený a môžu sa vyskytnúť aj niektoré zmeny v zložkách alebo v chemickom zložení. Z odobraných vzoriek sa dá určiť typ horniny, charakter jej základnej hmoty, textúra a jej vnútorná stavba.

4.1.2.2 Metódy vŕtania a zariadenie sa musia vyberať na základe požadovanej kategórie odberu vzoriek, geologických a hydrogeologických podmienok. V poloskalných horninách sa musia použiť iba dvojité alebo trojité jadrovnice, čo platí iba pre nezvetrané horniny. Metódy vŕtania a zariadenie sa môžu vyberať podľa prílohy C normy STN EN ISO 22475-1, kde je uvedená referenčná príručka najčastejšie a všeobecne používaných zariadení na vŕtanie a odber vzoriek zemín a skalných hornín. Príloha obsahuje informácie o základných rozmeroch, terminológii a aj grafické zobrazenie dát na pomoc pri výbere korunky jadrovnice.

Základné metódy odberu vzoriek skalných hornín vŕtaním sú :

- a) odber vzoriek rotačným jadrovým vŕtaním na sucho - metóda odberu vzoriek kategórie B,
- b) **odber vzoriek rotačným jadrovým vŕtaním s výplachom** - s jednoduchou a dvojitou jadrovnicou je zvyčajne metódou odberu vzoriek **kategórie B** a s použitím trojitej jadrovnice je zvyčajne **kategóriou A**,
- c) odber vzoriek jadrovým vŕtaním s ťažiteľnou jadrovnicou „wireline“ - metóda odberu vzoriek kategórie A,
- d) odber vzoriek vrtnéj drviny pri rotačnom vŕtaní na plnú čelbu (bezjadrové vŕtanie) - metóda odberu vzoriek kategórie C.

4.1.2.3 Pri odbere blokov sa vzorky získavajú z kopaných sond, rýh, šácht a štôlní alebo z dna vrtu pomocou špeciálnych odberných prístrojov s rezacím postupom. Táto metóda odberu vzoriek je zvyčajne **kategóriou odberu vzoriek A**.

4.1.2.4 Pri integrálnom odbere vzoriek možno získať úplné, orientované a neporušené vzorky jadra so zachovaním vlastností horninového masívu (nenarušeného vplyvom vŕtania) na zistenie pôvodného stavu diskontinuit a ich orientácie. Kvalita jadra, získaného z jadrových vrtov vo všeobecnosti vyjadruje charakter horninového masívu v rôznych vzdialenostiach od povrchu a nepriamo poukazuje na možnosť využitia vrtných jadier na prípravu laboratórnych vzoriek. Vzhľadom na dôležitosť

informácie o stave skalného horninového masívu, jeho puklinovitosti a možnosti odberu vzoriek pri jadrovom vŕtaní je potrebné hodnotenie kvality výnosu skalných hornín (výnos jadra).

4.1.3 Manipulácia so vzorkami, ich skladovanie a preprava

Skladovanie, preprava a zaobchádzanie (manipulácia) so vzorkami sa musia vykonávať v súlade s STN EN ISO 22475-1.

Každá vzorka zeminy a skalnej horniny sa musí chrániť pred priamym slnečným svetlom, teplom, mrazom a dažďom. Každá zásielka so vzorkami má obsahovať záznam tak, aby bola sledovateľná manipulácia so vzorkami od zhromaždenia nákladu so vzorkami až po odovzdanie do skladu laboratória. Pri odovzdávaní nákladu vzoriek sa osoby odovzdávajúce a prijímajúce vzorky podpíšu, zapíšu dátum a čas a skontrolujú záznam o preprave.

Typ ochranných materiálov a prepravných nádob na vzorky závisí od kategórie odberu vzoriek a sú uvedené pre jednotlivé typy zemín a skalných hornín v STN EN ISO 22475-1.

Všetky vzorky sa musia ihneď po odobratí a utesnení očíslovať, zdokumentovať a označiť.

Popis musí obsahovať nasledujúce informácie:

- a) označenie projektu;
- b) označenie skúšobnej šachty/ryhy, vrtu atď.;
- c) dátum odberu vzorky;
- d) identifikáciu vzorky;
- e) kategóriu odberu vzorky;
- f) hĺbku vzorky od referenčnej úrovne.

4.1.3.1 Preprava vzoriek

Vzorky hornín sa musia chrániť pred vibráciami, otrasmi, teplom a chladom a zmenami teploty. Vzorky sa prepravujú vo vodorovnej polohe.

Vzorky hornín získané podľa kategórie odberu vzoriek A sa uchovávali v puzdrách a nádobách. Vzorky sa označia tak, aby nevznikla žiadna pochybnosť o vrchnom a spodnom konci vzorky. V opise, ak je to možné, by mal byť vyznačený typ zeminy alebo skalnej horniny, zvetranie a aj možné diskontinuity zistené vizuálnym hodnotením. Monolity zemín a skalné horniny bez puzdra sa zabalia do vhodného plastového obalu alebo/a hliníkovej fólie, prekryjú sa niekoľkými vrstvami vosku alebo utesnia v niekoľkých vrstvách gázy a vosku. Vzorky sa musia uložiť do pevných obalov alebo nádob, v ktorých sú pevne zaistené proti nárazom, otáčaniu, posunom atď.

Vzorky skalných hornín získané podľa kategórie odberu vzoriek B musia byť umiestnené samostatne v pevných kontajneroch. Ak vzorky neboli získané v puzdrách, musia sa ihneď pevne zabaliť do plastového obalu alebo fólie. Vzorky zeminy získané podľa kategórie odberu vzoriek B sa musia chrániť a prepravovať v utesnených nádobách chrániacich vlhkosť. Valcové a kockové vzorky sa zabalia do vhodných plastových obalov a/alebo hliníkovej fólie a zakryjú niekoľkými vrstvami vosku, alebo sa utesnia vrstvami gázy a vosku.

Vzorky zemín získané podľa kategórie odberu vzoriek C sa môžu prepravovať v akomkoľvek type nádob dostupným spôsobom prepravy. Vzorky skalných hornín získané podľa kategórie odberu vzoriek C musia byť umiestnené a prepravované v štruktúrne konštrukčne vhodných jadrovniciach. Musia sa ukladať vzhľadom na sled vrstiev in situ a musia sa zabaliť do plastového obalu alebo fólie.

4.1.3.2 Uskladnenie vzoriek

Samostatné vzorky v nádobách na vzorky a vzorky jadier v debničkách na jadrá sa musia skladovať takým spôsobom, aby sa nezmenili mechanicky dôležité vlastnosti zemín a skalných hornín týchto vzoriek. Vzorky sa musia pevne utesniť fóliou a malo by sa zabrániť zbytočnej manipulácii. Vzorky sa nesmú vystaviť mrazu. Vzorky sa musia uskladňovať v chladnom prostredí. Na zvláštne účely a špeciálne skúšky by teplota skladovacej miestnosti mala byť rovnaká ako je teplota horninového prostredia 6 °C až 12 °C a vlhkosť 85 % až 100 %. Ak existuje podozrenie, že vzorka bola počas uskladnenia porušená, pozorovanie sa zaznamená do laboratórneho záznamového listu.

4.1.4 Zabezpečenie prieskumných prác (vrtných a kopných)

Každý vrt a výkop musí byť oplotený alebo dočasne zakrytý bezpečným spôsobom, kým nie je definitívne zakrytý alebo zasypaný, alebo definitívne vystrojený. Okrem zabezpečenia miesta prieskumných prác je potrebné zaistiť aj stabilitu ich samotných.

4.1.4.1 Vystrojenie vrtov zabezpečuje stabilitu stien vrtov a umožňuje dočasné, alebo trvalé pozorovanie, meranie a realizáciu zvláštnych skúšok v nich. Vystrojenie sa realizuje ako dočasné, alebo definitívne. Za dočasné sa považuje vystrojenie, ktoré sa po ukončení prác zlikviduje. Definitívne vystrojenie umožňuje používať vrt (určené v projekte) na pozorovania a skúšky aj v období po skončení IGP. Náčrt výstroja s údajmi o použití materiálov je súčasťou technickej časti projektu.

4.1.4.2 Kopané sondy (bez alebo s prístupom), šachty a rozrážky musia byť vybudované v súlade s príslušnými normami a bezpečnostnými smernicami. Musia byť dostatočne veľké, aby bola umožnená obhliadka, odber vzoriek a vykonávanie in situ skúšok. Tam, kde je to nevyhnutné, musia byť chránené proti vplyvom porušenia a zvetrávania.

4.1.5 Likvidačné práce prieskumných prác

4.1.5.1 Keď je odber vzoriek ukončený, musí sa lokalita uviesť do pôvodného stavu tak, aby neostali žiadne riziká, ktoré by boli mohli potenciálne ohroziť verejnosť, životné prostredie alebo živočíchov. Likvidácia musí byť vykonaná v súlade s národnými nariadeniami, technickými požiadavkami alebo požiadavkami úradov a musí brať do úvahy aj možnú kontamináciu zeminy.

4.1.5.2 Ak sa nevyžaduje, aby vrt zostal zachovaný, alebo na určitý účel otvorený, mal by byť vyplnený, konsolidovaný a zakrytý takým spôsobom, aby nevznikla následná depresia na úrovni terénu vplyvom závalu jeho stien.

4.1.5.3 Vrty sa vyplňujú obyčajne materiálom s rovnakou alebo menšou priepustnosťou ako je okolité horninové prostredie. Ak je použitá zmesová injektáž, mala by byť uložená pomocou rúry spustenej na dno vrtu.

4.1.5.4 Lokalita, na ktorej sa prevádzali prieskumné práce by mala byť opustená v bezpečnom, čistom a upravenom stave.

4.1.5.5 Spôsob likvidácie prieskumných prác a technológia likvidačných prác musia byť určené v technickej časti projektu.

4.1.5.6 O likvidačných prácach sa musia viesť príslušné záznamy v zmysle STN EN ISO 22475-1, a to napr. záznam o zasýpaní B.5.

4.1.6 Prieskumná štôľňa

Budovanie razených prieskumných diel s malým profilom (prieskumných štôľní) v časti dĺžky alebo aj v celej dĺžke budúcej tunelovej stavby predstavuje najnákladnejšiu metódu priamych prieskumných prác. Rozhodnutie o realizácii prieskumnej štôľne môže byť odôvodniteľné vo veľmi zložitých geologických pomeroch, pričom by malo byť podložené analýzou nákladov a výnosov. Je pritom potrebné analyzovať, či do úvahy pripadá aj možné budúce využitie štôľne po vybudovaní tunela, napríklad ako únikovej cesty, drenážnej alebo ventilačnej štôľne.

Prostredníctvom razenia prieskumných štôľní je možné získať najspoľahlivejšie údaje o geologických pomeroch pozdĺž budúceho tunela. Ide najmä o spoľahlivé určenie polôh litologických rozhraní jednotlivých typov hornín v trase, stanovenie prítokov podzemných vôd do tunela, respektíve priaznivý efekt odvodnenie horninového masívu v priestore štôľne pred začatím razenia tunela, priame posúdenie vlastností plôch nespojitosti a porúch a vykonanie potrebných poľných skúšok v rozrážkach či priamo vo štôľni.

Prieskumná štôľňa je smerovaná zväčša horizontálne alebo len s miernym úklonom (kopíruje niveletu tunelového diela). Plocha výrubu prieskumnej štôľne sa volí podľa návrhu technológie jej razenia alebo podľa špecifických požiadaviek projektanta tunela, zvyčajne v rozsahu 5 m² – 15 m².

Prieskumná štôľňa sa realizuje buď v celej dĺžke tunela, v určitej dĺžke od portálov tunela alebo úplne mimo trasu plánovaného tunela ale v analogickom horninovom prostredí v danej lokalite. Prieskumnú štôľňu je možné raziť i zo zvislej šachty do miest, kde sa predpokladajú mimoriadne komplikované geologické pomery (v takom prípade sa prieskumná štôľňa zvyčajne nazýva rozrážkou).

4.2 Terénne skúšky – nepriame prieskumné práce

4.2.1 Všeobecne

Terénnymi skúškami sa zisťujú fyzikálno-mechanické vlastnosti zemín a hornín bez odoberania vzoriek, a preto ich môžeme považovať aj za nepriame prieskumné práce.

Odber vzoriek je možné nahradiť terénnymi skúškami, iba v tom prípade, ak je k dispozícii dostatočná miestna skúsenosť, umožňujúca koreláciu terénnych skúšok s horninovým prostredím a s jednoznačnou interpretáciou výsledkov. Bez poznania aspoň predbežného profilu horninového prostredia v hodnotenom území nie je možné výsledky terénnych skúšok správne interpretovať.

4.2.2 Program terénnych skúšok

Pre situovanie a hĺbku jednotlivých terénnych skúšok je nutné vypracovať program uvedených skúšok, ktorý je súčasťou projektu geologickej úlohy. Optimálna je kombinácia terénnej skúšky a prieskumnej metódy s odberom vzoriek zemín a skalných hornín.

4.2.3 Typy terénnych skúšok

Pre IGP sa môžu na rôzne účely použiť nasledujúce terénne skúšky.

Statická penetračná a piezostatická skúška (CPT a CPTU) - na určenie inžinierskogeologického profilu (len s odberom vzoriek vrtaním a kopaním) a na orientačné určenie geotechnických parametrov ako sú pevnostné a deformačné vlastnosti zemín a poloskalných hornín.

Presiometrická skúška (PMT) – realizuje sa ňou in situ meranie deformácie zemín a poloskalných hornín vo vrtoch a využíva sa predovšetkým na stanovenie pevnostných alebo deformačných parametrov silne zvetraných skalných hornín, prípadne poloskalných hornín, z ktorých nie je možné odobrať vzorky na laboratórne rozборы. Prístroj svojou konštrukciou je navrhnutý na realizáciu skúšok v hĺbkach do 30 m, v prípade splnenia špeciálnych podmienok až do 50 m.

Dilatometrická skúška (DMT) – realizuje sa ňou in situ meranie deformácie zemín, poloskalných a skalných hornín vo vrtoch a využíva sa predovšetkým na stanovenie deformačných parametrov skalných a poloskalných hornín v rozličnom štádiu zvetrania a/alebo porušenia. Výsledky skúšky sa využívajú na stanovenie deformačných parametrov hornín v okolí plánovanej nivelety tunelových rúr. Prístroj svojou konštrukciou umožňuje realizovať skúšky v hĺbkach až do 500 m.

Zaťažovacia skúška uniaxiálnym lisom (UAT) – realizuje sa ňou in situ meranie deformácie zemín, poloskalných a skalných hornín vo vrtoch, spôsobenej roztiahnutím dvoch zaťažovacích valcových plôch pomocou hydraulického valca. Zaťažovanie steny vrtu sa robí zvyčajne vo dvoch na seba kolmých smeroch. V IGP sa využíva predovšetkým na stanovenie deformačných parametrov skalných a poloskalných hornín v rozličnom štádiu zvetrania a/alebo porušenia. Výsledky skúšky sa využívajú predovšetkým pre návrh založenia mostných a hydrotechnických objektov a stanovenie deformačných parametrov hornín v okolí plánovanej nivelety tunelových rúr. Prístroj svojou konštrukciou umožňuje realizovať skúšky v hĺbkach do 100 m.

Dynamické penetračné skúšky (DP) – Skúška je vhodná na zaznamenávanie rozhraní medzi zrnitostne odlišnými zeminami a používa sa predovšetkým pre zistenie vlastností hrubozrnných (nesúdržných) zemín.

Statická zaťažovacia skúška doskou (SPLT) - stanovenie vertikálnych deformačných vlastností zemných a skalných hornín in situ.

Veľkorozmerová statická zaťažovacia skúška doskou (LSSPLT) - stanovenie deformačných vlastností zemných a skalných masívov. Skúšku je možné používať v etape podrobného IGP. K skúške je potrebné zabezpečiť adekvátnu protizáťaž, preto sa zvyčajne vykonáva v prieskumných štôľňach, šachticiach alebo pod pripravenými zaťažovacími konštrukciami. Vzhľadom na svoju časovú i finančnú náročnosť sa skúška používa len pri významných tunelových stavbách.

Veľkorozmerová šmyková skúška na horninových blokoch (LS ST) - stanovenie pevnostných vlastností skalných masívov in situ zaznamenávaním zaťaženia a zodpovedajúceho posunutia vyseparovaného skalného bloku. Blok je zaťažovaný normálovou silou aj tangenciálnou silou. Na

vyhodnotenie skúšky je potrebné realizovať šmykovú skúšku na minimálne troch blokoch hornín pri troch rozličných normálových zaťaženiach. Uvedenú skúšku je možné používať **v etape podrobného IGP**. K skúške je potrebné zabezpečiť adekvátnu protizáťaž, preto sa zvyčajne vykonáva v prieskumných štôlniach alebo šachticiach s rozrážkou. Vzhľadom na svoju časovú i finančnú náročnosť sa skúška používa len pri významných tunelových stavbách.

Terénne skúšky na zistenie vlastností horninového prostredia (masívu). Vlastnosti horninového masívu zahŕňajúce vrstevnatosť a puklinovitosť alebo diskontinuity môžu byť nepriamo preskúmané zaťažovacími skúškami a skúškami šmykovej pevnosti pozdĺž puklín. V poloskálnych horninách sa môžu vykonať doplnkové skúšky v teréne alebo veľkorozmerové laboratórne skúšky na blokových vzorkách.

Skúšky na zistenie primárnej napätosti horninového masívu – overcoring, hydrofracturing, ploché lisy, radiálne lisy. Sú to finančne i časovo náročné skúšky, ktoré umožňujú určiť primárnu napätosť horninového masívu ako jeden z najdôležitejších vstupných údajov do výpočtových modelov.

Indexové skúšky pevnosti skalných hornín – Schmidtovo kladivo, Point Load Test – sú jednoduché skúšky pre odvodenie jednoosovej pevnosti horninového materiálu. Pre svoju jednoduchosť sa môžu použiť vo veľkom množstve na vrtných jadrách alebo úlomkoch hornín z odkryvov (PLT) aj na odkrytých skalných stenách (Schmidt).

Ak výsledky z terénnych skúšok nezodpovedajú počiatočným informáciám o skúšobnom mieste alebo účelu prieskumu, musia sa zväziť dodatočné merania, prípadne zmena skúšobnej metódy.

4.2.4 Vyhodnotenie terénnych skúšok

Vo vyhodnotení výsledkov terénnych skúšok sa musia zväziť všetky ďalšie informácie o:

- výsledkoch z laboratórnych skúšok a vŕtania,
- výsledkoch z iných terénnych skúšok,
- výsledkoch skúšok v analogickom horninovom prostredí z iných lokalít,
- vplyvoch meracích zariadení a technologických postupov na merané parametre,
- publikovaných informáciách o vykonaní použitých terénnych skúšok,
- porovnateľných skúsenostiach.

Ak sa na odvodenie geotechnických parametrov použijú korelácie, musí sa vyhodnotiť kriticky pre každý konkrétny projekt ich platnosť a vhodnosť s ohľadom na charakter horninového prostredia a okrajových podmienok.

4.3 Zisťovanie výskytu, režimu a vlastností podzemnej vody v horninovom prostredí

4.3.1

IGP zisťuje ohľadom režimu podzemnej vody údaje o:

- hĺbke, hrúbke, plošnom rozsahu a priepustnosti zvodnených vrstiev v zeminách a puklinových systémoch v skalnom masíve,
- nadmorskej výške úrovne hladiny podzemnej vody alebo piezometrickej úrovne zvodnencov a režime hladín podzemných vôd, aktuálnych hladinách podzemnej vody vrátane možných extrémnych úrovní, ako aj periodicite ich výskytu,
- rozdelení piezometrických tlakov,
- chemickom zložení a teplote podzemnej vody,
- pôvode a distribúcii podzemnej vody (infiltračná, akumulácia a výverová oblasť, vek vody).

Získané informácie majú byť dostatočné z hľadiska určenia:

- podmienok na zníženie hladiny podzemnej vody (v zárezoch a v stavebných jamách povrchových častí tunela),
- množstva vody pritekajúcej do tunelovej rúry počas raziacich prác (návrh technológie odvodnenia stavby tunela),
- nepriaznivého pôsobenia podzemnej vody vo výkopoch alebo svahoch (napríklad riziko hydraulického porušenia, nadmerného priesakového tlaku alebo erózie) alebo v tunelovej rúre (sufózia, prívalové prítoky, vznik inkrustácií),
- opatrení potrebných na ochranu konštrukcie pred podzemnou vodou (napríklad tesnenie, odvodnenie a opatrenia proti agresívnej podzemnej vode),

- vplyvu zníženia alebo zvýšenia hladiny podzemnej vody, vysušenia na okolité prostredie – ohrozenie jestvujúcich objektov, zdrojov podzemných vôd pre zásobovanie a pod.
- schopnosti horninového prostredia absorbovať alebo uvoľňovať vodu počas stavebných prác,
- možnosti využitia podzemnej vody vyskytujúcej sa na stavenisku alebo v blízkom okolí pre stavebnú činnosť,
- možnosti ochrany podzemných vôd proti nežiaducim vplyvom počas výstavby i prevádzky tunela – eliminácia nežiaduceho drenážneho účinku, eliminácia vplyvu na kvalitu podzemnej vody,
- bilancie podzemných vôd v hydrogeologickej štruktúre, ktorou bude prechádzať tunel.

S ohľadom na potrebnú podrobnosť údajov (závisí od etapy IGP) o výskyte a režime podzemnej vody sa v projekte geologickej úlohy stanoví metodika a technologické postupy na ich získanie. V mnohých prípadoch je však potrebné pokračovať v meraniach zameraných na režim podzemných vôd aj v období realizácie stavby a aj po jej dokončení (etapa IGP – sledovanie výstavby a monitoring).

4.3.2 Zisťovanie výskytu a kolísania hladín podzemných vôd počas vykonávania IGP v nevystrojených vrtoch.

V prevažnej časti priamych prieskumných prác (vrtných a kopných) sa zaznamenáva hladina podzemnej vody (ďalej HPV) iba počas ich realizácie a až do ich likvidácie.

Počas vrtania sa:

- zaznamenávajú všetky miesta (hĺbky) s prítokom, prípadne priesakom podzemnej vody do vrtu (sondy, ryhy a pod.),
- meria HPV na konci dňa a na začiatku nasledujúceho dňa (pred obnovením vrtania),
- zaznamenáva každý náhly prítok alebo strata vody,
- v prípade vrtania s výplachom sa zaznamenáva jeho strata, zmena farby a hustoty a podobne.

V prípade absencie HPV vo vrtoch počas ich realizácie sa odporúča predovšetkým v menej priepustnom horninovom prostredí nechať vrt otvorený (zapažený), prípadne vystrojený dočasnými perforovanými výpažnicami pre sledovanie prípadného výskytu HPV v nich počas niekoľkých dní, prípadne počas trvania etapy prieskumu.

4.3.3 Zisťovanie kolísania hladín podzemných vôd (pórových tlakov) vo vystrojených vrtoch

Počet, umiestnenie a hĺbka meracích miest musí byť vybraná vzhľadom na účel merania, morfológiu, sled vrstiev a typ zeminy (horniny). Predovšetkým sa berie do úvahy priepustnosť zeminy, hĺbka a hrúbka zvodnených kolektorov.

4.3.3.1 Meracie systémy HPV a ich vhodnosť

Meracie systémy, ktoré merajú výskyt HPV na dlhších úsekoch vrtu (otvorené piezometre s dlhým filtrom) alebo meracie zariadenia nedostatočne utesnené, sú vhodné iba v homogénnom prostredí s vysokou priepustnosťou (štrky, piesky a pod.) a na získanie orientačných hodnôt v etape predbežného IGP. V ostatnom prostredí je nutné použiť bodové meranie tlaku podzemnej vody prostredníctvom piezometrov.

Na meranie tlaku vody sa využívajú dve hlavné metódy:

1. Otvorený systém.
2. Uzatvorený systém.

Príklady systémov sú uvedené v STN EN ISO 22475-1.

4.3.3.2 Inštalácia meracích systémov HPV, ich kontrola a údržba

Projekt inštalácie, kontroly a údržby sa musí vypracovať a zdokumentovať pred zostavením samotného piezometra (technická časť projektu geologickej úlohy).

Piezometre sa vo väčšine prípadov zabudovávajú do vrtoch. Inštalácia otvorených a uzatvorených systémov sa musí realizovať, kontrolovať a udržiavať v zmysle STN EN ISO 22475-1.

4.3.3.3 Spôsob merania a jeho frekvencia na meracích zariadeniach

Všetky použité meracie systémy sa pred uvedením piezometra do prevádzky musia skontrolovať a kalibrovať.

Merania na zariadeniach je možné realizovať **manuálne alebo kontinuálne**.

Ak sa merajú **krátkodobé zmeny a rýchle kolísania pórových tlakov** (realizácia sanačných opatrení, priráženie podložia násypom a pod.), musia sa pri všetkých typoch zemín a skalných hornín použiť **kontinuálne záznamy** prostredníctvom snímačov a zariadení na zapisovanie dát.

4.3.3.4 Dĺžka časového úseku realizácie meraní

Počet, frekvencia čítaní a dĺžka času merania sa musia plánovať s uvážením účelu meraní a času, potrebného na stabilizáciu meracieho systému. Ak je cieľom stanoviť kolísanie HPV (režim), merania sa musia uskutočniť počas dlhého časového obdobia v intervaloch kratších ako je charakterizovaný interval prirodzeného rozkvyu hladiny podzemnej vody. Intervaly medzi meraniami a celková dĺžka obdobia vykonávania meraní určená v projekte musí byť prispôsobená meraniam po počiatočnom časovom úseku a ďalej podľa aktuálnych zmien v sledovaných meraniach.

4.3.3.5 Likvidácia meracích systémov HPV

Ak sa skončia merania HPV, prípadne meracie zariadenie je nefunkčné a nedá sa obnoviť, piezometre sa odinštalujú a vrt sa zaplní podľa článku 5.1.5. Ak prejdú uvedené zariadenia do siete monitoringu počas prevádzky cestnej stavby, sú protokolárne odovzdané objednávateľovi, alebo inej organizácii určenej objednávateľom.

4.3.4 Zisťovanie a meranie ďalších parametrov vplyvajúcich na režim HPV

Pre určenie režimu podzemných vôd (režimu pórových tlakov) a predovšetkým jeho prognózy po realizácii tunelovej stavby je potrebné zistiť nasledovné údaje z hodnoteného územia:

- klimatické údaje – zrážky, teplota, výpar, snehová pokrývka,
- priepustnosť horninového prostredia – čerpacie skúšky, stúpacie skúšky, nalievacie skúšky, vodné tlakové skúšky,
- výdatnosť prameňov, prípadne odvodňovacích prvkov a prietok v povrchových tokoch,
- hladiny podzemných vôd v blízkom okolí,
- komunikačné cesty podzemných vôd v puklinovom a krasovom prostredí.

Uvedené údaje by mali z časového hľadiska zodpovedať intervalom a obdobiu merania hladín podzemných vôd.

4.3.4.1 Klimatické údaje

Režim HPV je súčasťou hydrologického cyklu ovplyvňovaného zrážkami, výparom, topením snehu, morfológiou a pod. Preto je nevyhnutné poznať uvedené údaje k stanoveniu prognózy režimu HPV. Údaje je možné získať z meraní na klimatických stanicích SHMÚ v blízkom okolí. V prípade potreby presnejších údajov je možné vybudovať v rámci monitoringu vlastnú automatickú klimatickú stanicu priamo v dotknutom území.

4.3.4.2 Priepustnosť horninového prostredia

Priepustnosť horninového prostredia je možné stanoviť terénnymi meraniami alebo laboratórnymi skúškami. Účel a metodika skúšok musí byť stanovená v projekte. Požiadavky, vzťahujúce sa na meranie priepustnosti v zeminách a v skalných horninách v teréne špecifikuje norma STN EN ISO 22282-1 pre hydrodynamické skúšky.

Čerpacie skúšky

Čerpacie skúšky sa realizujú v zabudovaných vrtoch a poskytujú najpresnejšie výsledky. Čerpacou skúškou sa určuje výdatnosť vrtu, hydraulické parametre zvodneného prostredia a hydraulické parametre samotného vrtu.

Stúpacie skúšky

Meranie stúpania hladiny po ukončení čerpania sa nazýva **stúpacia skúška**. Priebeh stúpania dáva ďalšie informácie, ktoré možno vyhodnotiť a interpretovať. V priebehu stúpajúcej skúšky sa odrážajú vlastnosti zvodneného prostredia a okrajových podmienok bez pôsobenia vplyvu čerpania.

Nalievacie skúšky

Používajú sa pre stanovenie hydraulických parametrov horninového prostredia nad HPV. Stanovuje sa nimi napríklad schopnosť horninového prostredia absorbovať a odvádzať vodu z drenážnych prvkov (vsakovacie studne).

Vodné tlakové skúšky

Slúžia na zisťovanie hydraulických vlastností a priepustnosti skalného masívu, účinnosti injektovania a geomechanického správania (napr. Hydraulického štiepenia). Spočívajú v časovom obmedzenom vháňaní vody do uzatvorenej etáže vrtu pod tlakom. Meria sa množstvo vody unikajúce do okolitého horninového prostredia.

4.3.4.3 Meranie výdatností prameňov, sanačných odvodňovacích prvkov a prietoku v povrchových tokoch

Meranie uvedených parametrov je dôležité, pretože sú odrazom charakteru režimu podzemných vôd v horninovom prostredí. Merania sa realizujú pomocou merných prepádov, prípadne inou vhodnou metódou. Musia sa realizovať v tých istých obdobiach a časových intervaloch ako sa vykonávajú merania HPV.

Meranie výdatností prameňov slúžiacich na zásobovanie obyvateľstva, slúži aj na poznanie ich režimu a v prípade ich ohrozenie výstavbou cestnej stavby je možné vybudovať adekvátny náhradný vodný zdroj.

Súčasťou prieskumných prác v okolí tunela by mala byť i pasportizácia všetkých vodných zdrojov, studní a prírodných výverov podzemnej vody, zistenie jestvujúcich hydrotechnických stavieb a pod.

4.3.4.4 Údaje o hladinách podzemných vôd realizovaných inými organizáciami

Ak sa v záujmovom území nachádzajú iné zabudované zariadenia na meranie HPV je dôležité získať uvedené merania ako referenčné. Ak sú uvedené merania vykonávané už dlhodobo (napr. SHMÚ) nadobúdajú väčšiu dôležitosť pre stanovenie prognózy HPV v záujmovej oblasti.

4.3.4.5 Meranie hladín vôd v okolitých vodných plochách

Ak sa v záujmovom území nachádzajú miesta s odkrytou hladinou podzemných vôd (hladina vody v jazerách, nádržiach), je potrebné sledovať kolísanie hladiny podzemnej vody v intervaloch zhodných s intervalmi merania HPV.

4.3.4.6 Komunikačné a stopovacie skúšky

Ak sa v záujmovom území nachádzajú vodné zdroje, viazané na puklinové alebo krasové prostredie, je potrebné realizovať stopovacie komunikačné skúšky na vysledovanie privilegovaných ciest prúdenia podzemnej vody. Postup stopovacej komunikačnej skúšky je treba zvoliť v Projekte GÚ podľa aktuálnej lokality, hydrogeologickej štruktúry, možnosti aplikácie stopovača, morfológických a ďalších podmienok.

4.3.5 Zhodnotenie režimu podzemnej vody

Analýzou údajov uvedených v článkoch 4.3.2 až 4.3.4 je možné zhodnotiť režim podzemných vôd v okolí projektovanej tunelovej stavby a takisto je možné vytvoriť prognózu ako sa bude správať po jej realizácii. Uvedená prognóza bude potom slúžiť pre efektívny návrh sanačných prvkov a zmiernenie dopadu na režim podzemných vôd v okolí.

4.3.6 Odber vzoriek podzemnej vody počas IGP

Počet, umiestnenie a hĺbka odberných bodov sa musí stanoviť v projekte. Pre určenie zmeny vlastností podzemnej vody v čase je potrebné odberať vzorky podzemných vôd zo zabudovaných vrtov (prípadne povrchových tokov) počas viacerých etáp IGP pred samotnou výstavbou.

4.3.6.1 Účel odberu

Podzemná voda sa odoberá na nasledujúce účely:

- zistiť agresivitu proti betónu (STN EN 206-1),
- zistiť jej korozívnu schopnosť,
- určiť zmeny kvality podzemnej vody vyplývajúce zo stavebných prác,
- stanoviť vhodnosť jej použitia ako vody do konštrukčných materiálov,
- zistiť prítomnosť stopovacej látky (pri komunikačných skúškach),
- zistiť typ, pôvod a vek vody špeciálnymi laboratórnymi rozbormi,
- stanoviť počiatkový stav kvality podzemnej vody v prípade jej využívania vo vodárenských zdrojoch pred samotnou výstavbou tunela, určiť zmeny kvality podzemnej vody počas výstavby a prevádzky tunela.

4.3.6.2 Postupy odberu vzoriek podzemných vôd

Vzorky podzemných vôd je možné odobrať nasledovnými spôsobmi :

- čerpaním z vrtov a studní,
- pomocou odberného prístroja,
- pomocou vákuových fliaš.

Predpísané postupy odberu vzoriek sú uvedené v STN EN ISO 22475-1.

4.3.6.3 Manipulácia so vzorkami vody

Prepravné nádoby na vodu sa zvyčajne musia skladovať v tme, plné a tepelne izolované alebo chladené, s vylúčením akéhokoľvek kontaktu s materiálmi, ktoré by mohli ovplyvniť kvalitu vody. Do laboratória sú prepravované v rovnaký deň.

4.4 Geofyzikálne práce

4.4.1 Všeobecne

Geofyzikálne prieskumné metódy patria medzi základne metódy terénneho prieskumu. Zaraďujú sa medzi nepriame metódy prieskumu, pretože sú založené na registrácii zmien priebehu prirodzených alebo umelých fyzikálnych polí, ktoré sú ovplyvnené rôznymi fyzikálnymi vlastnosťami skalných hornín a zemín, alebo prítomnosťou vody. Predstavujú pomerne rýchlu a lacnú prieskumnú metódu pre interpoláciu v území medzi vrtnými a kopnými prácami a predovšetkým v územiach ťažko prístupných.

Nie je ich však možné použiť bez ich využitia výsledkov priamych prieskumných diel.

Používajú sa predovšetkým geofyzikálne metódy :

- geoelektrické (jednosmerné – SP, OP, VES, IP, NT),
- elektromagnetické (MT, AMT, CSAMT, VDV, GPR),
- seizmické (refrakčné, reflexné),
- geomagnetické,
- gravimetrické,
- vo vrtoch – karotáž.

4.4.2 Geoelektrické metódy (jednosmerné)

Sú založené na meraní špecifického odporu, prirodzených potenciálov, polarizovateľnosti a ostatných elektrických parametrov horninového prostredia. Uvedenými metódami sa dajú určovať vertikálne a horizontálne rozhrania v horninovom prostredí, tektonické poruchy, oslabené zóny, dynamiku podzemnej vody a pod. Pri prieskume sa najčastejšie používajú odporové metódy a to metóda VES (vertikálne elektrické sondovanie) a OP (odporové profilovanie), multielektródové merania (MK, EPR), spontánny potenciál (SP), indukovaná polarizácia (IP), nabité teleso (NT).

4.4.3 Elektromagnetické metódy

Sú založené na meraní permitivity alebo impedancie a ostatných elektromagnetických parametrov horninového prostredia. Uvedenými metódami sa dajú určovať vertikálne a horizontálne rozhrania v horninovom prostredí, tektonické poruchy, oslabené zóny, dynamiku podzemnej vody a pod. Pri prieskume sa najčastejšie používajú magnetotelurické metódy (MT), audiomagnetotelurické (AMT) a audiomagnetotelurické metódy s cudzím budením (CSAMT), metóda veľmi dlhých vln (VDV), metóda slučky, kábľa a dipólové metódy.

4.4.4 Seizmické metódy

Podstatou seizmickej metódy sú zákonitosti šírenia sa seizmických vln v horninovom prostredí. Podobne ako pri odporových metódach možno vykonávať seizmické vertikálne sondovanie alebo seizmické profilovanie. Využíva sa reflexná i refrakčná seizmika.

Seizmickým sondovaním a seizmickým profilovaním sa zisťujú rozhrania vrstiev a mechanicky oslabené zóny, významné systémy puklín, využíva sa na kontrolu stavu a kvality zhutnenia násypov, overenie rozvoľnenia alebo stupňa porušenia horninového masívu v okolí tunelovej rúry (štôlne), overenie výskytu podzemných priestorov, určenie bazálnej šmykovej plochy v oblastiach portálových zárezov a atď.

Seizmické profilovanie sa využíva na zisťovanie podzemných priestorov a posudzovanie stupňa porušenia hornín atď.

Seizmickými metódami možno zistiť aj dynamický modul pružnosti a Poissonovo číslo.

4.4.5 Geomagnetické metódy

Magnetické metódy sú vhodné na zisťovanie rozhraní s odlišnými magnetickými vlastnosťami. Používajú sa napr. pri zisťovaní hĺbky a plošného rozsahu magneticky aktívnych hornín pri svahových poruchách blokového typu na okrajoch neovulkanických pohorí.

4.4.6 Geofyzikálne merania vo vrtoch - karotáž

Karotážnymi meraniami sa určujú prítoky vody a smer prúdenia vody vo vrtoch, upresňujú litologické rozhrania, charakter, hustota a orientácia diskontinuit, rozsah poruchových zón, výskyt kaverien. Overuje sa nimi aj technický stav vrtu, prípadne aj niektoré ďalšie fyzikálne vlastnosti horniny. Používajú sa metódy mechanické, rádioaktívne, elektrické, seizmické, magnetické, optické, hydrologické, termometrické, geoakustické a ultrazvukové.

Karotážne práce sa odporúča realizovať pred nasadením niektorej z geotechnických alebo hydrodynamických skúšok vo vrtoch.

4.4.7 Gravimetrické metódy

Gravimetrickými metódami sa zisťujú lokálne odchýlky tiažového zrýchlenia. Zmeny tiažového zrýchlenia sú prejavom morfológie terénu a hustotných anomálií horninového prostredia v podloží. Tieto anomálie je možné využiť pri hodnotení geologickej stavby a kvality horninového prostredia.

4.5 Mapovacie práce

4.5.1 Inžinierskogeologické mapovanie

Pri IGP prieskume pre tunelové stavby sa vykonáva inžinierskogeologické mapovanie v požadovanom pruhu okolo jej trasy resp. v takom rozsahu, aby výsledky geologického mapovania umožnili extrapoláciu geologickej stavby z povrchu územia do úrovne tunelovej rúry. Výsledkom je **účelová inžinierskogeologická mapa**. Mapovanie sa používa predovšetkým v etape orientačného prieskumu, počas podrobného prieskumu sa zahusťuje detailnosť mapy a zvyšuje hustota dokumentačných bodov.

4.6 Meračské práce

Rozsah meračských prác a ich metodika musia byť uvedené v projekte.

4.6.1 Geodetické zameranie prieskumných diel

Všetkým prieskumným dielam, alebo iným objektom (odkryvy, pramene a pod.) je potrebné priradiť súradnice pre ich spoľahlivú identifikáciu a takisto ich nadmorskú výšku. Je pritom potrebné použiť geodetické metódy, zodpovedajúce požiadavkám na presnosť zamerania. Prieskumné diela sa musia zmerať ihneď po ich realizácii.

Pri vystrojených vrtoch (piezometre a inklinometre) je potrebné zmerať terén v ich mieste, ale aj okraj pažnice. Takisto sa zameriavajú dôležité prvky sanačných opatrení.

4.6.2 Geodetické merania v územiach so svahovými deformáciami

Geodetické práce sa používajú počas realizácie IGP aj pre dodatočné zameranie morfológie územia s výskytom svahových deformácií. V uvedených územiach je vhodné využiť geodetické práce na zameranie výrazných morfológických prvkov svahových deformácií (ich plošné ohraničenie, tvar odlučnej oblasti, trhliny a pod.). Ďalej je tu potrebné realizovať meračské práce aj za účelom zhotovenia profilov povrchu územia podľa požiadaviek zodpovedného riešiteľa IGP. Tieto potom slúžia pre vypracovanie IG profilov za účelom stabilného posúdenia územia.

5 Laboratórne skúšky

5.1 Všeobecne

Počas realizácie terénnych prác IGP sa odoberajú vzorky skalných hornín, zemín a podzemných vôd na stanovenie fyzikálnych, mechanických a chemických vlastností horninového prostredia a podzemnej vody. Vzorky sú podrobené skúškam v laboratóriách mechaniky zemín, mechaniky skalných hornín a chémie vôd.

5.2 Príjem, evidencia a uskladnenie vzoriek

Za prepravu vzoriek, transport a riadne doručenie vzoriek do laboratória zodpovedá zhotoviteľ IGP v zastúpení povereného pracovníka. Vzorky sú odovzdávané protokolárne s ich sumárnym zoznamom. Preberajúci pracovník laboratória ich zapisuje do evidenčnej knihy, kde sa zaznamenávajú okolnosti, ktoré by mohli ovplyvniť kvalitu dodaných vzoriek. Laboratórium môže odmietnuť prijať na spracovanie vzorky neoznačenú, poškodenú alebo neúplnú.

Laboratórium zodpovedá za to, že prevzaté a zaevidované vzorky budú až do ich spracovania uskladnené v takých priestoroch, kde je zaručené, že sa nezmenia vlastnosti dodaných vzoriek zemín a skalných hornín týchto vzoriek. Vzorky sa musia uskladňovať v chladnom prostredí. Teplota skladovacej miestnosti mala byť rovnaká ako je teplota horninového prostredia 6 °C až 12 °C a vlhkosť cca 85 % až 100 %.

5.3 Spracovanie vzoriek

5.3.1 Program laboratórných skúšok

V projekte geologickej úlohy sa určí iba predpokladaný počet odobratých vzoriek a typy počty laboratórných skúšok a rozborov (program laboratórných skúšok). Program laboratórných skúšok zodpovedný riešiteľ IGP upraví po realizácii terénnych prieskumných prác a odbere vzoriek (kapitola 5) v závislosti od skutočného stavu, pričom zohľadní:

- charakter základovej pôdy so sledom litologických komplexov,
- požadované geotechnické parametre potrebné na návrhové výpočty.

Program laboratórných skúšok závisí aj od existencie údajov o vlastnostiach horninového prostredia na základe predchádzajúcich prieskumov v predmetnom území a aj od etapy prieskumu IGP.

Zodpovedný riešiteľ v programe určí pre jednotlivé vzorky:

- typ skúšky,
- podmienky za akých sa má skúška realizovať (veľkosť zaťaženia a pod.),
- požadovaný termín výsledkov.

Skutočná kvalita vzorky sa určí v laboratóriu pred vlastným vykonaním laboratórných skúšok. Potom je možné posúdiť, či zistená kvalita odpovedá požadovaným hodnotám pre stanovenie konkrétnych vlastností.

5.3.2 Klasifikačné skúšky

Laboratórne skúšky sa musia podľa STN EN 1997-2 vykonávať na reprezentatívnych vzorkách z relevantných vrstiev.

Vzorky na klasifikačné skúšky sa vyberajú takým spôsobom, aby boli približne rovnomerne rozmiestnené v rámci celej lokality a v rámci celej hrúbky vrstvy, dôležitej pre návrh tunela.

5.3.2.1 Štandardné klasifikačné skúšky vzoriek zemín sú uvedené v STN EN 1997-2. Pre zeminy to sú tieto skúšky:

- zrnitosť,
- index uľahnutosti pre hrubozrnné zeminy,
- merná hmotnosť,
- konzistenčné medze pre jemnozrnné zeminy,
- obsah organických látok,
- obsah uhličitanov.

Okrem uvedených skúšok sa môžu požadovať aj skúšky na stanovenie napučievania zemín, mineralogická analýza na stanovenie ílových minerálov, stanovenie merného povrchu a ďalšie.

5.3.2.2 Klasifikačné skúšky skalných hornín

Vhodné rutinné laboratórne skúšky vzoriek skalných hornín, poskytujúce nevyhnutný základ opisu horninového materiálu, sú tieto:

- litologická klasifikácia,
- stanovenie hustoty alebo objemovej hmotnosti (ρ),
- stanovenie vlhkosti (w),
- stanovenie pórovitosti (n),
- stanovenie pevnosti v jednoosovom (prostom) tlaku (σ_c),

- stanovenie Youngovho modulu pružnosti (E) a Poissonovho čísla (ν),
- skúška indexovej pevnosti v bodovom zaťažení ($I_{s,50}$),
- napučovanie hornín.

5.3.3 Laboratórne skúšky

Laboratórne skúšky pre zeminy a skalné horniny sa musia vykonať v súlade s požiadavkami uvedenými v príslušných normách a STN EN 1997-2.

5.3.3.1 Na vzorkách skalných hornín sa môžu na stanovenie mechanického správania realizovať skúšky rýchlosti šírenia vln, Brazílska skúška, šmyková pevnosť hornín a výplne puklín, skúška otlkavosti, skúšky napučovania a abrazívne skúšky. Je možné vykonať aj ďalšie skúšky na horninách, ktoré sú dôležité z hľadiska komplexného hodnotenia horninového prostredia v trase tunelovej stavby:

- nasiakavosť a rozpadavosť,
- adsorbpcia,
- koeficient filtrácie,
- petrografický a stratigrafický rozbor – makroskopický a mikroskopický opis, stratigrafický výplav, stratigrafický opis,
- mineralogická analýza pomocou laboratórných rozborov (RTG, DTA) so zameraním na stanovenie obsahu nestabilných a objemovo nestálych minerálov (ílové minerály, sadrovec), prípadne stanovenie obsahu kremeňa a pod.

5.3.3.2 Na vzorkách zemín je možné realizovať skúšanie stlačiteľnosti a deformačné skúšky, triaxiálne šmykové skúšky, skúšky v čelust'ovom prístroji, skúšky priepustnosti a skúšky zhutniteľnosti.

5.3.4 Zaznamenávanie pracovných postupov a uchovanie vzoriek počas ich spracovania

O priebehu a dosiahnutých výsledkoch sa v laboratóriu vedú pracovné záznamy. Za správnosť, úplnosť záznamov zodpovedá laboratórium, ktoré uvedené práce vykonáva. Laboratórium uchováva všetky záznamy zo skúšok (prvotná písomná a grafická dokumentácia) až do termínu odovzdania záverečnej správy a potom sa podľa dohody s objednávateľom skartujú, alebo odovzdajú objednávateľovi, prípadne podľa požiadavky objednávateľa priložia k správe. Spolu so záznamami sa musia uchovávať aj spracovávané vzorky (prvotná hmotná dokumentácia). Ich likvidáciu je možné previesť až po schválení záverečnej správy.

5.4 Kontrola laboratórných prác

Pretože do geotechnických výpočtov sa môžu používať iba také výsledky skúšok, u ktorých je zaručená dostatočná kvalita, je potrebné vykonávať ich kontrolu realizáciou kontrolných skúšok. Vnútorňú kontrolu vykonáva vedúci laboratória a vonkajšiu zhotoviteľ IGP. Za odber vzoriek a ich výber pre kontrolné skúšky zodpovedá zhotoviteľ IGP.

5.5 Správa o laboratórných skúškach

Výsledky laboratórných skúšok sa prezentujú správou, ktorú vypracováva príslušné laboratórium. Správa obsahuje textovú časť a prílohy (súhrnné tabuľky, grafy a pracovné záznamy). Za jej správnosť zodpovedá vedúci laboratória.

5.5.1 Textová časť

Textová časť obsahuje predovšetkým počet a druh vykonaných skúšok a metodiku, podľa ktorej sa vykonávali. Takisto musia byť uvedené všetky mimoriadne okolnosti, ktoré mohli ovplyvniť výsledky skúšky. V prípade zistenia extrémnych alebo neobvyklých hodnôt musí podať laboratórium svoje stanovisko.

5.5.2 Prílohy

V prílohe musia byť v tabuľkovej forme uvedené sumárne všetky realizované skúšky aj s klasifikačnými zatriedeniami jednotlivých vzoriek. Podrobné záznamy o vykonaných skúškach a pracovné protokoly sú uvedené súčasťou príloh.

6 Správy z prieskumu horninového prostredia

6.1 Záverečná správa IGP

Každá záverečná správa IGP musí obsahovať nasledujúce:

- zhrnutie faktografických údajov, t.j. uvedenie všetkých dostupných geotechnických informácií, zahrnujúcich geologické vlastnosti a príslušné údaje;
- interpretáciu údajov; t. j. geotechnické hodnotenie informácie s uvedením predpokladov, za ktorých sa interpretovali výsledky skúšok.
- údaje na zostavenie modelu horninového prostredia.

Prvé dve časti sa musia kompletizovať a aktualizovať pre každú etapu IGP. V správe o prieskume horninového prostredia sa má navrhnúť ďalší terénny a laboratórny prieskum, ak je nevyhnutný, s komentármi zdôvodňujúcimi potrebu týchto ďalších prác. Takéto návrhy sa majú doplniť podrobným programom ďalšieho prieskumu, ktorý sa má vykonať.

Obsahové a formálne náležitosti záverečnej správy upravuje vyhláška [Z7] ku zákonu [Z6]. Všeobecne sú správy z IGP tvorené textovou časťou a prílohami. Osnova záverečnej správy sa prispôsobuje cieľom a zámerom etapy IGP v súlade s projektom geologických prác.

6.1.1 Textová časť

Textová časť záverečnej správy má tieto náležitosti:

1. Cieľ geologickej úlohy a údaje o území, projekte a jeho zmenách.
2. Charakteristika skúmaného územia a doterajšia geologická preskúmanosť.
3. Postup riešenia geologickej úlohy s údajmi o realizovaných geologických prácach a použitej metodike.
4. Výsledky riešenia geologickej úlohy.
5. Závery a odporúčania.
6. Údaje o uložení geologickej dokumentácie a osobitných správ, návrh na skartáciu, ako aj na zabezpečenie, údržbu a likvidáciu geologických diel a geologických objektov.
7. Zoznam použitej literatúry a osobitných prameňov.

6.1.1.1 Cieľ geologickej úlohy a údaje o území

Uvádzajú sa tu údaje o geologickej úlohe (názov, číslo, objednávateľ a zhotoviteľ geologickej úlohy, etapa IGP, názov a identifikačné číslo katastrálneho územia, názov a číselný kód okresu) prípadne iné miestopisné určenie skúmaného územia. Ďalej je veľmi dôležité uviesť všetky ciele pre uvedenú etapu a všetky podklady, ktoré boli poskytnuté objednávateľom. Takisto tu budú uvedené základné informácie o projekte, prípadne o jeho zmenách.

6.1.1.2 Charakteristika skúmaného územia a doterajšia geologická preskúmanosť

Stručne sa tu uvedú informácie o preskúmanosti územia (s dôslednou citáciou autorov) so zdôraznením prieskumov a máp využívaných priamo v etape IGP. Ďalej sa uvedie všeobecná charakteristika skúmaného územia z hľadiska:

- geomorfologických pomerov,
- geologicko-tektonických pomerov,
- hydrogeologických pomerov,
- klimatických pomerov (dôležitá je napr. hĺbka premrzania, bilancia zrážok a pod.),
- výskytu geodynamických javov,
- seizmicity územia.

6.1.1.3 Metodika a rozsah prieskumných prác

V uvedenej kapitole je uvedený rozsah a metodika terénnych a laboratórnych prác. Uvádza sa aj časový harmonogram prác a kto ich realizoval, zároveň s odkazom, v ktorých prílohách sa nachádza ich prvotná a prípadne druhotná dokumentácia a ich situovanie v záujmovom území.

Označenie a hĺbka jednotlivých terénnych prieskumných prác sa uvádza v tabuľkovej forme. V kapitole sa musí uviesť všetky rozdiely oproti návrhom uvedených v schválenom projekte.

6.1.1.4 Výsledky riešenia geologickej úlohy

Z hľadiska úplnosti správy tu musia byť uvedené:

- inžinierskogeologické pomery v trase tunelovej stavby, portálov a súvisiacich povrchových objektov,
- inžinierskogeologické a geotechnické vlastnosti vyčlenených litologických komplexov v trase tunelovej stavby,
- hydrogeologické pomery v trase stavby,
- technické posúdenie trasy stavby – určenie rizikových úsekov tunela a návrh opatrení.

Inžinierskogeologické pomery v trase tunela, portálov a súvisiacich povrchových objektov

V uvedenej kapitole sú vyčlenené jednotlivé litologické komplexy (pokryvné útvary a horniny podložia) podľa svojej genézy (napr. fluvialne piesky, eolické piesky a pod.) alebo stratigrafickej príslušnosti (príslušnosť k charakteristickým súvrstviam, tektonickým celkom a pod.). Jemnejšie delenie (napr. fluvialne íly s vysokou plasticitou, zvetrané ílovce a pod.) je potom možné realizovať na základe rutinných klasifikačných laboratórnych skúšok a najmä terénnych skúšok. Je dôležité, aby takto vyčlenené komplexy, bolo možné charakterizovať ako kvázi-homogénne s ohľadom na ich geotechnické vlastnosti.

Vyčlenené litologické komplexy je potom potrebné stručne charakterizovať (farba, zrnitosť, konzistencia, uľahlosť, stupeň zvetrania, rozpukania a pod.) s uvedením ich výskytu v trase, hrúbky, hĺbky pod terénom a pod.

Geotechnické vlastnosti vyčlenených litologických komplexov v trase

a) prehľad geotechnických vlastností na základe realizovaných skúšok – výsledky skúšok

Pre každý vyčlenený litologický komplex je nutné súhrnnou tabuľkovou formou uviesť ich fyzikálno-mechanické vlastnosti získané laboratórnymi, prípadne terénnymi skúškami. Pre každú vlastnosť sa uvádza rozsah zistených hodnôt, priemerné hodnoty (prípadne iný štatistický údaj) a počet vzoriek odobraných z uvedeného komplexu, na ktorých bola uvedená vlastnosť zisťovaná. Každý litologický komplex je potrebné charakterizovať aj ich zatriedením podľa požadovaných klasifikačných kritérií (napr. súbor STN EN ISO 14688, STN EN ISO 14689 a pod.);

b) odporúčané hodnoty geotechnických vlastností

Každý vyčlenený litologický komplex musí byť charakterizovaný odporučenými (odvodenými) hodnotami geotechnických parametrov z výsledkov skúšok, korelácií, dostupných publikovaných údajov a porovnateľných skúseností. Pre každú odvodenú hodnotu musia byť uvedené aj podmienky ich platnosti (napr. pre akú konzistenciu, pre aký rozsah napätí a pod.). Je vhodné, aby boli uvedené hodnoty spracované tabuľkovo a každému vyčlenenému litologickému komplexu bola priradená grafická značka, prípadne symbol, ktorý bude použitý aj v inžinierskogeologických rezoch.

Hydrogeologické pomery v trase tunelovej stavby

V uvedenej kapitole sa uvedú predovšetkým všetky informácie získané prieskumnými prácami a meraniami týkajúcich sa hladín podzemných vôd, výdatností prameňov, fyzikálno-chemických ukazovateľoch. Uvedie sa očakávané množstvo pritekajúcich vôd do vyčlenených úsekov tunela podľa kvázi-homogénnych celkov. V prípade realizácie režimových meraní HPV je potrebné uviesť ich súhrnne zhodnotenie. Ďalej sa tu uvádzajú hydrogeologické a hydrochemické vlastnosti jednotlivých litologických komplexov s ohľadom na ich priepustnosť získaných z terénnych a laboratórnych skúšok. Zhodnotí sa bilancia vôd v hydrogeologickej štruktúre dotknutej výstavbou tunela a navrhnu sa opatrenia na zmiernenie drenážneho účinku tunela.

Technické posúdenie trasy

Trasa tunela má byť rozdelená na kvázi-homogénne celky s podrobnou charakteristikou horninového prostredia. V tejto časti sa uvádza aj opis svahových deformácií v oblasti portálov (pravdepodobné príčiny ich vzniku, plošný rozsah, charakter a hĺbka šmykových plôch, resp. zón, vlastnosti zemín a hornín v telese deformácie a mimo nej, pevnostné vlastnosti zemín a hornín na šmykovej ploche, režim podzemnej vody.

Definujú a opisujú sa kritické úseky tunela (tektonické poruchové zóny) – zadefinovať predpokladanú dĺžku, orientáciu (priebeh), charakter porušenia, stupeň zvodnenia, geotechnické parametre a návrh sanácie. Odhadnúť percento zastúpenia poruchových zón v trase tunela.

Kapitola technické posúdenie trasy môže byť vypracovaná aj **v tabuľkovej forme** s rozdelením na jednotlivé úseky a ich hodnotenie.

6.1.1.5 Závbery a odporúčania

V záveroch správy sa uvádzajú:

- zhrnutia dôležitých výsledkov z riešenia IGP,
- odporúčania pre realizáciu jednotlivých úsekov trasy tunela,
- odporúčania pre zmenu výškového, prípadne smerového vedenia trasy tunela ak to môže viesť k ekonomickejšiemu a bezpečnejšiemu návrhu trasy, návrhy opatrení na zmiernenie vplyvu tunela na horninové prostredie a pod.,
- návrhy využitia rúbaniny,
- návrh na rozsah a metodiku v ďalšej etape IGP, aj s komentármi zdôvodňujúcimi potrebu týchto ďalších prác.

6.1.2 Prílohová časť

Prílohová časť zahŕňa materiály, ktorými sa dopĺňa a objasňuje textová časť záverečnej správy. Delí sa prevažne na:

- a) textové prílohy,
- b) grafické prílohy,
- c) fotodokumentáciu.

Prílohová časť môže obsahovať aj iné prílohy než tie, ktoré sú uvedené v ďalšom texte, keď je to potrebné k objasneniu a dokumentácii informácií uvedených v textovej časti záverečnej správy.

6.1.2.1 Textové prílohy

Medzi textové prílohy patria:

- a) písomná dokumentácia realizovaných prieskumných prác a odkryvov,
- b) písomná dokumentácia prevzatých prieskumných prác,
- c) správa o laboratórnych skúškach zemín a skalných hornín,
- d) správa o chemických rozboroch hornín a podzemnej vody,
- e) správy, záznamy a protokoly z vykonaných terénnych skúšok a meraní,
- f) stabilné a iné výpočty (ak sú relevantné),
- g) meračská správa,
- h) technická správa.

Písomná dokumentácia realizovaných prieskumných prác a odkryvov. U každého prieskumného diela sa uvádza jeho označenie, nadmorská výška kóty povrchu terénu, prípadne súradnice a petrografický opis. Rozhrania jednotlivých litologických komplexov sa určujú s presnosťou na 0,1m. Každému vyčlenenému litologickému celku sa priradí trieda podľa STN 73 1001, 73 3050 a STN EN ISO 14688-2 alebo STN EN ISO 14689-1, prípadne inej požadovanej klasifikácie. Musí sa uviesť narazená a ustálená hladina podzemnej vody v priebehu realizácie prieskumného diela, prípadne musí byť uvedené, že hladina podzemnej vody nebola zistená do konečnej hĺbky vrtu.

Písomná dokumentácia prevzatých prieskumných prác. Výpovedná hodnota prevzatých prác zodpovedá kvalite a podrobnosti údajov uvedených v pôvodných materiáloch. Ak je to možné, je vhodné previesť staré klasifikácie na tie, ktoré platia v súčasnosti, alebo ktoré požaduje objednávateľ.

Správy o laboratórnych a terénnych skúškach zemín, skalných hornín, podzemnej a povrchovej vody, geofyzikálnych skúškach a ďalších relevantných vykonaných meraniach musia uvádzať zistené výsledky v prehľadnej tabuľkovej forme. Dokumentácia obsahuje aj záznamy a protokoly z vykonaných laboratórnych, terénnych a geofyzikálnych skúšok a meraní - prvotnú dokumentáciu skúšok.

Stabilitné a iné výpočty. Musia tu byť uvedené použité metódy a dáta vstupujúce do výpočtov. Musia byť vykreslené posudzované šmykové plochy, hĺbka deformačnej zóny podložia a pod. Výsledky sa uvádzajú v prehľadnej forme, pričom musí byť uvedená aj ich platnosť.

Meračská správa – udáva predovšetkým zoznam súradníc a nadmorských výšok terénu, prípadne kóty pažnice pre jednotlivé realizované prieskumné diela. Uvádza sa aj metóda, ktorou boli uvedené údaje získané.

Technická správa – podáva metódy a priebeh technických prác, prípadne vznik mimoriadnych okolností a pod.

6.1.2.2 Grafické prílohy

Grafické prílohy tvoria prevažne :

- a) prehľadná topografická situácia záujmového územia,
- b) situácia záujmového územia s vyznačením prieskumných diel (spolu s legendou),
- c) účelové mapy,
- d) inžinierskogeologické profily.

Prehľadná topografická situácia záujmového územia.

Slúži na znázornenie územia, v ktorom sa vykonáva IGP. Mierka prehľadnej situácie sa podľa etapy IGP môže pohybovať od 1:10 000 do 1: 50 000. V situácii sa zobrazí aj trasa (prípadne trasy) tunelovej stavby.

Prehľadná situácia záujmového územia s vyznačením prieskumných diel.

Uvedená situácia sa musí vypracovať vždy, ak boli pri IGP použité prieskumné práce. Situácia sa vypracováva podľa týchto zásad:

- na situácii musí byť vždy vyznačený sever,
- musí tu byť zakreslená trasa tunelovej stavby s kilometrážou (so staničením),
- mierka závisí od etapy IGP a takisto od dodaných podkladov objednávateľom,
- umiestnenie prieskumných diel a terénnych skúšok sa znázorňuje rôznymi značkami, pričom sa musia odlíšiť napríklad prevzaté prieskumné práce (aj práce z iných etáp IGP) od tých, ktoré sa realizovali v hodnotenej etape IGP. Takisto sa musia odlíšiť prieskumné diela zabudované pre ďalší monitoring. Okrem značiek tu musí byť uvedený názov diela a ak to mierka situácie dovoľí aj nadmorská výška kóty diela,
- na uvedených situáciách musia byť vyznačené miesta inžinierskogeologických profilov (ďalej IG profilov), prípadne geofyzikálnych rezov,
- k situácii musia byť pripojené vysvetlivky, alebo môžu byť súčasťou samotnej situácie.

Účelové mapy

Účelové inžinierskogeologické, hydrogeologické a prípadne iné mapy sa spolu s vysvetlivkami vypracovávajú podľa platných predpisov. V účelových mapách musí byť zakreslená trasa tunelovej stavby s kilometrážou. Ak to mierka mapy dovoľuje ($M = 1: 10\,000$ a podrobnejšia) je potrebné v nej uviesť situovanie jednotlivých prieskumných prác a miesta IG profilov.

IG profily

Pre názornosť výsledkov IGP je nutné zostrojiť IG profily, ktoré sú vedené cez realizované prieskumné diela. Delíme ich na:

- pozdĺžne IG profily,
- priečne IG profily.

Pozdĺžne IG profily sú vedené prieskumnými dielami, prípadne terénnymi skúškami situovanými v osi tunelovej stavby, alebo v osiach tunelových rúr v prípade viacrúrového tunela. Mierka pozdĺžnych profilov závisí od etapy IGP, pričom sa prevažne znázorňujú ako prevýšené. Uvádza sa tu aj staničenie tunelovej stavby. Musí tu byť znázornená niveleta komunikácie.

Priečne IG profily sa zhotovujú prevažne v miestach tunelových portálov, dočasných zárezov hĺbených tunelov alebo v úsekoch razených tunelov s komplikovanejšou geologickou stavbou. Mierka priečných profilov závisí od etapy IGP. Profily sa znázorňujú ako neprevýšené, prevažne v $M = 1:1\,000$ alebo $1:500$.

Zásady zostrojovania IG profilov :

- znázorňuje sa povrch terénu, v pozdĺžnom IG profile s niveletou tunelovej stavby a v priečnom IG profile s vyznačením predpokladaného stavebného zásahu a osou dopravnej stavby (podľa projektovej dokumentácie, ak je k dispozícii),
- musí byť vyznačená aj zrovnávací rovina s nadmorskou výškou (prípadne vertikálna mierka), označenie profilu (napr. 1-1') a svetové strany,
- prieskumné diela musia byť uvedené s kótou terénu a s ich názvami, ak sa nachádzajú pred, alebo za profilom je potrebné uviesť vzdialenosť,
- pozdĺžny profil musí obsahovať všetky prieskumné diela (vrty, dynamické aj statické penetrácie) – odlíšiť ich farebne (napr. šedou), označiť vzdialenosť (m) aj smer od osi tunela,
- v každom prieskumnom diele sú uvedené hĺbky rozhrania jednotlivých litologických komplexov (s presnosťou na 0,1 m) a konečná hĺbka prieskumného diela, litologické komplexy sú znázornené značkami zhodnými s tými, ktoré sú uvedené v tabuľkách s odporúčenými geotechnickými vlastnosťami,
- pri prieskumných dielach je vyznačená úroveň narazenej a ustálenej hladiny podzemnej vody, prípadne miesta s priesakmi a prítokmi podzemnej vody,
- ďalej sú pri prieskumných dielach uvedené hĺbky odberov vzoriek zemín a skalných hornín a hĺbky odberov podzemnej vody,
- medzi prieskumnými dielami sú znázornené predpokladané hranice litologických komplexov a iných dôležitých rozhraní (napr. predkvartérny podklad.) a predpokladané hladiny podzemnej vody,
- z prieskumného diela, z ktorého bola odobratá vzorka podzemnej vody (na chemický rozbor) uviesť okrem značky aj výsledky rozboru formou zjednodušeného kruhového diagramu,
- v profiloch cez svahové deformácie sa navyše znázorňuje hĺbka jednotlivých šmykových plôch (resp. zón) s vyznačením ich aktivity,
- v priečnych profiloch určených pre geotechnické výpočty sa uvádza klasifikácia jednotlivých litologických komplexov podľa požadovaných noriem a dôležité geotechnické parametre vstupujúce do výpočtov,
- k IG profilom sa zhotovujú vysvetlivky objasňujúce použité značky a čiary,
- v IG profiloch je potrebné interpretovať aj výsledky geofyziky.

IG profil musí obsahovať:

- geometriu,
- geológiu,
- geotechnické pomery,
- charakteristiky horninového prostredia (diskontinuity, podzemná voda, tektonika a pod.),
- geotechnické klasifikácie (RMR, RMC, QTS, ONORM, NRTM),
- geologická riziká.

V miestach, kde neboli realizované prieskumné práce, ale len geofyzikálne merania, je možné zostrojovať aj geologicko-geofyzikálne profily.

6.1.2.3 Fotodokumentácia

Fotografickou dokumentáciou sa zaznamenávajú skutočnosti a javy, ktoré nie je možné inou formou dostatočne znázorniť. Ide predovšetkým o dokumentáciu odkryvov, geodynamických javov a pod. Najčastejšie sa však touto formou dokumentuje vrtné jadro vo vzorkovniciach. S ohľadom na zreteľnosť sa fotodokumentácia vrtného jadra vyhotovuje farebne s vyznačením hĺbkových intervalov. Fotodokumentácia musí byť odovzdaná aj v digitálnej forme.

6.2 Správy pre súťažné podklady na vykonanie stavebných prác**6.2.1 Súhrnná geotechnická správa**

Súhrnná geotechnická správa (*geotechnical data report*), sa zostavuje ako súčasť súťažných podkladov na vykonanie stavebných prác. Súhrnná geotechnická správa je spravidla zostavovaná spracovateľom poslednej etapy IGP a zahŕňa všetky faktické informácie a údaje o horninovom prostredí získané vo všetkých etapách IGP. Podkladom na vypracovanie Súhrnnej geotechnickej správy sú záverečné správy z IGP.

Jej obsah zahŕňa najmä:

- zoznam a prílohy všetkých použitých geologických máp,
- inžinierskogeologické profily,
- popis programu IGP webu (údaje, lokalizáciu, metodológiu, atď.),
- protokoly zo všetkých vrtov, jám a všetkých in situ prieskumných prác,
- výsledky všetkých in situ a laboratórnych skúšok (vrátane protokolov o vykonaní skúšok),
- poznatky z razenia prieskumného diela, ak bolo použité,
- fotodokumentáciu.

Správa obsahuje tiež odkazy na literatúru, ktorá môže poskytnúť relevantné údaje (údaje z podobných stavebných prác, regionálnu geologickú literatúru, atď).

Časť venovaná interpretácií môže obsahovať subjektívne úvahy, interpretácie, a pripomienky v súlade s pochopením, kritickým zhodnotením a interpretáciou faktických údajov, poznatkov a skúseností. Interpretačná časť správy prezentuje geologickú a inžiniersku interpretáciu údajov a dáva do súvisu návrhové parametre a ich variabilitu s podmienkami konkrétneho projektu.

Interpretačná časť správy sa teda bude zaoberať problémami projektového riešenia, a môže zahŕňať analýzy, návrhy.

Štúdie realizovateľnosti, predbežné návrhy a alternatívne návrhy, ktoré sú súčasťou interpretačných správ nemajú byť používané priamo v zmluvných podmienkach na výstavbu, sú doložené len ako informatívne.

6.2.2 Základná geotechnická správa

Základná geotechnická správa (*geotechnical baseline report*) definuje očakávané geotechnické podmienky a uvádza všetky identifikované neistoty. Správa je súčasťou zmluvných podmienok na výstavbu. V základnej geotechnickej správe je horninový masív pozdĺž trasy tunela rozdelený do úsekov (textovo a graficky), ktoré sú definované očakávanými charakteristickými hodnotami parametrov, a klasifikované pomocou niektorého z klasifikačných systémov. Tieto údaje sú graficky znázornené v pozdĺžnom profile tunela. Správa teda vytvára zmluvný geologický, geotechnický a hydrogeologický model.

Základná geotechnická správa je podkladom na alokáciu geotechnického rizika medzi obe zmluvné strany, objednávateľa a zhotoviteľa. Musí byť preto maximálne objektívna a jednoznačná, tak aby poskytovala presný výklad už pri príprave ponúk uchádzačmi. Počas realizácie prác je základná geotechnická správa nástrojom na rozhodovanie o zmluvných nárokoch, je podľa nej napríklad možné identifikovať neočakávané fyzické podmienky staveniska.

Základná geotechnická správa (*geotechnical baseline report*) má byť zostavovaná spracovateľom poslednej etapy IGP v spolupráci s projektantom tunela.

Príloha (informatívna): Príklad obsahu pozdĺžneho profilu tunela

GEOMETRIA	Vymedzenie tunela	[m]		
	Staničenie tunela	[km]		
	Azimut osi tunela	[°]		
	Označenie vyčlenených kvázihomogénnych úsekov	[č.]		
	Dĺžka vyčleneného úseku	[m]		
	Výška nadložia	[m]		
GEOLOGIA	Geologický vek - tektonická jednotka			
	Litostratigrafické členenie			
	Inžinierskogeologický typ hornín			
	Stupeň zvetrania			
	Veľkosť/ typ blokov			
	Tektonické porušenie paralelné			
	Tektonické porušenie priečne			
GT POMERY	Objemová hmotnosť (Pn)	[g.cm-3]		
	Modul prevámosti (Edef)	[MPa]		
	Poissonovo číslo (ν)			
CHARAKTERISTIKA HORNINOVÉHO PROSTREDIA (podľa Z. T. Bieniawského, 1989)	Pevnosť horniny	Pevnosť horniny v prostom tlaku (σ_c)	[MPa]	
		Rating RMR	[body]	
	Index RQD	Index kvality horniny RQD (z vrtného jadra)	[%]	
		Rating RMR	[body]	
	Charakteristika diskontinuit	Hustota-vzdialenosť diskontinuit	[mm]	
		Rating RMR	[body]	
		Priebežnosť, rozovretosť, drsnosť, zvetranosť a vyplň diskontinuit		
	Rating RMR		[body]	
	Podzemná voda	Prítoky v dĺžke 10,0 m tunelovej rúry	[l/mln]	
		Celkový charakter úseku		
		Rating RMR	[body]	
	Vplyv orientácie, smeru a sklonu diskontinuit (vrstevnatosti) k tunelovej osi a smeru razenia sklon diskontinuit (vrstevnatosti) k smeru razenia tunelovej rúry	Orientácia diskontinuit (vrstevnatosti) vzhľadom k tunelovej osi		
		Protiklonný:a) 90-45°; b) 45-20° hodnotenie		[°]
		Rating		[body]
Lubovoľný, mlymy $\pm 20^\circ$ hodnotenie		[°]		
Rating		[body]		
Súklonný:a)90-45°; b) 45-20° hodnotenie		[°]		
Rating		[body]		
GT KLASIFIKÁCIE	RMR	Celkový rating horninového prostredia /suma	[body]	
		Kvalita horninového prostredia	[kvalita]	
	RMC	Z. T. Bieniawski, 1976, 1989	Trieda horninového prostredia pre tunelovanie	[trieda]
		Teserť 1979	Suma QTS	[body]
	QTS			
ÓNORM B 2203	Orientačne zodpovedajúci typ horninového prostredia podľa ÓNORM B 2203/94	[typ]		
NRTM	Orientačne zodpovedajúca technologická trieda NRTM	[tech. trieda]		
GEOLOGICKÉ RIZIKÁ	Predispozícia nestability čelby (nadvýlomy v strope)	● veľká		
		● stredná		
		● malá		
	Predispozícia nestability stien (nadvýlomy v bočných stenách)	● veľká		
		● stredná		
		● malá		
	Predispozícia nestability počvy (napúčanie)	● veľká		
		● stredná		
		● malá		
	Predispozícia sústredených prítokov vody	● veľká		
● stredná				
● malá				