

**Časť: 35**  
**Geotechnický monitoring**  
**pre objekty líniových častí pozemných komunikácií**

**Účinnosť od: 16. 08. 2010**



**O B S A H**

<b>1.</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>7</b>
<b>1.1.</b>	<b>Všeobecne</b>	<b>7</b>
1.1.1.	Predmet a účel TKP	7
1.1.2.	Spracovateľ a distribúcia TKP	7
<b>1.2.</b>	<b>Rozsah platnosti</b>	<b>8</b>
1.2.1.	Objekty pozemných komunikácií	8
1.2.2.	Zvláštne technicko-kvalitatívne podmienky	9
<b>1.3.</b>	<b>Definícia pojmov</b>	<b>9</b>
1.3.1.	Monitoring	9
1.3.2.	Inštrumentácia	9
1.3.3.	Zhotoviteľ monitoringu	9
1.3.4.	Dokumentácia monitoringu	10
1.3.5.	Zadávateľ monitoringu	10
1.3.6.	Riadenie monitoringu	10
<b>1.4.</b>	<b>Ciele monitoringu</b>	<b>10</b>
1.4.1.	Základné ciele monitoringu	10
1.4.2.	Konkrétne ciele monitoringu	10
<b>1.5.</b>	<b>Prostriedky monitoringu</b>	<b>11</b>
<b>1.6.</b>	<b>Monitoring a riadenie rizík</b>	<b>11</b>
<b>2.</b>	<b>INŠTRUMENTÁCIA, MERANÉ VELIČINY A MONITOROVACIE METÓDY</b>	<b>12</b>
<b>2.1.</b>	<b>Inštrumentácia</b>	<b>12</b>
<b>2.2.</b>	<b>Merané veličiny</b>	<b>12</b>
<b>2.3.</b>	<b>Monitorovacie metódy</b>	<b>13</b>
2.3.1.	Meranie deformácií	14
2.3.1.1.	Konvergenčné merania	14
2.3.1.2.	Extenzometrické merania	14
2.3.1.3.	Inklinometrické merania	15
2.3.1.4.	Meranie kĺzavými deformetrami	17
2.3.1.5.	Trigonometrické meranie	18
2.3.1.6.	Nivelácia na povrchu terénu	18
2.3.1.7.	Kontinuálne merania geodetickými robotmi	18
2.3.1.8.	Meranie náklonov	19
2.3.1.9.	Hydrostatická nivelácia	19
2.3.1.10.	Hydrostatické merania sadaní	19
2.3.1.11.	Dilatometrické merania	20
2.3.2.	Meranie napätia	20
2.3.2.1	Meranie napätí v stavebných konštrukciách	20
2.3.2.2.	Merania horninových tlakov v betóne	21
2.3.3.	Meranie síl	21
2.3.3.1.	Meranie síl pod hlavou kotiev	21
2.3.3.2.	Strunové deformetre	22
2.3.4.	Meranie teploty	22

2.3.5.	Meranie vodného režimu	22
2.3.5.1.	Zmeny polohy hladiny podzemnej vody	22
2.3.5.2.	Meranie prítokov vody	23
2.3.5.3.	Meranie pórových tlakov	23
2.3.5.4.	Meranie chemického zloženia vody	24
2.3.6.	Monitoring vplyvu výstavby na susediace objekty	24
<b>3.</b>	<b>VYKONÁVANIE MONITORINGU</b>	<b>25</b>
<b>3.1.</b>	<b>Všeobecné zásady</b>	<b>25</b>
<b>3.2.</b>	<b>Projektovanie monitoringu</b>	<b>26</b>
3.2.1.	Hlavné časti dokumentácie monitoringu	26
3.2.2.	Základná hypotéza mechanizmu pretvárania	26
3.2.3.	Technicko-ekonomický rozbor, analýza geotechnických rizík	26
3.2.4.	Postupnosť krokov pri spracúvaní dokumentácie merania a jeho hodnotenie	27
3.2.5.	Výber typu meracieho zariadenia	27
3.2.6.	Výber meracích miest	28
3.2.7.	Návrh početnosti (frekvencie) merania	29
3.2.8.	Komplexnosť merania	30
<b>3.3.</b>	<b>Budovanie systému monitoringu</b>	<b>31</b>
3.3.1.	Etapy budovania systému monitoringu	31
3.3.2.	Zabezpečenie meradiel	31
3.3.3.	Overenie správnej funkcie meradiel – kalibrácia	31
3.3.4.	Osadenie meradiel	31
3.3.5.	Uvedenie systému monitoringu do činnosti – nulté meranie	31
3.3.6.	Sprevádzkovanie kancelárie monitoringu	32
3.3.7.	Správa o vybudovaní systému monitoringu	32
<b>3.4.</b>	<b>Zber, uskladňovanie a spracovávanie nameraných dát</b>	<b>33</b>
3.4.1.	Všeobecné zásady	33
3.4.2.	Ručný zber dát	33
3.4.3.	Samočinný zber dát	33
3.4.4.	Primárne dáta	34
<b>3.5.</b>	<b>Archivácia nameraných dát a zabezpečenie ich prístupu k užívateľom</b>	<b>34</b>
<b>3.6.</b>	<b>Spracovanie a prezentácia dát</b>	<b>34</b>
3.6.1.	Všeobecné zásady	34
3.6.2.	Grafické znázorňovanie dát	34
<b>3.7.</b>	<b>Súčinnosť účastníkov výstavby pri vykonávaní monitoringu</b>	<b>35</b>
<b>4.</b>	<b>HODNOTENIE MONITORINGU</b>	<b>36</b>
4.1.	Činnosti súvisiace s hodnotením monitoringu	36
<b>4.2</b>	<b>Kancelária monitoringu</b>	<b>36</b>
4.2.1.	Funkcia kancelárie monitoringu	36
4.2.2.	Zapojenie kancelárie monitoringu do systému riadenia výstavby	37
4.2.3.	Hlavná pozícia kancelárie monitoringu	38

4.2.4.	Súčinnosť kancelárie monitoringu so stavebným dozorom investora	38
<b>4.3.</b>	<b>Varovné stavy</b>	39
4.3.1.	Základné princípy	39
4.3.2.	Stupne varovných stavov	39
4.3.3.	Kritériá varovných stavov	40
4.3.4.	Stav vysokej miery bezpečnosti	40
4.3.5.	Stav prípustných zmien	41
4.3.6.	Stav medznej prijateľnosti	41
4.3.7.	Kritický stav	41
4.3.8.	Havarijný stav	42
4.3.9.	Niektoré zásady hodnotenia varovných stavov	42
<b>4.4.</b>	<b>Hodnotenie výsledkov monitoringu</b>	43
<b>4.5.</b>	<b>Prijímané opatrenia</b>	43
<b>4.6.</b>	<b>Začlenenie monitoringu do systému riadenia výstavby</b>	44
<b>5.</b>	<b>ZABEZPEČENIE MONITORINGU</b>	44
<b>5.1.</b>	<b>Všeobecné ustanovenia</b>	44
<b>5.2.</b>	<b>Zadávacía dokumentácia na výber zhotoviteľa monitoringu</b>	44
<b>5.3.</b>	<b>Zásady spracúvania realizačnej dokumentácie monitoringu</b>	45
<b>5.4.</b>	<b>Archivácia výsledkov meraní po ukončení výstavby</b>	45
<b>6.</b>	<b>SKÚŠANIE A PREBERANIE PRÁC</b>	45
<b>6.1.</b>	<b>Skúšanie</b>	45
<b>6.2.</b>	<b>Preberanie prác</b>	46
6.2.1.	Všeobecne	46
6.2.2.	Doklady potrebné na preberanie prác	46
6.2.3.	Predkladanie správ o priebehu činnosti	46
<b>7.</b>	<b>MERANIE VÝMER</b>	47
<b>7.1.</b>	<b>Všeobecne</b>	47
<b>7.2.</b>	<b>Časovo viazané náklady na činnosti monitoringu</b>	47
<b>7.3.</b>	<b>Časovo viazané náklady na zariadenie staveniska</b>	47

<b>8.</b>	<b>SÚVISIACE A CITOVANÉ PRÁVNE PREDPISY</b>	<b>48</b>
<b>9.</b>	<b>SÚVISIACE A CITOVANÉ NORMY</b>	<b>49</b>
<b>10.</b>	<b>SÚVISIACE A CITOVANÉ TECHNICKÉ PREDPISY</b>	<b>52</b>

## 1. ÚVOD

### 1.1. Všeobecne

#### 1.1.1. Predmet a účel TKP

Predmetom týchto Technicko – kvalitatívnych podmienok (TKP) je problematika kontrolného sledovania t.j. súboru činností na poznanie resp. overenie stavu horninového masívu (skalného resp. zeminového) dotknutého výstavbou a zisťovanie vývoja tohto stavu v čase, najmä pretváranie a zmeny stability horninového masívu alebo stavebnej konštrukcie priamym meraním vybraných veličín.

Monitoring je neoddeliteľnou súčasťou výstavby každej náročnej stavebnej konštrukcie v zložitých geologických podmienkach.

Realizácia každej líniovej stavby, akými sú cestné komunikácie, je zásahom do existujúcich prírodných podmienok geologického, t.j. horninového prostredia, a ktorá v určitých prípadoch môže mať zjavne negatívne vplyvy, spôsobujúce zhoršenie až porušenie podmienok jeho rovnovážneho stavu.

Monitoring významne zvyšuje pravdepodobnosť dostatočnej spoľahlivosti predpovedí ďalšieho správania sledovaných konštrukcií. Vytvára tak priestor na prijímanie vhodných opatrení na optimalizáciu požiadaviek týkajúcich sa bezpečnosti, kvality a ekonomiky výstavby. V neposlednom rade s predstihom signalizuje nebezpečenstvo vzniku mimoriadnych udalostí, zvyšuje tak bezpečnosť práce, a na minimum znižuje prácu a náklady navyše a predlžovanie času výstavby z dôvodov vzniku neočakávaných mimoriadnych udalostí. Monitoring je tak integrálnou súčasťou riadenia rizík počas výstavby pozemnej komunikácie. Úlohou týchto TKP je poskytnúť základné pravidlá efektívneho používania monitoringu pri výstavbe rozhodujúcich objektov líniových častí pozemných komunikácií – diaľnic a rýchlostných ciest.

#### 1.1.2. Spracovateľ a distribúcia TKP

TKP spracovala na základe objednávky Národnej diaľničnej spoločnosti, a.s. Bratislava č. OBJ/3185/2009 zo dňa 16.06.2009 spoločnosť:

ARCADIS Geotechnika a.s.  
Organizačná zložka Slovensko  
Miletičova 23  
821 09 Bratislava  
Tel./FAX: ++421 2 502 44 475  
e-mail: [badikova@arcadisgt.sk](mailto:badikova@arcadisgt.sk)  
web: [arcadisgt.sk](http://arcadisgt.sk)

Spracovatelia: Ing. Nora Badíková  
Doc.Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.  
Ing. Václav Veselý, Ph.D.

Externá oponentúra: Ing. Vladimír Gróf, PhD. (Geoexperts, s.r.o. Žilina)  
Ing. Egon Fussgänger, CSc. (Geofos, s.r.o. Žilina)

Distribúcia TKP bude zabezpečená nasledovne:

- v elektronickej podobe vo formáte pdf. na webových stránkach Národnej diaľničnej spoločnosti, a.s. ([www.ndsas.sk](http://www.ndsas.sk)), Slovenskej správy ciest ([www.ssc.sk](http://www.ssc.sk)) a Ministerstva dopravy, pôšt a telekomunikácií SR ([www.telecom.gov.sk](http://www.telecom.gov.sk));
- v písomnej podobe u spracovateľa TKP za úhradu, ktorá zodpovedá hodnote vytlačenej formy.

## 1.2. Rozsah platnosti

### 1.2.1. Objekty pozemných komunikácií

Tieto TKP sa vzťahujú na všetky rozhodujúce objekty na pozemných komunikáciách pokiaľ je ich výstavba spojená s relevantným geotechnickým rizikom.

Geotechnické objekty pri výstavbe pozemných komunikácií – diaľnic a rýchlостných ciest:

- zářezy,
- oporné a zárubné múry,
- svahy zosuvné a umelé,
- násypy,
- mostné objekty,
- nadložie tunelových rúr alebo prieskumnej štôlne (pokiaľ nie je monitorované v rámci stavby tunela alebo prieskumnej štôlne).

Všeobecne k negatívnym interakčným vplyvom stavby na geologické (horninové) prostredie patria prejavy zhoršenia stabilitných a hydrogeologických pomerov, prekročenia únosnosti a zvýšenia deformability základových pôd, resp. aj nadložia v prípade tunelov alebo prieskumných štôlní. Uvedené negatívne vplyvy výstavby pozemnej komunikácie s parametrami diaľnice alebo rýchlостnej cesty na horninové prostredie je reálne očakávať v nasledovných prípadoch:

- v úsekoch s výskytom svahových deformácií (zosuvov a blokových porúch);
- v úsekoch hlbokých zárezov a odrezov, ako aj vysokých násypov a prísypov (hlavne na mäkkšom ílovitom podklade);
- v miestach náročných stavebných objektov s komplikovanými inžinierskogeologickými a hydrogeologickými pomermi (napr. mosty, estakády, oporné a zárubné múry a pod.);
- v úsekoch projektovaných tunelov, resp. ich jednotlivých tunelových rúr s nízkym nadložíom, hlavne v ich priportálových častiach.

Predmetom týchto TKP nie sú:

- kontrolné a preukazné skúšky stavebných materiálov,
- skúšky pilót,
- skúšky hutnenia,
- zaťažovacie skúšky mostov,
- vytyčovanie a kontrola smerového vedenia objektov,
- kontrola tvaru zemných telies,
- kontrola ovzdušia,
- meranie vplyvu na životné prostredie, s výnimkou merania vodného režimu a vývoja poklesovej kotliny,
- kontrolné merania seizmických účinkov trhacích prác predpísané banskou legislatívou.

Pre všetky postupy a technológie platia príslušné STN. Použitie iných než navrhovaných postupov a technológií v dokumentácii na ponuku je prípustné za predpokladu, že sa preukážu požadované technicko-kvalitatívne parametre prvkov a konštrukcií. Postupy musia

mať najmenej takú úroveň ako stanovujú príslušné technické normy a predpisy, a nesmú byť v rozpore z ich zásadami, s TKP a ZTKP.

### **1.2.2. Zvláštne technicko – kvalitatívne podmienky (ZTKP)**

Pre jednotlivé stavby pozemných komunikácií budú spracované zvláštne technicko – kvalitatívne podmienky (ZTKP) vychádzajúce z konkrétnych podmienok a projektového riešenia príslušnej stavby. Ustanovenia ZTKP upresnia a doplnia požiadavky stanovené v týchto TKP.

## **1.3. Definícia pojmov**

### **1.3.1. Monitoring**

Monitoring je súhrn činností zameraných na zisťovanie stavu spolupôsobenia stavebnej konštrukcie s horninovým (okolitým) prostredím a sledovanie vývoja tohto stavu v čase a priestore.

Súčasťou monitoringu je aj prognózovanie ďalšieho vývoja sledovaného systému (horninový masív – stavebná konštrukcia) na základe hodnotenia jeho predchádzajúceho vývoja a geomechanického modelu horninového prostredia, v ktorom sa stavebná konštrukcia realizuje. Výslednou súčasťou monitoringu je prijímanie vhodných opatrení na udržiavanie vývoja sledovaného systému v medziach požadovaných v dokumentácii a kontrola účinnosti týchto opatrení meraniami vykonávanými v rámci monitoringu.

### **1.3.2. Inštrumentácia**

Inštrumentácia je prístrojová technika používaná pri monitoringu.

K inštrumentácii patrí aj udržiavanie prístrojovej techniky v stave umožňujúcom spoľahlivé a dostatočne presné výsledky meraní.

Súčasťou inštrumentácie je jej kalibrovanie, osadzovanie a kontrola presnosti aj spoľahlivosti osadených prístrojov.

### **1.3.3. Zhotoviteľ monitoringu**

Zhotoviteľ monitoringu je právnická osoba s oprávnením na vykonávanie geotechnických prác, ktorý v potrebnom rozsahu disponuje prístrojovou technikou a skúseným odborným personálom nevyhnutným na realizáciu monitoringu podľa schválenej realizačnej dokumentácie monitoringu.

Za účelom zabezpečenia požadovanej odbornosti a kvality je nevyhnutné, aby zhotoviteľ monitoringu predložil nasledovné oprávnenia:

- odborná spôsobilosť podľa zákona č. 138/1992 Zb. v znení zákona č. 236/2000 o autorizovaných architektov a autorizovaných stavebných inžinieroch - Autorizovaný stavebný inžinier v kategórii Statika stavieb;
- geologické oprávnenie vydané Ministerstvom životného prostredia SR podľa zákona č. 313/1999 Z. z. na projektovanie, riešenie a vyhodnocovanie úloh inžinierskogeologického prieskumu;
- autorizačné oprávnenie vydané Komorou geodetov a kartografov, vydané v zmysle zákona NR SR č. 216/1995 Z. z. o Komore geodetov a kartografov.

Požaduje sa, aby zhotoviteľ monitoringu predložil súbor referencií z vykonávania monitoringu na obdobných stavbách.

### **1.3.4. Dokumentácia monitoringu**

Dokumentácia monitoringu je súbor písomnej a výkresovej, resp. grafickej dokumentácie, ktorá na úrovni dokumentácie na stavebné povolenie jednoznačne definuje ciele monitoringu, jeho prostriedky, spôsob vykonávania, hodnotenia výsledkov a prijímania opatrení. Je súčasťou zadávacej dokumentácie pre výber zhotoviteľa stavby.

Zadávacía dokumentácia monitoringu je dokumentácia monitoringu upravená a doplnená na účely výberového konania na zhotoviteľa monitoringu.

Zadávacía dokumentácia monitoringu – dokumentácia na ponuku presne definuje rozsah monitoringu, zvláštne technicko - kvalitatívne podmienky jeho vykonávania, ako aj kvalifikačné kritériá a kritéria na výber zhotoviteľa monitoringu.

Realizačná dokumentácia monitoringu je dokumentácia monitoringu, ktorú vypracoval zhotoviteľ monitoringu pred začatím prác. Spresňuje organizáciu prác monitoringu a činnosť kancelárie monitoringu. Integruje monitorovacie práce do konkrétneho systému riadenia stavby a do systému riadenia rizík výstavby príslušného objektu resp. stavby.

### **1.3.5 Zadávatel' monitoringu**

Zadávatel' monitoringu – obstarávateľ je právnická osoba vypisujúca výberové konanie na vyhotovenie monitoringu. Spravidla tá istá osoba vypisujúca výberové konanie na vypracovanie dokumentácie stavby na stavebné povolenie, podrobný geotechnický prieskum resp. podrobnú etapu inžinierskogeologického prieskumu, prípadne na vypracovanie analýzy rizík, ako aj výberové konanie na zhotoviteľa vlastnej stavby.

### **1.3.6 Riadenie monitoringu**

Kancelária monitoringu je pracovisko, na ktorom sa monitoring organizuje a riadi. Tvoria ju odborný personál, výkonné počítačové jednotky na príjem, ukladanie a archiváciu meraných dát a nevyhnutné kancelárske priestory.

V kancelárii monitoringu sa spracúvajú namerané dáta, kontroluje sa ich grafické znázornenie, hodnotia sa výsledky meraní a pripravujú sa podklady pre rozhodovací proces v rámci kontrolných dní monitoringu.

Kontrolný deň monitoringu (ďalej len KDM) alebo Rada monitoringu (ďalej len RAMO) je kolektívne prerokovanie výsledkov monitoringu účastníkmi výstavby. Prijímajú sa na ňom zodpovedajúce rozhodnutia, prípadne odporúčania a opatrenia, súvisiace s ďalším bezpečným a ekonomickým vykonávaním prác na stavebných objektoch, ktoré sú predmetom monitoringu. RAMO/KDM môže byť súčasťou kontrolného dňa stavby.

## **1.4. Ciele monitoringu**

### **1.4.1. Základné ciele monitoringu**

Základným cieľom monitoringu je porovnávanie skutočného vývoja sledovaného systému (horninový masív – stavebná konštrukcia) s predpokladmi realizačnej dokumentácie príslušného objektu alebo stavebnej konštrukcie.

Každý konkrétny projekt monitoringu má podľa špecifických podmienok danej stavby a jej prostredia, v ktorom sa vyhotovuje, rad konkrétnych cieľov.

### **1.4.2. Konkrétne ciele monitoringu**

Konkrétnymi cieľmi monitoringu predovšetkým sú:

- overenie a spresňovanie geotechnického a geomechanického modelu použitého na dimenzovanie stavebného objektu a návrhu technológie budovania,

- posúdenie vhodnosti korekcie technológie budovania a operatívny návrh dimenzovania stavebnej konštrukcie podľa skutočných inžinierskogeologických podmienok na stavbe,
- kontrola účinnosti prijatých opatrení,
- optimalizácia požiadaviek na ekonomiku a bezpečnosť realizácie,
- právne preukázanie kvality vyhotovovaného diela.

Realizačná dokumentácia monitoringu musí sa spracúvať tak, aby bolo možné získať:

- dostatočné informácie o pôvodnom stave horninového masívu, najmä hydrologického režimu, pred jeho ovplyvnením stavbou;
- kontrolu nad správnosťou a bezpečnosťou aplikácie špeciálnych technológií, napríklad injektáží, sanačných opatrení, znižovania hladín podzemnej vody a pod.;
- informácie o vplyve výstavby na životné prostredie (hluk, vibrácie, prach, vratné i nevratné zmeny hydrologického režimu a pod.).

Dostatočná početnosť meraní a dostatočné množstvo meracích profilov sa určuje s ohľadom na konkrétne ciele monitoringu a špecifické vlastnosti systému horninový masív – stavebná konštrukcia v konkrétnych podmienkach jednotlivých stavieb.

## 1.5. Prostriedky monitoringu

Ciele monitoringu sa dosahujú niekoľkými základnými prostriedkami:

- vizuálnymi prehliadkami celého prostredia dotknutého výstavbou,
- geotechnickým hodnotením horninového prostredia dotknutého výstavbou,
- meraním skutočnej reakcie systému horninový masív – stavebná konštrukcia na postup výstavby a to prostredníctvom inštrumentácie a meracích metód (posuny, náklony, sadanie, deformácie, tlaky, napätia, teplota, vodný režim atď.),
- matematickým modelovaním spolupôsobenia horninového prostredia so stavebnou konštrukciou, najmä používaním spätných analýz,
- hromadným zberom nameraných dát, ich uchovávaním, spracovaním a operatívnym priebežným on-line prenosom spracovaných dát k užívateľom vrátane vizualizácie s využitím informačných technológií.

## 1.6. Monitoring a riadenie rizík

Pri budovaní každého stavebného diela je nevyhnutné podstúpiť väčšie či menšie riziká. Monitoring je základným predpokladom kontroly týchto rizík, ich kvantifikácie a možnosti ich znižovania pod únosnú hranicu. Monitoring umožňuje predvídať a obmedzovať vznik nežiaducich javov, a teda aj znižovať z nich plynúce škody.

Riziko sa definuje ako súbeh pravdepodobnosti vzniku nežiaduceho javu pri výstavbe a jeho dôsledkov pre účastníkov výstavby vo finančnom vyjadrení.

Nežiaduce javy pri realizácii rozhodujúcich objektov pozemných komunikácií môžu byť predovšetkým:

- nepriaznivý vývoj stability svahov,
- väčšie deformácie násypových cestných telies ako predpokladala realizačná dokumentácia objektu,
- neprijateľný deformačný vývoj staticky dôležitých častí stavebných konštrukcií,
- neprijateľné zníženie alebo zvýšenie hladiny podzemnej vody,
- geologické anomálie,
- výrazne odlišné geotechnické podmienky voči projektovým predpokladom,

- negatívne vplyvy realizovaných objektov na jestvujúcuc okolitú zástavbu,
- závažná udalosť, nebezpečný stav, prevádzková nehoda a závažný pracovný úraz,
- použitie doplňujúcich technológií a mimoriadnych stavebných postupov, ktoré sú neadekvátne pre schválený stavebný postup.

## 2. INŠTRUMENTÁCIA, MERANÉ VELIČINY A MONITOROVACIE METÓDY

### 2.1. Inštrumentácia

Inštrumentácia je časť monitoringu, ktorá sa zaoberá meracou prístrojovou technikou, jej inštaláciou a kalibráciou. Konkrétnu voľbu meracieho prístroja vykonáva zhotoviteľ monitoringu . Pri voľbe konkrétneho meracieho prístroja sa vychádza z definovaného cieľa merania, požiadaviek na presnosť merania, dlhodobosť merania, spoľahlivosť merania, odolnosť proti vonkajším vplyvom (atmosferické vplyvy, ohrozenie technológiou výstavby, poškodenie prachom, vlhkom a pod.).

Pri voľbe konkrétneho prístroja a meracej metódy sa ďalej prihliada na:

- pravdepodobné veľkosti očakávaných hodnôt meraných veličín,
- pravdepodobný vývoj meraných veličín v čase,
- kvalifikáciu obslužného personálu a možnosti chrániť inštrumentované body počas výstavby,
- možnosti automatizácie merania,
- očakávané množstvo meraných dát a čas sledovania.

Ciele merania a technicko-kvalitatívne požiadavky na prístrojovú techniku stanovuje spracovateľ dokumentácie monitoringu. Spravidla je to spracovateľ dokumentácie na stavebné povolenie stavby alebo špecializovaná odborná firma.

Formulácia cieľov meraní, požiadavky na prístrojovú techniku a podrobná dokumentácia monitoringu je neoddeliteľnou súčasťou dokumentácie na výber zhotoviteľa monitoringu.

Konkrétna prístrojová technika a metóda merania sa ďalej volí s prihliadnutím na:

- druh veličín, ktoré budú predmetom merania (posuny, sily, pórové tlaky a pod.),
- spôsob merania (metódy merania),
- požiadavky na diaľkový prenos dát, zhromažďovanie dát a ich samočinné spracovávanie.

### 2.2. Merané veličiny

Veličiny obvykle sledované pri monitoringu výstavby pozemnej komunikácie sú:

- ❖ Deformácie:
  - Podpovrchové:
    - vertikálne,
    - horizontálne,
  - povrchové:
    - vertikálne (poklesy a zdvíhanie),
    - posun,
    - náklon,

- ❖ napätia:
  - napätia v stavebných konštrukciách,
  - napätia v horninovom prostredí,
  - pórové tlaky vody.
- ❖ sily
- ❖ teplota
- ❖ vodný režim (úroveň hladiny podzemnej vody, prítoky – výtoky, chemizmus)
- ❖ vplyv stavby na okolité existujúce objekty

Na základe konkrétnych podmienok je nutné rozhodnutie, ktoré veličiny sú v danom prípade na konkrétnom mieste a z hľadiska konkrétnych cieľov monitoringu najdôležitejšie.

Meračský profil, v ktorom sa vykonávajú dva a viac typov meraní, sa nazýva združený profil. Združené meračské profily sa osádzajú do reprezentatívnych miest, ktoré boli prijaté ako podklad pre tvorbu geomechanického modelu a hypotézy pretvárania systému hornina – stavebná konštrukcia.

### 2.3. Monitorovacie metódy

Pre **monitoring stability svahov - zosuvných, zárezových a násypových** je žiadúce sledovať vývoj podpovrchových horizontálnych posunov vo svahoch metódou presnej zvislej inklinometrie, prevažne v kombinácii aj s režimným pozorovaním úrovne hladín podzemnej vody (HPV). Pri týchto meraniach možno overiť aj účinnosť navrhnutých sanačných opatrení, stabilizačného - fortifikačného a odvodňovacieho - drenážneho charakteru.

**Monitoring násypových cestných telies** je zameraný na sledovanie vývoja vertikálnych deformácií - sadania pod násypmi, a to aplikáciou (sub)horizontálnej inklinometrie, pričom v prípade potreby sledovania stupňa konsolidácie aj s meraním pórových tlakov vody v ílovitom podklade, resp. so sledovaním úrovne HPV.

**Monitoring stability podložia náročných stavebných konštrukcií** - napr. mostných opôr a pilierov, je vhodné vykonať sledovaním vývoja priestorových (3D) deformácií v základovej pôde pod objektami. K tomuto účelu je vhodná inklinometricko-deformačná metóda v špeciálne vystrojených vertikálnych vrtoch. Pri takýchto stavebných objektoch sa zvyčajne vykonáva pri ich výstavbe aj monitoring so sledovaním pretvorenia na konštrukciách, vrátane kontroly dlhodobej stability predpätých kotevných síl a pod.

**Monitoring existujúcich objektov** – napr. objektov okolitej zástavby alebo inžinierskych sietí, je zameraný na sledovanie deformačného správania sa sledovaných objektov v súvislosti s podpovrchovým horizontálnym alebo vertikálnym pretvorením horninového masívu v zóne predpokladaného ovplyvnenia výstavbou. Pre sledovanie pretvárania na konštrukciách a objektoch sú využívané metódy presnej a veľmi presnej nivelácie, meranie náklonov, hydrostatická nivelácia, hydrostatické merania sadaní, dilatometrické merania a pod.

**Monitoring stability nadložia tunelových rúr je zameraný na tunelové úseky s nízkym nadložím**, kde sa vykonáva tiež inklinometricko-deformačnou metódou (3D), kombinovanou aj s menej náročnou metódou presnej zvislej inklinometrie, podľa potreby tiež s režimovým sledovaním HPV. V priortálových úsekoch a v priečných údoliach sa navyše kombinuje aj s geodetickým sledovaním polohových a výškových zmien povrchu územia na osadených geodetických bodoch (v priečnom profile kolmo na os tunelových rúr a podľa možnosti i v pozdĺžnom profile, t.j. v ich osi), ktoré umožnia zistiť vývoj a rozsah poklesovej kotliny na povrchu terénu, ovplyvnenú postupom razenia jednotlivých tunelových rúr ako aj častou existenciou zosuvných i hlbších blokových svahových porúch. Tento monitoring sa riadi ustanoveniami TKP časť 28: Geotechnický monitoring pre tunely a prieskumné štôlne.

### **2.3.1. Meranie deformácií**

#### **2.3.1.1. Konvergenčné merania**

Meranie sa vykonáva medzi dvoma pevne osadenými bodmi s guľovým zhlavím. Body sa môžu usporiadať do osí nasmerovaných do smeru očakávaných pohybov. Môžu sa pevne zabudovať do stien stavebných jám alebo do stabilizovaných meračských pilierov pri meraní posunov na povrchu terénu.

Sledujú sa buď vzájomné priblíženia – konvergencia, resp. oddialenie – divergencia bodov alebo sa sledujú absolútne vektory deformácie týchto bodov. Vlastné merania sa vykonávajú na fixovaných bodoch, ktoré sú pravidelne rozmiestnené v jednotlivých priečnych rezoch.

Meranie sa vykonáva pomocou optickej automatickej stanice, ktorá umožní presnosť odpočtu 0,1 mm a presnosť metódy merania do 1 mm.

Pri malých profiloch sa meranie vykonáva pomocou konvergenčných pásiem.

Konvergenčné pásmo je vyrobené z invarovej ocele umožňujúcej vysokú presnosť odpočtu. Prístroj je vybavený pružinou so silomerom zaručujúcim vždy rovnaké napnutie pásma. Spolu s pásmom výrobcovia dodávajú kalibračný rám pre teplotné korekcie a číselníkový úchylkomer. Výhodou konvergenčného pásma je vysoká presnosť merania a skutočnosť, že medzi sledovanými bodmi nie je znemožnená technologická činnosť, doprava a pod., okrem krátkeho času, keď prebieha meranie. Na druhej strane však nie je možný priebežný samočinný záznam dát.

Požadovaná presnosť meradla je 0,01 mm, presnosť merania je 0,1 mm.

Reakcia deformácií na postup výstavby závisí od času, táto závislosť má dve zložky:

- zmenu poľa zaťaženia v dôsledku postupu výstavby od meracieho konvergenčného profilu (aj tieto zmeny prebiehajú v čase),
- je spôsobená reologickým správaním hornín, keď samotná deformácia pri určitej úrovni zaťaženia prebieha v závislosti od času.

Výsledky jednotlivých meraní sa preto znázorňujú ako priebeh deformácie každého konvergenčného bodu v čase.

Pri interpretácii konvergenčných meraní je nevyhnutné využiť aj ostatné výsledky monitoringu (podmienky osadzovania konvergenčných bodov, extenzometrické a inklinometrické merania v tzv. združených profiloch atď.).

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na jednom profile.

#### **2.3.1.2. Extenzometrické merania -- $\Delta l$ [m]**

Slúžia na sledovanie pohybov masívu v smere osi vrtu.

Extenzometer sa skladá z hlavy, tyče v púzdre a z koreňa. Koreň je pevne spojený s tyčou, púzdro slúži k umožneniu voľného pohybu tyče vo vrte. Tyčové extenzometre môžu byť osadené po jednom alebo môže byť do jedného vrtu osadených viac extenzometrov rôznych dĺžok. Podľa podmienok je možné použiť rôzne typy koreňov (injektážne, hydraulické, mechanické). Hlavy extenzometrov majú rôznu konštrukciu v závislosti najmä od spôsobu odčítania (mechanické meradlá, snímače, odčítacie jednotky, datalogery, atď.).

Jednoduchý tyčový extenzometer je tyč, zakotvená na dne vrtu do horninového masívu. Od koreňa kotvy je tyč vedená v ochrannej rúrke k referenčnému zhlaviu vrtu. To sa spravidla nachádza na povrchu terénu. Posun vzhľadom ku koreňu tyče sa meria na zhlaví vrtu.

Jednotlivé extenzometre odlišných dĺžok sa spájajú do zväzkov. Tak sa vytvorí viacstupňové extenzometre, s ktorými potom možno sledovať priebeh dĺžkových deformácií vo zvolených hĺbkach pozdĺž monitorovacieho vrtu.

Viacúrovňové tyčové extenzometre slúžia na zisťovanie rozdelenia deformácií horninového masívu pozdĺž vrty, v ktorom je extenzometer nainštalovaný. Ďalším cieľom merania vo vrtoch pre extenzometre môže byť vykonanie ďalších druhov merania (presiometrické skúšky, odber neporušených vzoriek hornín, seizmické merania pozdĺž vrty). Vrty pre extenzometre a ďalšie typy skúšok a meraní v tzv. združených monitorovacích profiloch sa preto vykonávajú zásadne ako jadrové.

Ich presné situovanie určuje realizačná dokumentácia monitoringu a stanovuje sa na základe hodnotenia záverov podrobného geotechnického resp. inžinierskogeologického prieskumu.

Odvrtanie sa musí realizovať v dostatočnom predstihu pred začatím merania, minimálne 3 týždne pred začiatkom merania vzhľadom na zabezpečenie cementačného pokoja.

Maximálna dĺžka extenzometra je 150 m, maximálny počet extenzometrov v jednom vrte 6 ks, presnosť v závislosti od dĺžky extenzometra od 0,01 mm do 1 mm, rozsah merania od 25 mm do 50 mm, po prestavení do 300 mm.

Meranie deformácií sa vykonáva s presnosťou odpočtu  $\pm 0,01$  mm. Pri obvyklej dĺžke extenzometra do 30 m sa dosahuje reálna presnosť merania deformácií  $\pm 0,1$  mm. Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na jednom extenzometrickom vrte.

### 2.3.1.3. Inklinometrické merania

Slúžia na sledovanie horizontálnych pohybov masívu v smere kolmom na os vrty. Merania inklinometrami sa používajú pri sledovaní svahových pohybov zapríčinených vlastnou geologickou stavbou územia ako aj stavebnou činnosťou. Inklinometre sa osádzajú do monitorovacích vrty.

Opakované meranie umožňuje s veľkou presnosťou a spoľahlivosťou určovať rýchlosti prebiehajúcich pohybov, a to v závislosti od časových intervalov medzi jednotlivými meraniami.

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na jednom inklinometrickom vrte.

#### ❖ *Meranie vertikálnym inklinometrom - $\Delta u_{x,i}$ , $\Delta u_{y,i}$ [m]*

**Inklinometrické vrty** sú monitorovacími objektami pre aplikáciu presnej zvislej inklinometrickej metódy. Pri tejto metóde sa zisťujú podpovrchové horizontálne pretvorenia (posuny) horninového masívu na základe merania uhla odklonu od zvislice a jeho zmien.

Inklinometrický systém pozostáva zo zabudovaných inklinometrických výpažníc a z prenosnej sondy s ovládacím káblom napojeným na odčítaciu jednotku. Inklinometrické výpažnice z PVC ( $\phi=67$  mm) sú vybavené pozdĺžnymi drážkami v dvoch na seba kolmých smeroch a zabezpečujú orientáciu sondy v predurčenom smere. Zabudovávajú sa v smere blízkom k vertikále priamo v konštrukčnom prvku alebo vo vrte (priestor medzi výpažnicou a stenou vrty sa v tomto prípade vyplní BC-zálievkou). Meracia rúra sa osadzuje do vrtného otvoru  $\varnothing 137$  mm - 156 mm siahajúceho do hĺbky predpokladaného výskytu intaktného prostredia. Vo vrchnej časti sa osádza oceľový uzamykateľný uzáver  $\varnothing 108$  mm - 133 mm s presahom min. 0,5 m nad povrch terénu.

Výhodné je drážky vodiacich výpažníc orientovať v smere predpokladaných posunov. Pohyblivá sonda obsahuje dva citlivé servomechanické merače zrýchlenia, ktorých osi sú vzájomne otočené o  $90^\circ$ . Počas merania je sonda vedená v drážkach výpažnice pomocou štyroch vodiacich kolies, pričom je ťahaná zdola nahor v intervaloch 0,5 m pomocou spojovacieho kábla. Merania v hĺbkovom intervale po 0,5 m sa vykonávajú pomocou prenosnej odčítacej aparatúry s káblovým prepojením so sondou, pričom presnosť meraní v bežných prípadoch je vyššia ako  $\pm 0,2$  mm na 1 m hĺbky. V každom hĺbkovom intervale sa

odčíta úklon, ktorý je následne konvertovaný na posun. Porovnávaním jednotlivých etapových meraní so základným meraním sa získava diferenciálny a integrálny priebeh vodorovných deformácií.

Technické údaje: Meracia základňa 500 mm, rozsah merania  $\pm 53^\circ$  od vertikály, rozlíšenie 0,02 mm na 500 mm, pracovná teplota - 20 °C až 50°C.

**Inklinometricko - piezometrické vrty** svojim vystrojením umožňujú sledovať podpovrchové horizontálne pretvorenia v mernej inklinometrickej rúre v horninovom prostredí a zároveň aj úroveň hladiny podzemnej vody v osobitnej plastovej rúrke menšieho profilu ( $\varnothing$  32 mm) s perforáciou, filtračnou geotextíliou a obsypom cca v 0,5 m spodnej časti (v zóne narazenej hladiny podzemnej vody), resp. s osadeným piezometrickým snímačom. Uvedené kombinované vystrojenie vrtov si však vyžaduje skúseného odborného zhotoviteľa, pretože spoľahlivá funkčnosť výstroja je podmienená dodržaním technologickej disciplíny pri jeho inštalácii do vrtného otvoru.

**Inklinometricko - deformačné vrty** svojim vystrojením umožňujú sledovať vývoj všetkých priestorových (3D) pretvorení v horninovom prostredí, t.j. v osiach horizontálnej roviny (X, Y) ako pri presnej vertikálnej inklinometrii, a tiež aj vo vertikálnom smere (v osi Z) ako pri deformačnej extenzometrii. Špeciálne rúrové vystrojenie s profilom  $\varnothing$  76 mm sa osadzuje do vrtného otvoru  $\varnothing > 93 - 96$  mm v ílocementovej zálievke, pričom pri povrchu terénu sa zabuduje oceľová chránička  $\varnothing$  108 mm dĺžky cca 1,5 m s uzamykateľným uzáverom tak, aby siahala minimálne 0,5 m nad povrch terénu. Aplikácia uvedených 3D meraní so špeciálnou sondou a prenosnou odčítacou aparátúrou je veľmi žiaduca v priortálových úsekoch tunelových rúr, pretože umožňuje reálne sledovať vývoj pretvorení s postupom razenia jednotlivých tunelových rúr, ktorých odozva v prípade zosuvného nadložia môže vyvolať aj dodatočné svahové pohyby. V zásade treba vo svahoch s výskytom zosuvných a blokových porúch v počiatočných fázach raziť v predstihu (cca 40 m) vždy tunelovú rúru, ktorá je privrátaná do svahu s väčším nadložíom. Uplatnenie týchto 3D meraní sa využíva tiež pri kontrole únosnosti a sadania základových pôd v porušenom horninovom prostredí pri hĺbkovom zakladaní náročných stavebných objektov, napr. mostných opôr a pilierov na pätkách s mikropilotovým roštom.

Pri realizácii uvedených inklinometricko-deformačných vrtov je vhodné použiť technológiu vŕtania WL (wire-line) s profilom HQ (95,5 mm), ktorou je zabezpečený výnos kvalitného vrtného jadra pre geologickú dokumentáciu systému RQD i pre odber horninových vzoriek pre laboratórne skúšky mechaniky hornín. Navyiac umožňuje aj vykonanie doplnujúcich terénnych presiometrických a hlavne tiež vodnotlakových skúšok v horninovom prostredí pre jeho objektívne zhodnotenie deformačno - pevnostnými a filtračnými charakteristikami.

#### ❖ *Meranie horizontálnym inklinometrom - $\Delta u_{z,i}$ [m]*

**Horizontálna inklinometria** využíva princíp kontinuálnej presnej inklinometrie v horizontálnej, resp. subhorizontálnej orientácii, ktorá tak umožňuje sledovať vývoj vertikálnych pretvorení - sadania pod väčšími násypovými telesami, situovanými na mäkkom ílovitom podklade.

Pre tento účel pred výstavbou cestných násypov a prísypov sa v kontaktnej podkladovej zóne osadzujú plastové merné inklinometrické rúry profilu  $\varnothing$  70 mm - 76 mm s drážkami v pravouhlej orientácii vo zvislom a vodorovnom smere, ktoré sa zostavujú do požadovanej dĺžky v pieskovom lôžku a prekryjú zhutnenou vrstvou hrúbky 30 cm, a voči pootočeniu sa zabezpečujú oceľovými platňami rozmerov 30 cm x 30 cm. Vyústenie merných rúr môže byť obojstranné alebo jednostranné, zvyčajne k nižšej päte budúceho násypu, kde sa vybuduje čelný betónový múrik s výklenkom pre osadenie uzamykateľných plechových dvierok v oceľovom ráme. Manipulačný priestor pred dvierkami s vyústením mernej rúry musí byť min. 1,5 m, čo limituje zapustenú alternatívu vyústenie rúry pod okolitý povrch terénu.

Vlastné merania sa vykonávajú inklinometrickou sondou ( $\varnothing$  40 mm, dĺžky 500 mm alebo 1000 mm), ktorá predurčuje merací krok po 1 m dĺžky. Sonda s prepajovacím káblom k prenosnej odčítacej aparátúre sa zasúva v drážkach mernej rúry pomocou tuhého, ale ohybného rízanového prúta zhodnej dĺžky s osadenou rúrou. Presnosť meraní sondou dĺžky 1000 mm sa dosahuje až  $\pm 0,1$  mm na 1 m dĺžky, pričom na získanie absolútnych hodnôt vertikálnych deformácií pod násypom treba vyústenie rúry vždy premerať presnou niveláciou (ako východzí vzťažný bod). Následne sa jednotlivé meracie etapy vyhodnocujú v dĺžkovej závislosti

k „nulnému“ základnému meraniu, pričom s postupom výšky budovaného násypu možno kontrolovať vývoj jeho sadania a v časovej závislosti orientačne aj proces konsolidácie podložia.

Technické údaje: Meracia základňa 500 mm /1000 mm, rozsah merania  $\pm 45^\circ$ , rozlíšenie 0,02 mm /500 mm, pracovná teplota - 5 C až 60 °C.

**Kombinácia horizontálnej inklinometrie s meraním pórových tlakov.** V určitých prípadoch absencie prirodzených drenážnych (štrkových) vrstiev alebo menej účinných umelých drenážnych prvkov (napr. rýh) v podloží násypu vztlaková úroveň podzemnej vody môže v ílovitom podklade vystúpiť pri zväčšujúcej sa výške násypu až do úrovne jeho bázy, resp. až k povrchu terénu, čím sa značne spomaľuje proces konsolidácie pod násypovým telesom a zároveň sa aj zhoršujú jeho stabilitné pomery. Pre kontrolu tohto možného negatívneho vývoja je potrebné popri sadaní násypového telesa sledovať aj vývoj pórových tlakov v ílovej podkladovej vrstve, umožňujúcich poznať reálnu hodnotu ich stupňa konsolidácie. Vhodné snímače pórových tlakov možno osadiť bokom (cca do 1 m) od mernej inklinometrickej rúry v lokálnom pieskovom obsype a s odizolovaným káblovým prepajením do výklenkovej steny čelného múrika, kde je aj vyústenie inklinometrickej rúry. Vlastné meranie sa vykonáva prenosnou odčítacou aparátúrou, zabezpečujúcou presnosť merania na  $\pm 0,05$  kPa, pričom merania by mali byť zrealizované v zhodnej dobe s horizontálnou inklinometriou.

#### 2.3.1.4. Meranie kĺzavými deformetrami - $\Delta u_{z,i}$ [m]

Kĺzavý deformeter slúži na meranie deformácií v osi vrtu v meracom intervale 1 m.

Deformetrický merací systém pozostáva z meracej rúry, sondy, nosného napájacieho kábla, ovládacieho sútyčia, vodiacej lišty, odčítacej jednotky a ciachovacieho zariadenia. Meracia rúra je zostavená z deformetrických umelohmotných výpažníc navzájom pospájaných v jednometrových vzdialenostiach teleskopickými meracími spojkami. Priestor medzi meracou rúrou a stenou vrtu je vyplnený bentonitovo-cementovou suspenziou, ktorej receptúra zodpovedá deformačným vlastnostiam horninového prostredia. Prenosná meracia sonda sa postupne zasúva do vrtu, čo umožňujú vybratia v meracích značkách. V každom meracom intervale (1m) sa sonda pootočí pomocou ovládacieho sútyčia o  $45^\circ$  a napnutím medzi dve susediace značky sa zmerajú ich vzájomné vzdialenosti. Signál z vysokocitlivého snímača sa prenáša káblom a digitálne registruje. V prípade potreby trojvektorových meraní je možné vrt vystrojiť kombinovanými inklinometricko-deformetrickými profilmi a merania realizovať v jednej etape súčasne inklinometrom aj posuvným deformetrom.

Technické údaje: Meracia základňa 1000 mm, rozsah merania  $\pm 22,5$  mm /rozlíšenie 0,03 mm na 500 mm, pracovná teplota - 20 C až 50 °C.

Kĺzavý defrometer je vhodný na meranie veľmi malých deformácií v podmienkach, keď majú veľký význam pre stabilitu sledovaných objektov

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na jednom deformetrickom vrte.

#### 2.3.1.5. Trigonometrické meranie - $\Delta x$ , $\Delta y$ , $\Delta z$ [m]

Na sledovanie cestných svahov a svahov priľahlých k stavebným jamám sa využíva trigonometrické sledovanie. Body pre trigonometriu sú osadené priamo do zeminy (horniny) alebo na stavebnú konštrukciu zabezpečujúcu líce stavebnej jamy.

Meranie sa vykonáva pomocou optickej automatickej stanice a umožní presnosť odpočtu 0,1 mm a presnosť metódy merania do 1 mm.

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na všetkých bodoch vybudovanej trigonometrickej siete.

#### 2.3.1.6. Nivelácia povrchu terénu - $\Delta x$ , $\Delta y$ , $\Delta z$ [m]

Na povrchu terénu sa vykonáva štandardná geodetická presná nivelácia v priečnych a pozdĺžnych profiloch. Priečne profily sa odporúča realizovať ako súčasť tzv. združených profilov. Ďalej sa presná nivelizácia robí na všetkých objektoch nadzemnej zástavby v zóne predpokladaného ovplyvnenia výstavbou.

Pozornosť je nevyhnutné venovať stabilizácii meračských bodov tak, aby ich pohyby neovplyvňovali cudzie vplyvy. Umiestnenie aj spôsob stabilizácie meračských bodov sa musí stanoviť v realizačnej dokumentácii monitoringu.

Meranie sa vykonáva pri dodržiavaní zásad pre veľmi presnú niveláciu v súlade s geodetickými predpismi pomocou nivelačných prístrojov v kombinácii s nivelačnými latami. V ojedinelých prípadoch, keď sú merané miesta obtiažne prístupné, môžu klincové značky nahradiť stupnice s čiarovým kódom (simulácia nivelačných lát) kotvené na líci objektu.

Výškové merania sú pripojené na výškové body štátnej nivelácie v okolí lokality. K nim sú výškovo pripojené ďalšie pomocné pevné body po celom obvode lokality, umiestené v dostatočnej vzdialenosti od predpokladaného dosahu vplyvu poklesovej kotliny a stavebnej činnosti.

Požaduje sa presnosť merania  $\pm 0.7$  mm na 1 km nivelačného ťahu.

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na všetkých nivelačných bodoch vybudovaných meračských profilov.

#### 2.3.1.7. Kontinuálne merania geodetickými robotmi - $\Delta x$ , $\Delta y$ , $\Delta z$ [m]

Digitálnymi nivelačnými prístrojmi sa merajú zvislé posuny na princípe optického rozpoznania obrazu, ktorým je kódovaná lata umiestnená na sledovanom objekte. Automatizovanými totálnymi stanicami sa na základe merania vzdialenosti a uhla monitorujú posuny na pevne nainštalovaných pasívnych reflektoroch (terčoch), pričom sa využíva funkcia ATR (Automatic Target Recognition). Oba typy prístrojov je možné integrovať do systému, ktorý slúži k riadeniu systému a registrácii dát. Pretože cieľom monitoringu vo väčšine prípadov nie je len zachytiť deformačný stav objektu ale aj zistiť jeho príčiny, je možné do systému okrem geodetických robotov integrovať aj iné snímače napr. piezometre, extenzometre, tenzometre a pod.

Technické údaje: Motorizovaný nivelačný prístroj - presnosť výškových posunov 0,2 mm pri vzdialenostiach do 30 m, inak 0,5 mm, merací čas pre bod cca 15 s - 30 s, kompenzácia teplotných vplyvov, osvetlenie lát v noci integrovaným svetlom, dosah merania do 80 m. Totálna stanica - meranie polohových zmien s presnosťou do 1,0 mm, krátky merací čas, kompenzácia teplotných a tlakových vplyvov, dosahy merania do 1000 m.

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na všetkých geodetických bodoch sledovaného objektu.

#### 2.3.1.8. Meranie náklonov $\Delta\alpha$ , $\Delta\beta$ [°]

Náklony sa merajú stabilnými alebo prenosnými náklonomermi s elektronickými snímačmi. Klinometer je prenosný elektronický merací prístroj s vysokou presnosťou na meranie zmeny náklonu monitorovaného objektu. Samotné meranie uhlov sa uskutočňuje pomocou vysokocitlivého elektronického kyvadla. Na sledované objekty sa pevne zabudujú meracie značky, na ktoré sa samotný merací prístroj uloží len po dobu merania. Princíp dosadania klinometra na značky zaručuje presnú reprodukovateľnosť polohy prístroja pri každom meraní. Meracie značky sa upevňujú do betónu, muriva alebo skaly zacementovaním; na oceľové konštrukcie privarením. Podľa druhu merania sa používajú rôzne typy meracích značiek a prípravkov k pootočeniu meracej základne do horizontálnej alebo vertikálnej roviny.

Presnosť dosadnutia prístroja na meraciu značku činí  $\pm 0,002$  mm/m, merací prístroj má meraciu základňu 200 mm. Rozsah merania je  $\pm 50$  mm/m ( $+2,86^\circ$ ), rozlíšenie  $\pm 0,001$  mm/m, presnosť a linearita činí  $< \pm 0,2$  %. Rozlíšenie, linearitu a nulový bod možno kedykoľvek kontrolovať pomocou kalibračného zariadenia.

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na všetkých meracích značkách sledovaného objektu.

#### 2.3.1.9. Hydrostatická nivelácia

Hydrostatická nivelácia sa používa na sledovanie zvislých deformácií v podzemných priestoroch nadzemnej zástavby nachádzajúcich sa v zóne ovplyvnenia tam, kde sú tieto priestory obtiažne prístupné pre geodetické sledovanie a kde je žiaduci automatický a kontinuálny zber dát. S výhodou ho možno použiť v miestach, kde je prístup z hľadiska bezpečnosti nežiaduci. V tom prípade sú jednotlivé meracie miesta vybavené diaľkovým automatickým odpočtom.

Meracie body sú osadené nádobami s plavákmi v nádobách s voľnou hladinou vody, prepojených navzájom medzi sebou hadicami. Hladina vody vymedzuje porovnávaciu rovinu, vzhľadom na ktorú sa meria zvislý pohyb nádob. Jedna z nádob je referenčná a je zameriavaná geodeticky alebo je v mieste mimo posunov.

Presnosť merania je cca 1 mm.

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na všetkých meracích bodoch na sledovanom objekte.

#### 2.3.1.10. Hydrostatické merania sadaní - $\Delta u_{z,i}$ [m]

Hydrostatický systém merania sadaní pozostáva z jednotlivých snímačov tlaku, ktoré sú navzájom pospájané hadičkami. Každý snímač zaznamenáva tiaž plniaceho média, ktorý zodpovedá rozdielu výšok jednotlivých pozorovaných meracích miest voči voľnej hladine tekutiny v referenčnej nádobe. Snímače sa nainštalujú pevne na objekt, ich dispozičné usporiadanie je v rámci výškového rozsahu merania ľubovoľné. Merací systém umožňuje on-line sledovanie a tým bezprostredný monitoring účinnosti prijatých opatrení.

Merací rozsah od 100 mm do 1000 mm, rozlíšenie 0,01 mm, presnosť 0,1 mm, teplotný rozsah:  $-20$  °C až  $80$  °C, hmotnosť jedného meracieho miesta do 2 kg. Automatizácia merania s možnosťou signalizácie v prípade prekročenia medzných hodnôt.

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na všetkých pozorovacích bodoch na sledovanom objekte.

#### 2.3.1.11. Dilatometrické merania - $\Delta u_x$ , $\Delta u_y$ , $\Delta u_z$ [m]

Sledovanie posunu na trhlinách slúži na zistenie zmien vzdialeností dvoch pevných bodov fixovaných na sledovanej konštrukcii.

Meranie sa vykonáva buď ručnými meradlami alebo automatickou stanicou na meranie trhlín s nepretržitým záznamom. Súčasne s meraním posunu na trhlinách sa meria aj povrchová teplota muriva na elimináciu vplyvu teplotnej rozťažnosti.

Na monitorovanie deformácie v trhlinách možno použiť jednoduché monitorovacie techniky ako sú mechanické dilatometre: sklenené resp. sádrové terčičky, meracie hodinky, posuvné mikrometre a dilatometrické skoby. Okrem stabilného upevnenia systému do monitorovaného telesa po oboch stranách trhliny je veľmi dôležitý aj detail dosadnutia meradla do fixovaných značiek. Najvhodnejším je kombinácia gule a kužeľového vybratia. V prípade neprístupnosti meracieho miesta alebo potreby kontinuálneho záznamu merania je potrebné použiť elektronické dilatometre.

Vibračné dilatometre majú štandardnú dĺžku 300 mm; rozsah merania 25 mm, 50 mm, 100 mm; rozlíšenie 0,02 % rozsahu; presnosť 0,1 % rozsahu; prevádzková teplota: - 30 °C až 60 °C. Ide o jednoosé snímače, pre trojosé meranie sa použijú 3 snímače uchytené v špeciálnom prípravku.

Pred začatím výstavby sú monitorované významné trhliny na sledovaných objektoch, najmä v nosných konštrukciách, počas výstavby navyše aj novo vzniknuté významné trhliny.

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na všetkých pozorovacích bodoch na sledovanom objekte.

### **2.3.2. Meranie napätia**

Meranie napätosti sa vykonáva tzv. tlakovými poduškami.

Tlakové podušky (krabice) majú tvar dutého kotúča, ktorý sa umiestňuje tak, aby podstava kotúča smerovala kolmo na smer predpokladaného napätia. Kotúč je zvyčajne vyplnený olejom. V dôsledku tlaku pôsobiaceho na podstavu kotúča sa kotúč spolu so svojim horninovým okolím stláča a v médiu, ktoré vyplňa kotúč, vzniká tlak. Tlak sa meria rozličnými typmi snímačov.

Ako meracie snímače sa najčastejšie používajú odporové tenzometre lepené zvnútra na vnútorné plochy podstav kotúčov, kmitajúce struny alebo hydraulické snímače. Voľba druhu snímača závisí od požiadaviek na čas merania, presnosť merania, spoľahlivosť merania a na odolnosť proti vonkajším vplyvom.

Dôležitým parametrom každej podušky je jej tuhosť. Tá sa musí zvoliť tak, aby približne zodpovedala tuhosti prostredia, v ktorom sa bude meranie vykonávať. Ak by sa tento pomer podstatne líšil od jednej, tak v bezprostrednom okolí meradla dôjde k prerozdeleniu pôvodnej napätosti. Výsledky meraní by potom neboli konformné so skutočnosťou.

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na všetkých meracích bodoch na sledovanom profile.

#### 2.3.2.1. Meranie napätí v stavebných konštrukciách - $\sigma = \epsilon \cdot E$ [Pa]

Snímače pretvorenia (tenzometre) sa skladajú z dvoch častí: z ocelového drôtu natiahnutého medzi dvoma úchytnými blokmi a z meracej budiacej cievky. Ku monitorovanej konštrukcii sa úchytné bloky môžu pripevniť bodovým zvaraním, lepením alebo priviazaním k betonárskej výstuži. Deformácie konštrukcie vyvolajú vzájomný posun blokov tenzometra, čím sa zmení dĺžka resp. napätie ocelového drôtu, ktoré je merané ako jeho vlastná frekvencia kmitania po vybudení. Odčítacie jednotky vysielajú budiaci impulz pre rozkmitanie drôtu a prevedú periódu výslednej vibrácie priamo na mikrostrany. Snímače pretvorenia

sú dodávané so zabudovaným termistorom umožňujúcim meranie teploty v mieste snímača. Odčítavanie snímačov je možné pomocou prenosných odčítacích jednotiek alebo automaticky v nastavených intervaloch datalogrami. Pre vyhodnotenie meraní v jednotkách napätia je potrebné poznať deformačný modul predmetného stavebného materiálu.

Činná dĺžka snímača 50 mm ÷ 250 mm, max. rozsah 3000  $\mu\epsilon$ , citlivosť 0,5  $\mu\epsilon$ , teplotný rozsah - 20 °C +80 °C.

### 2.3.2.2. Merania horninových tlakov a tlakov v betóne p [Pa]

Hydraulické snímače tlaku pozostávajú zo samotnej tlakovej krabice, pretlakového ventilu a meracej časti. Krabice sú vyplnené olejom alebo ortuťou a vďaka svojmu tvaru (faktor výška/priemer činí 0,05 až 0,1) výrazne znižujú chybu zapríčinenú rozdielom E-modulov snímača a obklopujúceho materiálu. Tekutina v krabici prenáša tlak zo zaťaženia krabice na membránu ventilu. Pri meraní je vyvíjaný prostredníctvom hydraulického alebo pneumatického meracieho zariadenia tlak na opačnú stranu membrány, pričom hľadanou veličinou je tlak, pri ktorom dôjde k jej pretlačeniu. Výhodná je kombinácia snímačov tlaku zeminy a pórového tlaku vody, umožňujúca aj dodatočné zabudovanie do prostredia zarážaním. Pri zabudovaní do zemného prostredia by veľkosť zrna zeminy nemala byť väčšia ako jedna desatina priemeru snímača.

Tvary a rozmery snímačov sú nasledovné:

Kruhové:  $\phi$  (120 x 5) mm;  $\phi$  (170 x 7) mm;

obdĺžnikové: (70 x 140 x 4,5) mm; (100 x 200 x 5) mm; (150 x 250 x 7) mm; (200 x 300 x 10) mm; (400 x 400 x 12) mm;

zarážané: (70 x 140 x 5) mm; (100 x 200 x 6) mm; merací rozsah: 0,5 MPa; 1 MPa; 2,5 MPa; 6 MPa, 10 MPa, 16 MPa; 25 MPa; 40 MPa; 60 MPa.

### 2.3.3. **Meranie síl**

Meranie síl sa vykonáva prostredníctvom dynamometrov alebo strunových deformetrov.

#### 2.3.3.1. Meranie síl pod hlavou kotiev

Výsledky meraní poskytujú predstavu o skutočnom zaťažení kotvy, vývoji kotevnej sily a o stabilite celého systému.

Dynamometre sú osadené medzi hlavou kotvy a lícom konštrukcie. Telo dynamometra sa podrobuje pôsobiacemu tlaku a meria sa pretvorenie tela dynamometra. Zo známej závislosti medzi pretvorením a zaťažením, ktorá sa pre každý dynamometer určuje kalibráciou, sa určuje príslušná sila. Voľbu typu dynamometra a jeho kapacity pre dané meranie vykonáva zhotoviteľ monitoringu na základe požiadaviek na tento typ merania, ktoré sú stanovené v dokumentácii monitoringu, pričom sa prihliada na čas merania, predpokladaný rozsah meraných hodnôt, na požiadavky na presnosť merania, spoľahlivosť merania a odolnosť proti vonkajším vplyvom.

Dynamometer pozostáva z dvoch pevne spojených oceľových kotúčov s otvorom v strede. Dutina (tlakový priestor) medzi kotúčmi je vyplnená hydraulickou tekutinou. Silu v kotve je možné odčítať priamo na očiachovanom manometri alebo diaľkovo: hydraulicky (princíp kompenzačného ventilu) alebo elektricky (elektrický prevodník). Pokiaľ dynamometer nie je možné uložiť na rovinnú plochu je potrebné použiť dve vyrovnávacie platne.

Presnosť merania  $\pm 1$  % s manometrom (elektrický prevodník  $\pm 0,5$  %), teplotná chyba 1,2 % hodnoty zaťaženia pri teplotnom rozdieli 20 °C, rozsah merania: (0 -160 / 250 / 500 / 750 / 1000 / 1400 / 2000 / 3000 / 5000) kN + rezerva 10 %, rozmery snímačov (v závislosti

od rozsahu zaťaženia): priemer stredného otvoru (35 – 160) mm, hrúbka snímača (28 – 80) mm, celkový priemer snímača (145 – 408) mm.

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na jednej kotve.

#### 2.3.3.2. Strunové deformetre

Strunové deformetre slúžia na zistenie sily pôsobiacej v systémoch, ktoré sú priamo súčasťou alebo dodatočne zosilňujú nosné konštrukcie. V prípade pažiacich podzemných konštrukcií je možné kontrolovať jednotlivé zaťažovacie stavy. V prípade objektov nadzemnej zástavby je možné pri konečnej demontáži pomocného statického systému kontrolovať veľkosť zaťaženia na jednotlivých nosných prvkoch objektu.

Vo vnútri strunového deformetra je vo voľnom priestore napnutá oceľová struna. Táto struna sa zvláštnym zariadením rozkmitáva vždy rovnakým impulzom. Meria sa kmitočet struny, ktorý sa mení práve v závislosti od jej napnutia. Napnutie struny závisí zase od stlačenia tela strunového deformetra v dôsledku pôsobiaceho tlaku.

Požadovaná citlivosť snímačov je (0,4 – 1,0)  $\mu\epsilon$ , presnosť merania  $\pm 0,5$  % meranej hodnoty.

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na všetkých meracích bodoch na sledovanom objekte.

#### **2.3.4. Meranie teploty**

Väčšina meraných veličín je závislá od teploty, preto je potrebné na vykonanie teplotných kompenzácií merať aj teplotu. Pokiaľ meracie zariadenie pre skôr uvedené metódy nedisponuje snímačom teploty a na dodržanie predpísanej presnosti je vplyv teploty potrebné zohľadniť, zhotoviteľ monitoringu je povinný teplotu pri každom meraní merať s dostatočnou presnosťou a pri vyhodnotení meraní vykonať potrebné korekcie. Merania sa vykonávajú dotykovými lebo bezdotykovými teplomermi.

Meria sa tiež teplota vybraných konštrukcií z liateho betónu, a to na vonkajšom a vnútornom líci, tiež sa meria aj vývoj hydratačného tepla počas tuhnutia betónu. Rozdiel teplôt pri vnútornom a vonkajšom líci konštrukcie a na jeho rozličných miestach sú spolu s hodnotami vyvíjaného hydratačného tepla významnými okolnosťami na dimenzovanie konštrukcie.

Meranie sa vykonáva súčasne s meraním vývoja napätosti a teplotné snímače sú spravidla súčasťou snímačov tlaku (deformetre, tenzometre).

#### **2.3.5. Meranie vodného režimu**

##### 2.3.5.1. Zmeny polohy hladiny podzemnej vody

Zisťujú sa ručnými hladinomerami alebo hladinomerami s automatickým záznamom.

Pred začatím stavebných prác sa musí vykonať východisková pasportizácia všetkých vodných zdrojov, ktoré môžu byť ovplyvnené stavebnou činnosťou. Ak je stavba situovaná v území bez známych existujúcich vodných zdrojov (studne, vrty), je nutné na zisťovanie objektívnych hydrologických údajov vybudovať pred začatím stavebnej činnosti pozorovacie objekty - hydrogeologické vrty.

Vlastné meranie je potrebné začať s dostatočným predstihom na zistenie prirodzeného režimu podzemnej vody, optimálne 1 rok pred začiatkom stavby. Meranie sa vykonáva počas celého obdobia výstavby v pravidelných intervaloch minimálne 1x za mesiac, pri

predpoklade priameho ovplyvnenia zdrojov v intervale 1x za 14 dní. Meranie sa je potrebné vykonávať aj po ukončení výstavby, optimálne 1 rok po dokončení diela.

Pre režimné sledovanie úrovne hladín podzemnej vody v závislosti od atmosferických zrážok ako aj od realizácie stavebných objektov a sanačných prvkov (zárezy, násypy, odvodňovacie vrty, drenážne ryhy, zárubné a oporné múry, kotviace prvky a pod.) je vhodné použiť zvislé piezometrické vrty. Tieto piezometrické vrty sa realizujú profilom  $\varnothing$  (108 - 156) mm, v ktorých sa osadia PVC alebo PE rúry  $\varnothing$  (50 - 90) mm. Pozorovací hydrovrt má na vyšetrovanej výške filtračnú časť s pieskovým obsypom, ostatná časť vrtu je utesnená. Meranie hladiny podzemnej vody v hydrovrte sa vzťahuje na úroveň povrchu terénu. Pri etapovom meraní sa z povrchu do vrtu spustí špeciálny merací kábel s centimetrovým delením (hladinomer), v okamihu ako sa sonda na špici kábla dotkne vody, spustí sa akustická signalizácia. Jemným vytiahnutím pásma (prerušením signálu) zistíme presnú úroveň podzemnej vody. Pokiaľ je meracie miesto vyššie ako miesto odčítania alebo tlak vody výškovo presahuje miesto odčítania, možno tlak merať manometrom. Pri automatizovanom meraní snímač zaznamená hodnotu vodného tlaku priamo na mieste merania pomocou membrány, z ktorej sa prostredníctvom elektrického signálu sprostredkuje meranie k zbernici dát, do ktorej sa hodnota uloží.

Elektronický hladinomer – merací rozsah do 200 m, rozlíšenie výšky hladiny vody 1 cm, presnosť merania teploty 0,3 °C. Tlakový snímač - rozsah merania až do 5 MPa, presnosť merania závisí od zvoleného rozsahu snímača.

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na všetkých sledovaných objektoch.

#### 2.3.5.2. Meranie prítokov vody

Vykonáva sa pomocou odmerných nádob priamo na zdroji prítokov.

V rámci monitoringu horninového prostredia zameraného na stabilitu zosuvných a zárezových svahov sú vhodné aj odvodňovacie vrty, v ktorých v rámci režimných meraní treba sledovať výtokovú výdatnosť zachytených podzemných vôd, spolu aj s poklesom ich úrovne v príľahlom okolí v zabudovaných piezometrických vrtoch.

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na všetkých meracích bodoch.

#### 2.3.5.3. Meranie pórových tlakov

Pórové tlaky vody sa merajú pomocou otvorených alebo uzatvorených piezometrov. Pre uzatvorené piezometre sa tiež používa názov merače pórového tlaku.

Základnými prvkami každého meradla pórového tlaku sú:

- vlastné telo meradla,
- porézny prvok,
- merací snímač,
- hadičky alebo káble spájajúce meradlo s povrchom terénu.

Poréznym prvkom vstupuje voda do vnútra meradla. Tam sa dostáva do styku s vlastným snímačom, ktorý sníma tlak vody.

Medzi najčastejšie používané merače pórového tlaku patria piezometre pneumatické, hydraulické, odporové, piezoelektrické a strunové.

Zo snímača je signál nesúci informáciu vyvedený buď káblom, ak ide o odporový snímač, alebo hadičkou, ak ide o pneumatický alebo hydraulický snímač, k odčítacej aparatúre.

Základný rozdiel medzi piezometrom, čiže meradlom pórového tlaku a otvoreným piezometrom je ten, že meradlo pórového tlaku je utesené v zemine tak, že meria pórový tlak na skúmanom mieste a nie voľnú hladinu vody vo vrte, ako je to pri otvorenom piezometri.

Správna činnosť piezometra osadeného do vrtu závisí od dobrého prepojenia meradla pórového tlaku s okolitou horninou či zeminou, prostredníctvom pieskového zásypu bezprostredného okolia porézneho prvku meradla pórového tlaku. Ďalším náročným úkonom je spoľahlivé utesenie vrtu nad meradlom.

Otvoreným systémom označujeme merania voľných hladín vody v otvorených rúrkach priemeru cca 2,0 cm, ktoré sú zakončené v mieste merania keramickými alebo umelohmotnými filtrami. Filtrová časť výšky max. 0,5 m sa vo vrte obsype kremičitým pieskom a zvyšná časť vrtu sa utesní. Meranie sa vykonáva elektronickým hladinomerom. Uzavretý systém predstavuje snímače, ktoré snímajú vodný tlak priamo na mieste merania pomocou membrány, z ktorej sa prostredníctvom elektrického signálu, hydraulicky alebo pneumaticky sprostredkuje meranie k odčítaciemu miestu. Pokiaľ je meracie miesto vyššie ako miesto odčítania, alebo piezometrický tlak výškovo presahuje miesto odčítania, možno tlak merať priamo manometrom.

Uzavreté piezometre sú najčastejšie vibračné alebo piezorezistívne tlakové snímače s rozsahom merania do (0,2; 0,5; 1; 2,5 a 5) MPa. Priemer filtra činí cca 20 mm. Hodnoty možno odčítavať prenosným zariadením alebo automatizovaným systémom, presnosť meradiel je  $\pm 1$  kPa.

Jedna etapa merania predstavuje jedno meranie na jednom piezometrickom vrte.

#### 2.3.5.4. Meranie chemického zloženia vody

Rozbory podzemnej vody sa vykonávajú minimálne v rozsahu základného fyzikálno-chemického rozboru. Analýzy sa robia minimálne raz za 6 mesiacov.

Jedna etapa merania predstavuje jednu analýzu na jednej odobratej vzorke.

#### **2.3.6. *Monitoring vplyvu výstavby na susediace objekty***

Bezpečnosť a stabilitu susediacich nadzemných aj podzemných objektov môže negatívne ovplyvniť postup stavebných prác realizovaný v ich okolí. Negatívnym ovplyvnením sa tu rozumejú také zmeny v napäťovo-deformačnom stave horninového masívu a z toho vyplývajúce deformácie takého rozsahu, že môžu spôsobiť neprijateľné porušenie susedného existujúceho objektu. Miera tohto ovplyvnenia závisí od konkrétnych podmienok danej stavby (projektová dokumentácia, resp. technické riešenie, lokálne geologické pomery a technológie výstavby).

Konkrétne ciele monitoringu susediacich stavieb resp. objektov sa určujú s prihliadnutím k vyššie uvedeným faktorom. Monitoring susediacich objektov musí obsahovať:

1. sledovanie vývoja deformačného správania vlastnej konštrukcie susedného objektu počas výstavby, najmä jeho staticky rozhodujúcich prvkov (napr. trigonometrické sledovanie stabilizovaných meracích bodov optickými totálnymi stanicami, príložnými deformetrami),
2. sledovanie vývoja deformačného správania sa horninového masívu v okolí konštrukcie susedného objektu počas výstavby,
3. sledovania zmien napätosti v okolitých stavebných konštrukciách (kotvy, rozpery, ťahadlá, stĺpy a pod.),
4. sledovanie zmeny vodného režimu (prítoky vody – množstvo, hladina podzemnej vody),

5. seizmické meranie účinkov prípadných trhacích prác pri výstavbe,
6. merania vibrácií vznikajúce pohybom stavebných mechanizmov,
7. merania hluku,
8. kontrolné fyzické prehliadky susedných podzemných objektov.

Merania sa vykonávajú na základe pasportizácie východiskového skutočného stavu existujúceho objektu dotknutého výstavbou.

Pasportizácia jestvujúcich objektov, ktoré môžu byť ovplyvnené výstavbou, sa vykonáva v dostatočnom predstihu pred začiatkom výstavby resp. pred priblížením výstavby k objektu na vzdialenosť, v ktorej nastáva deformačné ovplyvnenie objektu.

Podľa potreby resp. dôležitosti sa môže táto pasportizácia vykonať na úrovni súdnoznaleckej dokumentácie.

Monitoring susediacich objektov poskytuje účastníkom výstavby kontrolu skutočného správania sa susediaceho objektu a umožňuje porovnanie so správaním predpokladaným v realizačnej dokumentácii stavby, zároveň prispieva k eliminácii neoprávnených nárokov na prípadné odškodnenie.

Charakteristickými bodmi objektu sú meračské body na staticky významných nosných konštrukciách a ďalších staticky významných prvkoch objektu.

Merania sa vykonávajú na základe pasportizácie a (súdnoznaleckého) statického posúdenia východiskového skutočného stavu objektu, ktoré sú realizované v dostatočnom predstihu pred výstavbou. Pasportizácia predstavuje nielen zaevidovanie a klasifikácia trhlín v múroch príslušného objektu, ale aj celkové posúdenie jeho statického stavu vzhľadom na jeho konštrukciu a vek. Pasportizácia a (súdnoznalecké) statické posúdenie východiskového skutočného stavu objektu je podkladom pre rozhodnutie o cieľoch merania na objekte, typoch meradiel a ich umiestnení.

Konkrétne rozmiestenie meracích prvkov, početnosť a počty meraní stanovuje realizačná dokumentácia monitoringu v nadväznosti na realizačnú dokumentáciu stavby a prípadnú realizačnú dokumentáciu statického zabezpečenia objektov na povrchu terénu. Pri rozhodovaní o umiestnení meradiel spolupracuje statik (budovy) alebo príslušný správca objektov inžinierskych sietí. Hodnoty varovných stavov sú určené realizačnou dokumentáciou stavby a prípadne realizačnou dokumentáciou statického zabezpečenia objektov na povrchu terénu.

### **3. VYKONÁVANIE MONITORINGU**

#### **3.1 Všeobecné zásady**

Vykonávanie geotechnického monitoringu sa skladá z radu činností, ktoré po sebe nasledujú v logickom slede. Začínajú sa definíciou konkrétnych cieľov monitoringu a jednoznačných otázok, na ktoré má monitoring dať odpoveď. Končí sa informáciou o využití získaných poznatkov pre inžinierske rozhodnutia smerujúce k úspešnej a ekonomickej realizácii objektov líniových častí pozemných komunikácií. Predpoklad využitia výsledkov geotechnického monitoringu je stanovený pred návrhom meracej techniky a stratégie merania.

## **3.2. Projektovanie monitoringu**

### **3.2.1. Hlavné časti dokumentácie monitoringu**

Základné kroky pri projektovaní geotechnického monitoringu v poradí, v ktorom je nevyhnutné ich vykonávať sú:

- vytvorenie základnej hypotézy pretvárania systému horninový masív – stavebná konštrukcia,
- technicko-ekonomická analýza problému – analýza rizík,
- definícia základných otázok (návrh konkrétnych cieľov), kvôli ktorým sa monitoring vykonáva,
- návrh inštrumentácie a merania,
- návrh varovných stavov a kritérií pre ich prijímanie,
- návrh opatrení prijímaných v súvislosti s dosiahnutím jednotlivých varovných stavov.

### **3.2.2. Základná hypotéza mechanizmu pretvárania**

Základná hypotéza pretvárania je východiskom na vypracovanie projektovej dokumentácie monitoringu. V poradí, v ktorom sa vykonáva má nasledujúce časti:

- ❖ rozbor všetkých činiteľov, ktoré v daných podmienkach budú ovplyvňovať pretváranie a stabilitu horninového prostredia, vrátane vytipovania staničenia na trase, kde možno očakávať anomálnu reakciu horninového prostredia na výstavbu, fyzikálno-mechanické parametre hornín a zemín, hydrologický režim, budúce vplyvy predpokladanej technológie stavebných prác, vývoj všetkých týchto činiteľov v čase a pod.;
- ❖ analýza rozsahu horninového prostredia ovplyvneného stavebnými prácami, rozsah aktívnej oblasti, veľkosť tlakov na konštrukcie, zmeny napätosti, priebeh prípadných poklesových kotlín, veľkosť deformácií, aký bude mechanický proces pretvárania a jeho fyzikálne príčiny, kde dôjde ku koncentráciám napätia, ako sa bude vyvíjať vodný režim a pod.;
- ❖ prognóza veľkosti deformácií a ich rýchlosti pretvárania (v závislosti od času a postupu prác).

### **3.2.3. Technicko-ekonomický rozbor, analýza geotechnických rizík**

Technicko-ekonomický rozbor a analýza geotechnických rizík slúžia ako podklad na dimenzovanie rozsahu geotechnického monitoringu a na definovanie jeho konkrétnych cieľov. Poradie, v ktorom sa vykonáva, sa skladá z nasledujúcich krokov:

- ❖ analýza existujúcich nebezpečenstiev; definujú sa možné mimoriadne nežiaduce javy, ktoré treba sledovať (nestabilita svahov, tektonické porušenie podložja, hlboké zárezy, neočakávaná zmena geologických pomerov v stavebnej jame, neočakávané prejavy v režime podzemných vôd a pod.);
- ❖ stanovenie pravdepodobnosti s akou môžu prognózované nežiaduce javy nastať;
- ❖ posúdenie možnej veľkosti vzniknutých škôd v dôsledku realizácie nežiaducich javov a možnosti ich včasného obmedzovania výsledkami geotechnického monitoringu;
- ❖ návrh možností znižovania škôd technickými a technologickými opatreniami v realizačnej dokumentácii stavebných objektov;
- ❖ posúdenie vzťahov medzi nákladmi na vybudovanie a prevádzkovanie objektov geotechnického monitoringu s jeho ekonomickými prínosmi (znižovaním rizík), pričom

cieľom je taký variant, pri ktorom je pomer medzi ekonomickým prínosom monitoringu a nákladmi na vybudovania a prevádzku monitoringu čo najväčší;

- ❖ stanovenie cieľov monitoringu – otázky, na ktoré má monitoring odpovedať a konkrétne ciele monitoringu pre daný projekt;
- ❖ návrh opatrení, ktorých prostredníctvom sa udržiava deformačný vývoj systému horninový masív – stavebná konštrukcia v požadovaných medziach podľa dokumentácie;
- ❖ určenie spôsobov prijímania týchto opatrení.

### **3.2.4 Postupnosť krokov pri spracúvaní dokumentácie merania a jeho hodnotenie**

Dokumentácia vlastného merania a hodnotenie výsledkov monitoringu sa skladá z nasledujúcich krokov:

- ❖ rozhodnutie, aké veličiny sú pre vopred definované konkrétne ciele monitoringu najdôležitejšie,
- ❖ voľba typov meracieho zariadenia (do úvahy sa berie presnosť, spoľahlivosť a žiaduci rozsah meradiel, ich odolnosť na konkrétnych miestach osadenia, cena a pod.),
- ❖ plán rozmiestnenia meradiel,
- ❖ návrh početnosti (frekvencie - intervalov) merania na meradlách,
- ❖ stanovenie predpokladaného celkového počtu všetkých meraní na meradlách,
- ❖ plán a zásady zberu dát,
- ❖ rozhodnutie o spôsobe archivácie a uskladňovaní dát,
- ❖ rozhodnutí o technológii prenosu dát k užívateľom,
- ❖ stanovenie varovných stavov a kritérií na ich prijímanie,
- ❖ návrh technicko-bezpečnostných a technologických opatrení prijímaných v prípadoch dosiahnutia niektorého z varovných stavov,
- ❖ organizačné zabezpečenie monitoringu.

### **3.2.5 Výber typu meracieho zariadenia**

Použité meracie prístroje musia spĺňať nasledujúce požiadavky:

- ❖ spoľahlivosť merania (významne závisí od odolnosti prístrojov proti vonkajším vplyvom, ako sú klimatické podmienky, prašnosť, čas merania, použitá technológia stavebných prác a pod.);  
z hľadiska odolnosti a spoľahlivosti meradiel sa posudzujú možné vplyvy nasledujúcich činiteľov:
  - zmeny teplôt, mráz, účinky ľadu, vplyv slnečného ožiarenia;
  - účinky vlhkosti;
  - chemická korózia v dôsledku podzemnej vody, prísad do betónu a injektážnych zmesí, činnosť baktérií;
  - účinky prachu, špiny, blata;
  - prúdiaca voda;
  - možný vandalizmus;
  - ohrozenie prácami a postupom výstavby;
  - pôsobenie elektrolytov v dôsledku pôsobenia elektrolýzy, disimilačných materiálov a bludných elektrických prúdov;
  - dynamické a seizmické účinky stavebných prác.

- ❖ možnosť overovať za prevádzky správnu funkciu prístrojov (minimálne meranie kľúčových meradiel);
- ❖ prístupnosť prístrojov v priebehu prác, počas pokračovania stavby alebo v dôsledku rozvoja deformácií horninového prostredia;
- ❖ vhodný rozsah meraných hodnôt vzhľadom na očakávané deformačné správanie sledovaného systému (pozri hypotéza pretvárania):
  - najväčšia a najmenšia očakávaná meraná hodnota určuje rozsah meracieho zariadenia;
  - najmenšia očakávaná hodnota rozhoduje o citlivosti, resp. jemnosti odpočtu zariadenia (snaha o čo najväčšiu možnú presnosť merania bez ohľadu na očakávanú veľkosť odčítanej veličiny a jej vzťah k bezpečnosti sledovaného diela nie je žiaduca);
  - vysoká presnosť je oprávnená tam, kde veľmi malé zmeny meraných hodnôt môžu mať vážne dôsledky pre bezpečnosť sledovaného systému, alebo keď treba vo veľmi krátkom časovom rozpätí zisťovať trendy v správaní sledovaného systému;
- ❖ nároky na spoľahlivosť prístrojov sa zvyšujú s celkovou dĺžkou ich činnosti v systéme; čím sú merací prístroj a jeho konštrukcia jednoduchšie, tým býva prístroj spravidla odolnejší aj spoľahlivejší;
- ❖ požiadavky na prístrojovú techniku sa posudzujú oddelene podľa ich častí (mechanizmus prístroja, meracie snímače a komunikačný systém pre dopravu dát); na každý z nich môžu negatívne vplyvy pôsobiť odlišnou intenzitou;
- ❖ voľbu typu meracieho prístroja treba urobiť so znalosťou rozsahov, v akých sa budú merané veličiny pohybovať;
- ❖ veľkosť očakávaných zmien, najmä ich medzné hodnoty majú zásadný význam pre návrh varovných stavov;
- ❖ meranie tej istej veličiny je účelné kontrolovať dvoma nezávislými meracími systémami; táto kontrola sa vykonáva na vybraných miestach monitorovacieho systému;
- ❖ pri voľbe prístrojov sa berie do úvahy kvalifikácia budúcej obsluhy meradiel;
- ❖ pri posudzovaní ceny meracieho zariadenia sa berie do úvahy, že najlacnejší merací prvok nemusí vždy znamenať najnižšiu cenu celého meracieho systému;
- ❖ pri ekonomickom rozbere je nevyhnutné vziať do úvahy aj cenu za kalibráciu prístrojov, cenu za osadenie, za vlastné meranie aj zber dát a za udržiavanie, prípadne obnovovanie celého systému monitoringu.

### **3.2.6 Výber meracích miest**

Pri výbere meracieho miesta sa vychádza z hypotézy pretvárania a z prognóz miest s nebezpečenstvom iniciácie vzniku nežiaducich javov.

Umiestnenie meradiel je v realizačnej dokumentácii geotechnického monitoringu potrebné navrhnuť na najkritickejšie miesta a do reprezentatívnych profilov.

Výber meracích miest vychádza z nasledovných aspektov:

- zistenie najkritickejších miest; tými sú oslabené zóny v horninovom prostredí a najviac zaťažené miesta stavebnej konštrukcie; ide o oblasti s najväčšou možnou koncentráciou napätia, pravdepodobné polohy, odkiaľ sa môže rozvinúť nežiaduci jav, či o miesta, ktoré sú najzraniteľnejšie a s najmenej prijateľnými dôsledkami pretvárania horninového prostredia pre výstavbu;

- výber profilov, v ktorých možno očakávať reprezentatívne správanie celého horninového prostredia dotknutého výstavbou.

Úpravu počtu meracích miest je potrebné vykonávať v priebehu výstavby podľa získaných priebežných výsledkov merania a na základe vyhodnocovania poznatkov získavaných počas výstavby.

### **3.2.7 Návrh početnosti (frekvencie) merania**

Vo všeobecnosti sa početnosť meraní volí v závislosti od očakávanej rýchlosti, s akou sa budú meniť činitele ovplyvňujúce správanie sledovaného horninového masívu a od očakávanej rýchlosti zmien meraných hodnôt.

Príliš mnoho meraní zbytočne zaťažuje vyhodnocovanie, zvyšuje jeho neprehľadnosť a bráni v rýchlom oboznámení sa s výsledkami. Je tiež zdrojom zbytočných chýb a navyšuje náklady na geotechnický monitoring.

Nízka početnosť meraní môže byť naopak príčinou prehliadnutia dôležitých zmien v správaní sledovaného systému horninový masív – stavebná konštrukcia, neskorého zachytenia nástupu jeho možného progresívneho porušovania a oneskoreného prijatia technicko-bezpečnostných opatrení súvisiacich s varovným stavom.

Početnosť meraní sa odporúča v priebehu výstavby prispôbovať skutočnému deformačnému správaniu sledovaného systému a potrebe jeho vývoja v ďalšom období predvídať a túto predpoveď následne kontrolovať.

Bezprostredne po uvedení meracieho systému do chodu sa v pravidelných intervaloch vykonáva séria nultých meraní. V priebehu tohto obdobia sa overuje správna činnosť všetkých meradiel, ich ustálenie a získavajú sa poznatky o správaní sledovaného horninového masívu neovplyvnenom výstavbou. Skutočná početnosť meraní sa prispôbuje týmto požiadavkám. Ak nenastávajú zmeny činiteľov, ktoré ovplyvňujú priebeh pretvárania, početnosť nulových meraní sa zvyčajne časom primerane znižuje.

Pri začatí stavebných prác, zrýchlení postupu prác alebo v dôsledku zmien prírodných pomerov v mieste výstavby, sa frekvencia meraní primerane zvyšuje.

Pri meradlách osadzovaných priebežne s postupom stavebných prác je počiatočná početnosť meraní vyššia, po vyhodnotení trendov a ustáľovaní hodnôt možno vzhľadom na zachovanie výpovednej schopnosti a ekonomiky merania následné merania primerane zredukovať.

Ak sa horninový masív alebo systém horninový masív – stavebná konštrukcia začne správať anomálne, početnosť meraní je potrebné okamžite zvýšiť tak, aby bol deformačný vývoj pod kontrolou.

#### **• Monitorovanie pred výstavbou**

Do začiatku zemných prác parciálnych úsekov, ako aj výstavby jednotlivých stavebných objektov je žiadúce postupne zrealizovať monitorovacie vrty navrhnuté v realizačnej dokumentácii geomonitoringu, ako aj sieť monitorovacích geodetických bodov a zdokumentovanie vodných zdrojov, ktoré budú následne monitorované..

Vo všetkých existujúcich monitorovacích bodoch a vrtoch je potrebné vykonať pred výstavbou aspoň jedno kompletne meranie v priebehu 1 mesiaca. V nových vrtoch je nutné vykonať v predstihu aj ich „nulté“ základné meranie, zvyčajne do 1 mesiaca po ich zhotovení.

- **Monitorovanie počas výstavby**

Informatívne sa predpokladá vykonávať monitoring režimného pozorovania úrovne hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích vrtov v intervale 1x mesačne, stabilný monitoring v inklinometrických ako aj v kombinovaných vrtoch 4x ročne, monitoring sadania cestných násypov 1x za 2 mesiace a geodetický monitoring deformácií povrchu územia na osadených bodoch 2x ročne. Podľa potreby s ohľadom na postup stavebných prác jednotlivých stavebných objektov a parciálnych úsekov, sa môže počet niektorých monitorovacích objektov a interval ich frekvencie sledovania operatívne upraviť (zvýšiť či znížiť).

- **Monitorovanie počas prevádzky**

Po ukončení výstavby pozemnej komunikácie a jej sprevádzkovaní sa odporúča vykonávať monitorovacie práce po dobu 3 rokov:

- monitoring režimného sledovania úrovne hladiny podzemnej vody v pozorovacích vrtoch a výdatnosti odvodňovacích vrtov 2x ročne (s ohľadom na obdobie zvýšených atmosferických zrážok cca v marci a v novembri);
- monitoring stability zárezov, odrezov, zosuvných svahov, násypov (prípadne nadložia tunelových rúr hlavne v ich priortálových úsekoch) a na vybudovaných pozorovacích vrtoch 1x ročne (cca začiatkom jari);
- geodetický monitoring deformácií povrchu územia na vybudovaných pozorovacích geodetických bodoch 2x ročne (na jar a na jeseň).

### **3.2.8 Komplexnosť merania**

Pri rozhodovaní o komplexnosti merania sa berie do úvahy, že niektoré sledované veličiny umožňujú posúdiť príčiny a iné dôsledky zmien v správaní sledovaného systému. Ďalším dôvodom pre komplexnosť merania je, že na predmetnom mieste môže nastať rozvoj procesov, ktoré sú podmienené radom fyzikálnych príčin, z ktorých každú možno sledovať inými metódami a prístrojmi. Rozličné typy meraní lepšie umožnia overovať správnosť výsledkov, potvrdzovať a vysvetľovať anomálne správanie sledovaného systému.

Spolu so sledovaním zmien všetkých veličín určených v realizačnej dokumentácii monitoringu sa musia zaznamenávať všetky faktory, ktoré môžu ovplyvniť merané dáta. Ide najmä o:

- postup stavebných prác a v ich rámci priebeh zmien zaťažovania posudzovaných meracích profilov,
- všetky odchýlky od obvyklého priebehu sledovaných veličín,
- vznik a priebeh prejavov technologickej nedisciplinovanosti, prerušenie prác, zastavenie prác,
- kolísanie hladiny podzemnej vody,
- seizmické, dynamické účinky a akustické účinky stavebných prác,
- prirodzenú seizmicitu,
- dažďové zrážky,
- priebeh denných teplôt.

### **3.3. Budovanie systému monitoringu**

#### **3.3.1. Etapy budovania systému monitoringu**

Etapy budovania systému monitoringu na stavbe spočívajú v nasledujúcich činnostiach :

- zabezpečenie meradiel,
- overenie správnej funkcie meradiel pred osadením a prípadne ich kalibrácia,
- osadenie meradiel,
- uvedenie systému monitoringu do činnosti, nulté meranie,
- sprevádzkovanie kancelárie monitoringu a vytvorenie dátovej bázy monitoringu,
- vyhotovenie správy o vybudovaní systému monitoringu.

#### **3.3.2 Zabezpečenie meradiel**

Zabezpečenie meradiel zhotoviteľom sa uskutočňuje na základe jednoznačného stanovenia technických podmienok, aké musia meracie prístroje spĺňať (presnosť odčítania, rozsahy odčítania, dlhodobosť spoľahlivosti prístrojov, odolnosť proti špecifickým vplyvom prostredia, ako je vlhkosť, teplota, prašnosť, agresívna voda a pod.), ktoré sa musia formulovať v zadávacej dokumentácii.

#### **3.3.3 Overenie správnej funkcie meradiel – kalibrácia**

Správna činnosť meradla musí byť preukázaná bezprostredne po jeho osadení a potom v intervaloch podľa pokynov výrobcu meradla, a pokiaľ to technické podmienky dovoľujú, tak bez nevyhnutnosti meradlo demontovať a tým prerušovať meranie.

*Kalibrácia meradiel:* Celý merací systém sa musí podrobovať pravidelnej kalibrácii. Kalibrácia spočíva v tom, že sa prístroj zaťaží známym zaťažením (teplota, sila, deformácie) a za kontrolovaných vonkajších podmienok sa merajú zodpovedajúce hodnoty na prístroji.

Spravidla sa kalibrácia vykonáva už v okamihu dokončenia výroby prístroja, potom pred zabudovaním do systému monitoringu a nakoniec počas monitoringu podľa plánu kalibrácie.

#### **3.3.4 Osadenie meradiel**

Rad meradiel, najmä tých, ktoré sa osadzujú do vrtov, potrebuje na ustálenie svojej činnosti určitý čas, napríklad meradlá pórového tlaku, tlakové podušky a podobne. Jedná sa o niekoľko dní, v niektorých prípadoch aj viac. Počas doby nutnej na ustálenie hodnôt (pokiaľ sledovaný systém neovplyvňujú stavebné práce) sa musí merať niekoľkokrát, aby sa okamih ustálenia činnosti meradla jednoznačne preukázal.

Osadenie meracieho prístroja a jeho prvé odčítanie musí prebehnúť ešte pred ovplyvnením horninového prostredia či sledovaného systému stavebnými prácami. Len tak možno dokumentovať celý priebeh správania masívu počas výstavby. Oneskorené začatie merania prináša rad neistôt o správaní sledovaného systému či horninového masívu v čase jeho najväčších zmien a znemožňuje spoľahlivú interpretáciu získaných výsledkov merania.

#### **3.3.5 Uvedenie systému monitoringu do činnosti – nulté meranie**

Prvé merania objektívne neovplyvnené začatím výstavby sú definované ako tzv. nulté merania. Nulté merania sa zaznamenávajú do protokolov či databázy s označením nulté meranie. Ak nie je isté, že ide o nulté meranie a sledovaný systém už bol v okamihu prvých meraní ovplyvnený výstavbou, je nevyhnutné túto skutočnosť zdokumentovať a veľkosť tohto ovplyvnenia pre účely interpretácie výsledkov merania odhadnúť.

### **3.3.6 Sprevádzkovanie kancelárie monitoringu**

Kancelária monitoringu (pokiaľ bude zriadená) musí byť ako celok sprevádzkovaná ešte pred začiatkom prvých meraní na stavbe.

Návrh na zriadenie samostatnej kancelárie monitoringu pre stavbu pozemnej komunikácie závisí od rozsahu stavby, rozsahu a obsahu navrhovaného monitoringu a musí byť formulovaný v zadávacej dokumentácii monitoringu.

### **3.3.7 Správa o vybudovaní systému monitoringu**

Po vybudovaní celého systému monitoringu, osadení všetkých meracích bodov meracími prístrojmi a uskutočnení nultých meraní, zhotoviteľ geotechnického monitoringu vypracuje správu o vybudovaní monitorovacieho systému.

Zmyslom správy o vybudovaní monitorovacieho systému je všetkým užívateľom monitoringu (účastníkom výstavby) poskytnúť úplnú informáciu o tom, kde, ako a aké merania sa vykonávajú a kde, ako a ktoré prístroje sú zabudované.

Zo správy musí vyplývať, aká je presnosť meradiel, s akou spoľahlivosťou možno merania vykonávať a aká je citlivosť meradiel na prípadné vonkajšie vplyvy ako je teplota, vlhkosť a podobne. Je prvotným podkladom pre vyhodnocovanie meraní a interpretáciu výsledkov. Zvláštnu dôležitosť má pri vysvetľovaní príčin namerania anomálnych hodnôt a neočakávaných hodnôt zistených pri meraní.

V správe o vybudovaní systému monitoringu je nevyhnutné uviesť všetky okolnosti, ktoré pri osadzovaní jednotlivých meracích zariadení nastali, a ktoré môžu mať vplyv na kvalitu výsledkov dosahovaných meraním.

To je zvlášť dôležité pri prístrojoch, ktoré sú zabudované do stavebných konštrukcií alebo do horninového masívu, a ku ktorým po osadení nie je možný fyzický prístup.

O každom osadení meracieho prístroja sa vyhotovuje protokol o osadení meracieho bodu. Tieto protokoly sú prílohou správy o vyhodnotení systému monitoringu. V protokole o osadení bodu sa uvedú všetky údaje dôležité pre kvalitu merania a identifikáciu výsledku merania v danom meracom bode:

- geologický profil vrtu, do ktorého sa osádzajú meradlá,
- postup osadenia meradla,
- použité súčasti trvale osadených meradiel,
- vypaženie vrtu,
- priebeh injektáže,
- náčrt zhlavia vrtu a ochranných pažníc,
- hladina ustálenej podzemnej vody,
- polohové a výškové zameranie meradla.

Pri bodoch osadených na stavebnú konštrukciu je nevyhnutné uviesť statickú schému stavebnej konštrukcie a v nej umiestnenie meracích bodov.

Súčasťou každej správy o vybudovaní systému monitoringu je situácia staveniska alebo situácia sledovanej oblasti s vyznačením skutočnej polohy všetkých meracích miest a s rozlíšením jednotlivých druhov meraní. V situácii sa vyznačujú aj všetky stavebné objekty, pre ktoré sa meranie vykonáva. Situácia je doplnená dostatočným počtom geotechnických rezov. V nich sú tiež zakreslené miesta osadenia každého meradla, zhodnotenú sú miestne geologické pomery a poloha dotknutých objektov.

Súčasťou správy o vybudovaní systému monitoringu sú aj informácie o nultých meraniach a kalibračné záznamy jednotlivých meradiel.

Ak bude meranie vykonávať iný subjekt než ten, ktorý vybudoval monitorovací systém, je nevyhnutné uviesť aj dostatočne podrobné opisy prístrojov a návody na meranie.

Vypracovanie správy o vybudovaní monitorovacieho systému je nevyhnutným podkladom pre fyzické prevzatie monitorovacieho systému v teréne alebo na stavbe, následne môže tvoriť aj podklad pre fakturáciu prác geotechnického monitoringu.

## **3.4 Zber, uskladňovanie a spracúvanie nameraných dát**

### **3.4.1. Všeobecné zásady**

Namerané dáta geotechnického monitoringu pochádzajú z rozličných miest stavby a sú získané rozličnými metódami. Získané dáta závisia od času, sú ovplyvnené lokalizáciou meraného miesta, použitej technológií a pod.

Získané dáta by mali byť zhromažďované centrálné, aby sa mohli vyhodnocovať vo vzájomných súvislostiach. Dáta z monitorovacieho systému musí byť účastníkom výstavby k dispozícii pre rozhodovací proces bezprostredne po zmeraní. Dáta sa musia nielen spracovať a vyhodnotiť do požadovanej formy, ale musia sa aj rýchlo odovzdať ostatným kompetentným subjektom (ostatní účastníci výstavby).

Zber, spracovanie a vyhodnocovanie dát sa vykonáva podľa realizačnej dokumentácie monitoringu.

- zber dát sa môže realizovať ručne alebo samočinne diaľkovo,
- rozhodnutie o spôsobe zberu dát sa musí vykonať už v štádiu spracúvania dokumentácie monitoringu, pretože je odvodené od množstva dát, požiadaviek na rýchlosť ich spracovania a od počtu ich užívateľov.

### **3.4.2. Ručný zber dát**

Ručne získané dáta sa zaznamenávajú do vopred pripravených formulárov. Formuláre pre zber dát obsahujú predpis nielen pre vlastné merané dáta, ale aj pre všetky ostatné faktory, ktoré môžu výsledky meraní priestorovo i časovo ovplyvniť (napr. počasie, zrážky, teplota okolitého prostredia v okamihu merania, postup prác).

Každý záznam musí obsahovať miestne aj časové údaje. Ide o názov lokality, označenie meraného miesta, poradie merania, druh meradla, vrátane údajov o kalibrácii, presný okamihu merania a meno autora merania s podpisom.

### **3.4.3. Samočinný zber dát**

Samočinný zber dát možno vykonať dvoma spôsobmi:

1. snímač je vybavený zariadením, ktoré umožňuje tak samočinný odpočet dát v nastaviteľných časových úsekoch, ako aj ich uloženie do elektronickej pamäti priamo na mieste merania; v určitých časových úsekoch sa potom dáta prenesú na elektronický záznamník prenášaný technikom zabezpečujúcim meranie; dáta sa zo záznamníka potom v kancelárii prenesú do počítača;
2. snímače sú prepojené s meracou ústredňou (tzv. datalogger) a tá je spojená online (vysielačkou, v sieti GPRS a pod.) s ústredňou a počítačom, umiestnenými vo vyhodnocovacej kancelárii; počítač priebežne riadi odčítavanie, dopravu, roztriedenie aj spracovanie nameraných dát.

Samočinné systémy nenahrádzajú komplexné posúdenie inžinierskeho problému odborne spôsobilým geotechnikom.

### **3.4.4 Primárne dáta**

Primárne dáta sú dáta priamo získané meraním bez úprav na vyhodnocovanie. Primárne dáta získané meraním sú v databáze uložené oddelene od analýz, ktoré sa na nich vykonávajú. Musí sa zabezpečiť, aby sa primárne dáta nemohli upravovať, meniť alebo neodborným zásahom poškodiť/stratiť.

## **3.5. Archivácia nameraných dát a zabezpečenie ich prístupu užívateľom**

Podmienkou operatívneho riadenia geotechnického monitoringu a hodnotenia získaných dát je ich „online“ prístupnosť všetkým kompetentným zástupcom účastníkov výstavby.

Odporúča sa využitie špecializovaných počítačových databáz s napojením na internetovú sieť, v ktorých sú spoločne uložené nielen všetky druhy meraní ale aj všetky informácie o skutočnostiach, ktoré môžu výsledky meraní ovplyvniť. Počítačová databáza musí umožniť export uložených dát do ďalších podprogramov umožňujúcich operatívne spracovanie dát pre účely ich hodnotenia a interpretácie (časové rady v rozličných mierkach a formách, porovnávanie priebehov rozličných meraní atď.). K týmto dátam musia mať priebežný prístup všetci poverení účastníci výstavby.

## **3.6. Spracovanie a prezentácia dát**

### **3.6.1. Všeobecné zásady**

Dáta získané zo systému monitoringu je treba ukladať a vyhodnocovať tak, aby boli na prvý pohľad zrejmé všetky zmeny od posledného merania, a aby sa ihneď prejavili všetky nepravidelnosti v získaných výsledkoch.

Výsledky meraní sa spracúvajú a predkladajú tak, aby bolo možné posudzovať trendy vo vývoji správania horninového prostredia. To sa týka tak jeho celku, ako aj jeho dôležitých súčastí. Výsledné trendy v správaní systému horninových masív – stavebná konštrukcia sa potom porovnávajú s prijatou hypotézou pretvárania.

Dáta, ktoré sa raz uložili do dátového súboru, sa spracúvajú rozličnými spôsobmi. Ich voľba závisí od riešeného problému. Pri grafickom zobrazovaní výsledkov merania, najmä ich časových priebehov, sa podľa potreby volia rozličné mierky. To je zvlášť dôležité pri hľadaní trendov pre rozličné, najmä však dlhšie časové obdobia. Odporúča sa, aby internetové rozhranie na prezeranie výsledkov meraní umožňovalo voliť mierky zobrazení.

Získané dáta sa tiež usporadúvajú do rozličných druhov tabuliek, prehľadov, grafov a pod. Veľké množstvo dát, ktoré vyhovujú svojou homogenitou požiadavkám štatistického počtu, možno podrobovať metódam štatistických rozborov.

Pri hodnotení dát spracúvaných počítačom sa nesmie potlačiť úloha inžinierskeho úsudku.

Základné programové vybavenie na hodnotenie dát z monitoringu sa musí odladiť ešte pred začatím meraní.

### **3.6.2. Grafické znázorňovanie dát**

Najbežnejším spôsobom grafického znázornenia sú priebehy meraných hodnôt v závislosti od času a/alebo v závislosti od postupu stavebných prác. Využívajú sa na extrapoláciu ďalšieho priebehu zmien meraných veličín v budúcom období.

Jednoduchý časový priebeh absolútnych hodnôt meraných veličín sa v prípade potreby dopĺňa aj o časový priebeh rýchlostí a časový priebeh zrýchlenia zmien meraných veličín.

Zmyslom je nájsť dôležité zmeny v správaní horninového prostredia, posudzovať, či vývoj smeruje k upokojeniu alebo naopak, či pokračuje v progresívnom porušovaní.

Pre rozbor časových priebehov je užitočné voliť rozličné mierky. Vhodná mierka uľahčí okrem iného rozlíšiť skutočné zmeny v správaní horninového masívu ako celku od časovo obmedzených zmien spôsobených prevažne miestnym rozdelením napätosti, spojených s progresívnym porušovaním.

Ďalším druhom rozboru výsledkov merania je vzájomné porovnávanie vývoja sledovaných veličín s vývojom všetkých možných činiteľov, ktoré môžu sledované hodnoty ovplyvňovať. Také porovnanie odhalí vzťah medzi príčinami a následkami a poskytne podklady k odôvodnenému stanoveniu podkladov pre voľbu varovných stavov.

Najsúhrnnejším spôsobom grafického spracovania dát je plošné alebo dokonca priestorové spracovanie do formy izočiari rovnakých hodnôt sledovaných veličín, kde je rozdelenie povrchu terénu do oblastí, ktoré vykazujú rovnaké hodnoty sledovaných veličín (napríklad izočiary rovnakých poklesov povrchu terénu).

### 3.7. Súčinnosť účastníkov výstavby pri vykonávaní monitoringu

Geotechnický monitoring je činnosť úzko spätá s činnosťou stavby a jeho výstupy ju významne ovplyvňujú. Účastníci výstavby musia preto pri vykonávaní monitoringu a pri rozhodovacom procese, ktorý naň nadväzuje, úzko spolupracovať.

Hlavní účastníci výstavby, ktorých spolupráca a súčinnosť musí byť pri vykonávaní monitoringu, sú:

- zhotoviteľ geotechnického monitoringu,
- zhotoviteľ stavby,
- zhotoviteľ realizačnej dokumentácie stavby,
- zhotoviteľ projektovej dokumentácie DSP v pozícii autorského dozoru projektanta,
- zhotoviteľ geotechnického prieskumu resp. podrobnej etapy inžinierskogeologického prieskumu,
- obstarávateľ stavby - investor, zadávateľ monitoringu.

K spolupráci dochádza pri prerokúvaní výsledkov monitoringu a súvisiacom rozhodovacom procese na rokovaníach *Rady monitoringu* (RAMO) resp. *Kontrolných dňoch monitoringu* (KDM).

Zhotoviteľ realizačnej dokumentácie stavby navrhuje kritériá varovných stavov a spolupodieľa sa na návrhu opatrení súvisiacich so vznikom varovného stavu.

*Súčinnosť zhotoviteľa stavby a investora so zhotoviteľom monitoringu:*

V realizačnej dokumentácii monitoringu musia byť podrobne uvedené požiadavky na súčinnosť zhotoviteľa stavby so zhotoviteľom geotechnického monitoringu a požiadavky na podporu zo strany investora.

Požiadavky na zhotoviteľa stavby musia byť rámcovo uvedené v zadávacej dokumentácii na výber zhotoviteľa stavby musia byť zahrnuté do zmluvných podmienok.

Realizačná dokumentácia stavby aj realizačná dokumentácia monitoringu musia byť vo všetkých aspektoch, týkajúcich sa vykonávania monitoringu, navzájom späté.

Požiadavky zhotoviteľa monitoringu na zhotoviteľa stavby možno rozdeliť do 4 skupín:

- poskytnutie technického a kancelárskeho zázemia na stavbe,

- zahrnutie prác geotechnického monitoringu počas výstavby do harmonogramu postupu stavených prác (prerušenie prác pri meraní),
- súčinnosť pri budovaní systému monitoringu (osadzovanie meracích bodov, vrtné práce a pod.),
- poskytovanie údajov o postupe výstavby, zmenách technológií a pod.

Investor (zadávatel' stavby a zadávatel' monitoringu) dbá na to, aby požiadavky na súčinnosť zhotoviteľa stavby a zhotoviteľa monitoringu sa rešpektovali a na rešpektovanie týchto požiadaviek boli vytvorené finančné predpoklady.

*Poskytovanie údajov o postupe výstavby – súčinnosť so stavebným dozorom investora:*

Kancelária monitoringu musí mať od stavebného dozoru investora pre objektívne hodnotenie výsledkov meraní všetky informácie o priebehu výstavby, o postupe prác a o všetkých javoch, ktoré môžu mať vplyv na výsledky merania (prejavy technologickej nedisciplinovanosti zhotoviteľa výstavby, prestávky a znovu začatie prác, začiatky a ukončenia pracovných cyklov, zmeny v technológii, injektážne tlaky, geologické anomálie prekryté základovou špárrou atď.).

Spôsob zabezpečenia týchto informácií vrátane zodpovednosti za ich zabezpečenie musí byť popísaný v realizačnej dokumentácii monitoringu a premietnutý do zmluvných vzťahov.

## **4. HODNOTENIE MONITORINGU**

### **4.1. Činnosti súvisiace s hodnotením monitoringu**

Cieľom hodnotenia výsledkov monitoringu je:

- overenie a spresnenie geotechnického i geomechanického modelu geologického prostredia, v ktorom sa stavba realizuje,
- optimálna korekcia technológie výstavby, vrátane formulácie prognózy predpokladaných skutočných geologických a geotechnických podmienok horninového prostredia,
- kontrola účinnosti prijatých opatrení,
- optimalizácia požiadaviek na ekonomiku a bezpečnosť výstavby,
- bezpečnosť výstavby,
- kontrola vplyvu výstavby na práva tretích strán,
- preukázanie kvality vyhotovovaného diela.

Hodnotenie monitoringu sa musí vykonávať komplexne, za účasti všetkých kompetentných účastníkov výstavby a nepretržite spolu s postupom výstavby.

### **4.2. Kancelária monitoringu**

#### **4.2.1. Funkcia kancelárie monitoringu**

Realizáciu monitoringu v priebehu výstavby riadi tzv. kancelária monitoringu. Návrh na zriadenie samostatnej kancelárie monitoringu sa musí formulovať v zadávacej dokumentácii monitoringu, a to na základe navrhovaného obsahu a rozsahu monitoringu v závislosti od technickej náročnosti stavby a predpokladaných geotechnických charakteristík horninového prostredia. Pod pojmom kancelária monitoringu sa rozumejú všetky personálne

a technické prostriedky zhotoviteľa monitoringu nevyhnutné na riadenie monitorovacích prác a vyhodnocovanie ich výsledkov.

Kancelária monitoringu organizuje zároveň zber dát, ich archiváciu v databázach, spracúva ich, hodnotí a využíva na prezentáciu výsledkov monitoringu, ako aj distribúciu údajov ich užívateľom - účastníkom výstavby.

Kancelária monitoringu je súčasťou systému správy resp. vedenia stavby a systému riadenia rizík. Riadenie kancelárie monitoringu a jej činnosť je organizované v súlade so zmluvným vzťahom zhotoviteľa monitoringu a v súlade s právnym poriadkom SR. Štruktúra kancelárie monitoringu, jej organizačné usporiadanie, personálne zloženie, zodpovednosti jednotlivých pracovníkov kancelárie, technické i softvérové vybavenie a jej činnosť musia byť podrobne uvedené v realizačnej dokumentácii monitoringu.

Kancelária monitoringu musí byť vybavená centrálnym archivačným počítačom na uskladňovanie dát a umožňovať online prístup k dátam kompetentným zástupcom účastníkov výstavby.

Medzi základné úlohy kancelárie monitoringu patrí:

- koordinácia jednotlivých spracovateľov a prípadných subdodávateľov monitoringu tak, aby sa merania vykonávali v súlade so schváleným plánom meraní podľa realizačnej dokumentácie monitoringu a v súlade s potrebami výstavby, ako aj platnou legislatívou a technickými predpismi,
- archivovanie primárnych dát a výstupov z databázy a vedenie tejto databázy,
- pravidelná príprava podkladov pre mesačné (alebo v prípade potreby častejšie) hodnotenie výsledkov meraní monitoringu,
- priebežné vyhodnocovanie výsledkov meraní vzhľadom na ich vzťah ku kritériám varovných stavov,
- zabezpečovanie toku informácií o výsledkoch meraní, prípadne o dosiahnutí varovného stavu všetkým zodpovedným osobám účastníkov výstavby.

Kancelária monitoringu na základe doterajších výsledkov merania a sledovania výstavby analyzuje riziká vzniku prípadných mimoriadnych udalostí a stanovuje ich pravdepodobné príčiny.

Ak sa pri meraní zaznamenajú hodnoty približujúce sa kritériám varovných stavov alebo tieto kritériá prekračujú, kancelária monitoringu posudzuje vzniknutú situáciu a v súčinnosti s hlavným geotechnikom navrhuje vyhlásenie príslušného varovného stavu.

#### **4.2.2. Zapojenie kancelárie monitoringu do systému riadenia výstavby**

Výsledky monitoringu sú dôležitým nástrojom riadenia postupu výstavby, odporúča sa ich prerokúvanie spravidla raz za mesiac na spoločnom rokovaní zodpovedných zástupcov všetkých dotknutých účastníkov výstavby. Odporúča sa tieto rokovania označiť termínom „Rada monitoringu“ (RAMO) alebo „Kontrolný deň monitoringu (KDM).“

Úlohou RAMO/KDM je, aby sa s výsledkami meraní, s ich hodnotením i súvislosťami preukázateľne oboznámili všetci účastníci výstavby. Zodpovednosti a kompetencie za prijaté rozhodnutia sa riadia zmluvnými vzťahmi jednotlivých účastníkov výstavby.

Kancelária monitoringu pripravuje na rokovanie RAMO/KDM štandardné výstupy a hodnotenie meraní. Na požiadanie ktoréhokoľvek oprávneného účastníka výstavby môže pripraviť z meraní zvláštne rozbor, prispôbené špecifickému problému, ktorý je predmetom spoločného prerokovania výsledkov monitoringu.

#### **4.2.3. Hlavná pozícia kancelárie monitoringu**

Stanovenie štruktúry a kompetencií kľúčových pracovníkov kancelárie monitoringu sú nevyhnutné pre jasnú definíciu vzťahov medzi kanceláriou monitoringu a ostatnými účastníkmi výstavby. Preto kompetencie jednotlivých pozícií v kancelárii monitoringu musia byť uvedené v realizačnej dokumentácii monitoringu a späté so štruktúrou riadenia celej výstavby.

Hlavné pozície v štruktúre kancelárie monitoringu sú:

- a) vedúci kancelárie monitoringu,
- b) zodpovedný geotechnik,
- c) zodpovedný geológ,
- d) zodpovedný geodet,
- e) ostatní špecialisti.

Ostatní špecialisti sa dopĺňajú podľa konkrétneho obsahu monitoringu (hydrogeológ, statik, správca databázového systému, zodpovední pracovníci za jednotlivé druhy meraní a pod.).

Vedúci kancelárie monitoringu je zodpovedným predstaviteľom zhotoviteľa monitoringu, ktorý riadi komplexnú činnosť kancelárie monitoringu.

Zodpovedný geotechnik odborne hodnotí výsledky meraní s kritériami varovných stavov, podáva návrhy na vyhlásenie varovných stavov, úpravy početnosti meraní, vypracúva komplexné geotechnické hodnotenie spolupôsobenia stavby s horninovým masívom a návrhy na ďalší postup monitorovania.

Zodpovedný geológ zodpovedá za inžinierskogeologické, hydrogeologické a geotechnické sledovanie priebehu výstavby, za spracovanie súvisiacich výstupov v podobe vstupov do databázy monitoringu. Vykonáva komplexné inžinierskogeologické, geotechnické a hydrogeologické sledovanie horninového masívu a jeho porovnanie s predpokladmi prieskumu a so skutočnosťami uvedenými v zadávacích podmienkach, vykonáva inžinierskogeologické prognózy pre ďalšie úseky výstavby.

Zodpovedný geodet zodpovedá za správnosť vykonania a hodnotenia všetkých geodetických meraní a za spracovanie výsledkov všetkých meraní.

#### **4.2.4. Súčinnosť kancelárie monitoringu so stavebným dozorom investora**

Kancelária monitoringu **nenahrádza** činnosť stavebného dozoru investora.

Kancelária monitoringu štandardne nevykonáva sledovanie a dozor prebiehajúcich stavebných prác, neodsúhlasuje výkazy vykonaných prác, nekontroluje kvalitu stavebných prác atď. Tieto činnosti patria do výlučnej právomoci stavebného dozoru investora resp. inej nezávislej odborne spôsobilej osobe poverenej obstarávateľom na výkon stavebného dozoru, prípadne autorského dozoru projektanta.

Kancelárii monitoringu bude zhotoviteľ stavby a stavebný dozor poskytovať všetky relevantné informácie o postupe stavebných prác a zistených skutočnostiach na hodnotenie výsledkov meraní, ktoré môžu mať vplyv na výsledky meraní.

Ide predovšetkým o:

- prejavy technologickej nedisciplinovanosti zhotoviteľa stavby, prerušenie výstavby, začiatky a ukončenie pracovných cyklov, a pod.;
- zmeny v technológii výstavby, najmä všetky zmeny v technológii a rýchlosti postupu výstavby, injektážne tlaky, počty kotiev, atď.;
- geologické anomálie prekryté základovou škárou.

Spôsob zabezpečenia týchto informácií vrátane zodpovednosti za ich zabezpečenie sa musí uviesť v realizačnej dokumentácii monitoringu a prerokovaný so zhotoviteľom stavby a s investorom a musí sa zakotviť do zmluvných vzťahov.

## 4.3 Varovné stavy

### 4.3.1. Základné princípy

Všeobecne sa varovný stav v správaní sledovaného systému definuje ako taká kvalitatívna zmena v jeho správaní, ktorá znamená zásadnú zmenu v úrovni podstupovaného rizika.

Pri výstavbe pozemných komunikácií sa sledovaným systémom rozumie interakcia horninový masív – stavebná konštrukcia.

Dosiahnutie určitého varovného stavu je podnetom na prijatie určitých technicko-organizačných opatrení. Tieto opatrenia sú nástrojom na udržanie správania sledovaného systému v prijateľných medziach a na odvrátenie následkov vzniku nežiaducich javov počas výstavby.

Tieto opatrenia spočívajú v:

- úprave vykonávania vlastného monitoringu (organizačne – zvýšenie/zníženie frekvencie merania, technicky – rozšírenie monitoringu o meračské body atď.),
- úprave realizačnej dokumentácie stavebného objektu,
- úprave technológie výstavby (sanačné opatrenia, bezpečnosť, riadenie rizík).

V súvislosti s varovnými stavmi sú definované nasledujúce pojmy:

- stupeň varovného stavu,
- kritérium varovného stavu.

*Stupeň varovného stavu* je určitý stav v správaní horninového masívu a/alebo stavebnej konštrukcie, ktorý má vzťah k stanovenému cieľu monitoringu a je spojený s určitým opatrením. Čím vyšší je stupeň varovného stavu, tým väčšie je podstupované riziko, t.j. horninový masív či sledovaná stavebná konštrukcia má bližšie k strate stability.

*Kritériá varovného stavu* sú exaktne alebo empiricky vopred stanovené hodnoty sledovaných veličín, súvisiacich s príslušným stupňom varovného stavu a mierou podstupovaného rizika (napr. dosiahnutá veľkosť pretvorenia, rýchlosť pretvorenia a pod.). Vopred stanovenými hodnotami sledovaných veličín sa rozumejú hodnoty stanovené pred začatím výstavby projektantom realizačnej dokumentácie v súčinnosti s hlavným geotechnikom zhotoviteľa monitoringu (ak je známy).

Konkrétne hodnoty kritérií varovných stavov sa stanovujú s ohľadom na napätovodeformačnú odozvu horninového masívu a ovplyvnených stavebných konštrukcií vyvolanú výstavbou. Toto posudzovanie sa vždy vykonáva vo vzťahu k existujúcemu geotechnickému riziku.

V priebehu výstavby sa môžu hodnoty kritérií varovných stavov upresňovať na základe skutočného správania horninového masívu a stavebných konštrukcií. Toto upresňovanie je v kompetencii RAMO.

### 4.3.2. Stupne varovných stavov

Pre dokumentáciu stavby sa stanovujú stupne varovných stavov podľa ich naliehavosti. Pod pojmom naliehavosť sa rozumie miera podstupovaného geotechnického rizika.

Posledný stupeň varovného stavu znamená postupovať podľa havarijného plánu pod vedením vedúceho likvidácie havárie v súlade s platnou legislatívou.

V priebehu výstavby sa definície jednotlivých stupňov varovných stavov upresňujú na základe nových poznatkov priebežne získavaných monitoringom. Spolu so spresňovaním stupňov varovných stavov sa upresňujú aj kritériá na ich prijatie. Vychádza sa pritom z napätovodeformačnej odozvy horninového masívu a ovplyvnených stavebných konštrukcií na výstavbu a z hodnotenia vývoja rizík a spolupôsobenia horninového masívu a stavebnej konštrukcie.

Podobne sa odporúča vhodne upravovať aj príslušné technicko-bezpečnostné opatrenia. Na začiatku výstavby sa kritériá definujúce jednotlivé stupne varovných stavov volia opatrne a s dostatočnou bezpečnosťou. S rastom poznatkov o vzájomnom vplyve stavby na horninový masív je následne možné upresňovať a stanovovať výstižnejšie definície.

### **4.3.3. Kritériá varovných stavov**

Kritériá pre varovné stavy sa počas výstavby upresňujú na základe získavaných poznatkov o správaní horninového masívu a sledovanej stavebnej konštrukcie v daných geologických podmienkach. V nadväznosti na komplexné hodnotenie výsledkov meraní monitoringu a na aktuálne varovné stavy sa následne prijímajú opatrenia týkajúce sa:

- merania a vyhodnocovania monitoringu (početnosť meraní, úpravy v typoch a rozsahu meraní, rýchlosť a spôsob vyhodnocovania výsledkov),
- pohotovostného režimu (smeru a rýchlosti informácií a rozhodovacieho procesu v rámci riadenia výstavby a rizík),
- úprav technológie výstavby,
- bezpečnosti práce a jej organizácie.

Odporúča sa stanoviť 5 úrovní stupňov varovných stavov:

- stav vysokej miery bezpečnosti,
- stav prípustných zmien,
- stav medznej prijateľnosti,
- kritický stav,
- havarijný stav.

Konkrétne kritériá varovných stavov sa odvíjajú od určitej hodnoty sledovanej veličiny. Tá je spravidla stanovená statickým výpočtom vykonaným v rámci realizačnej dokumentácii objektu (medzná hodnota „A“). Hodnota „A“ je hodnota zodpovedajúca očakávanému správaniu sledovaného systému (napr. očakávané sadanie a náklon určitého objektu).

Ak hodnotu „A“ nemožno jednoznačne určiť výpočtom, (alebo neskôr v priebehu výstavby a v priebehu meraní spätnými výpočtami), stanovuje sa odborným odhadom.

### **4.3.4. Stav vysokej miery bezpečnosti**

Merané hodnoty sú ustálené a sú podstatne nižšie ako 60 % hodnoty sledovanej veličiny „A“ predpokladanej výpočtom pre danú fázu výstavby. Podstupované riziká sú zanedbateľné. Základná charakteristika prijímaných opatrení je:

1. postup merania a sledovania prebieha podľa realizačnej dokumentácie monitoringu, prípadne sa obmedzuje počet niektorých druhov meraní;
2. pri výstavbe sa môžu prijať opatrenia smerujúce k úspore nákladov, napríklad zrýchlenie výstavby, obmedzenie rozsahu sanačných opatrení a pod; zároveň treba zabezpečiť overenie dôsledkov prijatia týchto opatrení na správanie stavebnej konštrukcie

a horninový masív; pri vysokej miere bezpečnosti je cieľom monitoringu zníženie nákladov, zvýšenie rýchlosti výstavby, optimalizácia úsporných opatrení pri výstavbe pri zachovaní technicko-kvalitatívnych podmienok.

#### **4.3.5. Stav prípustných zmien**

Hodnoty meraných veličín sa rýchle ustália a neprekročia hodnotu „A“ sledovanej veličiny predpokladanej pre danú fázu výstavby. Predpokladom dokumentácie zodpovedajú aj geologické pomery. Podstupované riziká sú ešte bezpečne prijateľné.

Kritériom pre vyhlásenie tohto stavu je dosiahnutie približne 60 % hodnoty „A“.

Základná charakteristika prijímaných opatrení:

1. postup merania a sledovania prebieha podľa realizačnej dokumentácie monitoringu,
2. výstavba postupuje podľa schválenej realizačnej dokumentácie.

#### **4.3.6. Stav medznej prijateľnosti**

Stav medznej prijateľnosti je stav mierne za hranicou hodnôt sledovaných veličín očakávaných projektom či výpočtom. Nie je však ohrozená stabilita sledovaného systému, či dosiahnutý jeho prvý medzný stav. Pod pojmom prvý medzný stav sa rozumie medzný stav únosnosti podľa STN EN 1997-1 (ďalej len Eurokód 7 – plné znenie sa uvádza v cit. normách).

Sledované veličiny, hoci nie sú úplne ustálené, zreteľne smerujú k ustálenému stavu bez prekročenia cca 125 % hodnoty sledovanej veličiny predpokladanej pre danú fázu výstavby výpočtom. Podstupované riziká sú už na hranici prijateľnosti.

Základná charakteristika prijímaných opatrení:

1. pri vykonávaní monitoringu: zvýšenie početnosti meraní, prípadne vykonať ďalšie analytické vyhodnotenie vybraných už nameraných dát, spätné výpočty a pod.;  
zvyšujú sa nároky na rýchlosť spracovania a odovzdávania spracovaných dát; podľa okolností sa môže zaviesť pohotovostný režim; podľa uváženia sa do systému merania a sledovania zapájajú nové druhy meraní, ktoré pre danú situáciu predpokladá realizačná dokumentácia monitoringu;
2. pri výstavbe: vychádza sa z realizačnej dokumentácie stavebného objektu; je nevyhnutné v menšom rozsahu počítat' aj s prácami navyše; prijímajú sa opatrenia, aby sa správanie sledovaného systému vrátilo do stavu prípustných zmien; cieľom monitoringu je vykonávať opatrenia na zabránenie dosiahnutia kritického stavu.

#### **4.3.7. Kritický stav**

Kritický varovný stav zodpovedá neprijateľnej úrovni rizík.

Vývoj a správanie systému „horninový masív“ – stavebná konštrukcia by bez prijatia mimoriadnych opatrení v technológii výstavby, prípadne bez úpravy realizačnej dokumentácie predstavovala vysoké nebezpečenstvo vzniku nežiaducich javov a v krajnom prípade mimoriadnych udalostí (v zmysle bezpečnostných predpisov).

Pre kritický stav je charakteristické, že hodnoty sledovaných veličín prekračujú 125 % hodnoty „A“ sledovanej veličiny pre danú fázu výstavby. Sledované hodnoty však nemajú sklon k ustáleniu a ich rast pokračuje stále rovnakou aj keď hoci malou rýchlosťou.

Základná charakteristika prijímaných opatrení:

1. pri vykonávaní monitoringu: zvýšenie početnosti meraní, prípadne zaradenie nových druhov meraní, ktoré si vyžaduje situácia; podľa okolností možno zaviesť aj merania, ktorá sa v realizačnej dokumentácii monitoringu pôvodne nepredpokladali; početnosť meraní sa upravuje podľa potreby, spravidla je frekvencia minimálne denná.
2. pri vykonávaní stavebných prác: zmeny v technológii výstavby, úpravy realizačnej dokumentácie; v rámci technológie výstavby sa môže pristúpiť aj k opatreniam, o ktorých sa v spracovanej realizačnej dokumentácii pre daný objekt neuvažovalo alebo k opatreniam, ktoré majú charakter prác navyše.

#### **4.3.8. Havarijný stav**

Havarijný stav je stav, pri ktorom sledované veličiny začali progresívne rásť. Výrazným spôsobom prekonal 125 % hodnoty "A" sledovanej veličiny v danej fáze výstavby a hodnoty druhého medzného stavu podľa Eurokódu 7 pre predmetnú stavebnú konštrukciu.

Systému „horninové prostredie“ – stavebná konštrukcia hrozí strata celkovej stability. Podstupované riziká dosiahli úplne neprípustnú úroveň. Stavbe hrozí mimoriadna situácia a postupuje sa preto podľa schváleného havarijného plánu zhotoviteľa v súlade s platnými bezpečnostnými predpismi.

Všetky kompetencie týkajúce sa opatrení na stavbe, ako aj pri meraniach monitoringu pri havarijnom stave preberá zhotoviteľ stavby v súlade s bezpečnostnými predpismi.

Cieľom opatrení je predovšetkým ochrana životov a zdravia pracovníkov, ďalej minimalizácia škôd na hmotnom majetku a vytvorenie predpokladov na následné úspešné zvládnutie následkov mimoriadnej udalosti.

#### **4.3.9. Niektoré zásady hodnotenia varovných stavov**

Posudzovanie, či sa dosiahol, alebo nedosiahol varovný stav, treba vykonávať komplexne a s ohľadom najmä na:

- absolútne hodnoty sledovanej veličiny,
- rýchlosť rastu/ustalovanie hodnôt sledovanej veličiny,
- zrýchlenie/spomalenie s akým sa menia hodnoty sledovanej veličiny,
- mieru zhody teoretickej a skutočnej hodnoty sledovanej veličiny.

Prihliadať treba aj na hodnotenie celkových trendov vo vývoji sledovaných veličín a na komplexné posúdenie správania všetkých sledovaných bodov a veličín, nielen jedného jediného. Vždy treba znovu posúdiť platnosť prijatej hypotézy pretvárania sledovaného systému aj technicko-ekonomickej analýzy následkov vyhlásenia varovného stavu a existujúcich rizík. V odôvodnenom prípade sa kritériá varovných stavov prehodnocujú, čo prináleží do kompetencií RAMO, pričom podklad tvorí:

- analýza výsledkov monitoringu a návrhy opatrení pri vykonávaní monitoringu. (zabezpečuje ich zhotoviteľ monitoringu);
- analýza priebehu výstavby z hľadiska technológie a realizačnej dokumentácie, ako aj návrhy opatrení pri vlastnej výstavbe (zabezpečuje ich zhotoviteľ stavby).

Podmienkou správneho hodnotenia kritérií varovných stavov je, že sa musia hodnotiť **celkové** trendy v správaní horninového masívu a sledovanej stavebnej konštrukcie.

## 4.4. Hodnotenie výsledkov monitoringu

Hodnotenie výsledkov monitoringu sa všeobecne vykonáva podľa zásad uvedených v Eurokóde 7:

- Výsledky získané z monitoringu sa musia vždy vyhodnocovať a vysvetľovať. Vyhodnotenie sa musí urobiť kvantitatívnym spôsobom. Hodnotenie monitoringu musí byť založené na meraní posunov, napätí a rozboru, ktorý zohľadňuje sled stavebných operácií, teda predovšetkým postup výstavby a všetkých faktorov, ktoré ich sprevádzajú.

Spôsob spracovania, archivácie a hodnotenia dát z meraní musí spĺňať požiadavku, že získané dáta sú určené na využitie pri rozhodovacom procese výstavby, t.j., že sa musia spracovať a vyhodnotiť bez zbytočného odkladu a priebežne, a preto musia byť kedykoľvek prístupné všetkým kompetentným účastníkom výstavby v centrálnej databáze monitorovacieho systému. Preto sa odporúča, aby databáza a výsledky monitoringu boli prístupné online.

Hodnotenie výsledkov monitoringu musí obsahovať:

- ocenenie neistôt pri meraní (t.j. meračské chyby);
- analýzu a vylučovanie chýb vzniknutých pri meraniach;
- priestorový a časový priebeh meraných hodnôt;
- vzájomné porovnanie priestorových a časových priebehov rozličných sledovaných veličín (sumačné čiary deformácií, čiary rýchlostí deformácií v čase, prípadne aj čiary zrýchlenia deformácií v čase, vektor priestorovej zmeny polohy meračského bodu v čase, rezy priebehu deformácií v čase v rozličných meračských bodoch);
- interpretáciu výsledkov meraní; pod pojmom interpretácia sa rozumie zhodnotenie výsledkov meraní vo vzťahu ku kritériám varovných stavov, porovnanie výsledkov meraní s predpokladmi uvedenými v realizačnej dokumentácii;
- formuláciu inžinierskych odporúčaní (na realizáciu monitoringu a na realizáciu výstavby).

Hodnotenie výsledkov monitoringu je v kompetencii RAMO.

## 4.5. Prijímané opatrenia

Prijatie varovného stavu určitej úrovne je podnetom na prijatie zodpovedajúcich, vopred pripravených opatrení. Vopred pripravené opatrenia sú organizačné a technické opatrenia, ktorých cieľom je dosiahnuť zmeny vo vývoji sledovaného systému horninový masív – stavebná konštrukcia a zabrániť aby sa dosiahol varovný stav vyššieho stupňa, resp. aby sa udržal „stav prípustných zmien“:

- úpravy meraní a vyhodnocovanie monitoringu (početnosť meraní, úpravy v typoch a rozsahu meraní, rýchlosť a spôsob vyhodnocovania výsledkov),
- zavedenie pohotovostného režimu (smeru a rýchlosti informácií a rozhodovacieho procesu v rámci riadenia výstavby a rizík),
- úpravy technológie výstavby,
- organizácia bezpečnosti práce.

Vyššie uvedené opatrenia sú navrhované a vykonávané v súlade s realizačnou dokumentáciou objektu a realizačnou dokumentáciou monitoringu, prípadne rozhodnutiami prijatými RAMO.

## 4.6. Začlenenie monitoringu do systému riadenia výstavby

Monitoring poskytuje podklady na rozhodovanie o postupe výstavby a preto je súčasťou systému riadenia výstavby a zhotoviteľ monitoringu účastníkom výstavby, pričom sa odporúča pozícia nezávislého zhotoviteľa monitoringu.

## 5. ZABEZPEČENIE MONITORINGU

### 5.1. Všeobecné ustanovenia

Monitoring výstavby môže vykonávať iba právnická osoba, s odbornou spôsobilosťou, ktorá spĺňa technicko-kvalitatívne kritériá určené príslušným výberovým konaním. Odporúča sa, aby zhotoviteľ monitoringu bol v pozícii nezávislej od zhotoviteľa stavby a od spracovateľa zadávacej dokumentácie monitoringu., v praxi sa však vyskytujú situácie, že si monitoring zabezpečuje zhotoviteľ stavby svojimi špecializovanými zložkami. Kvalifikačné kritériá na výber zhotoviteľa monitoringu sú:

- technické (týkajú sa požadovanej prístrojovej techniky),
- personálne (disponibilita kľúčovými odbornými pracovníkmi s dostatočne dlhými skúsenosťami z vykonávania monitoringu na porovnateľných stavbách a požadovanou odbornou spôsobilosťou),
- finančné (schopnosť príslušným podielom sa podieľať na zdieľaní rizík súvisiacich s výstavbou).

### 5.2. Zadávacia dokumentácia na výber zhotoviteľa monitoringu

Pre zadávaciu dokumentáciu na výber zhotoviteľa monitoringu sa spravidla použije dokumentácia monitoringu spracovaná na úrovni dokumentácie na stavebné povolenie, doplnená o príslušné technicko-kvalifikačné a technicko-kvalitatívne podmienky.

Zadávaciu dokumentáciu na výber zhotoviteľa monitoringu je zároveň nevyhnutnou informatívnou súčasťou zadávacej dokumentácie na výber zhotoviteľa vlastnej stavby, pokiaľ z nej vyplývajú požiadavky na súčinnosť zhotoviteľa stavby pri vykonávaní monitoringu.

Zadávaciu dokumentáciu na výber zhotoviteľa monitoringu musí byť spracovaná v podrobnostiach, ktoré definujú všetky konkrétne ciele meraní, rozsah meraní (meracích metód, sledovaných veličín, meracích miest a početnosti meraní), s výkazom výmer všetkých navrhovaných meraní.

Dokumentácia na stavebné povolenie musí formulovať konkrétne ciele monitoringu, návrh definícií varovných stavov a ich kritérií.

Zadávaciu dokumentáciu monitoringu musí obsahovať:

- opis hypotézy pretvárania horninového masívu a stavebných konštrukcií,
- závery rizikovej analýzy (ak bola vypracovaná),
- návrh definícií varovných stavov a kritérií na ich posudzovanie.

V zadávacej dokumentácii na výber zhotoviteľa monitoringu treba uviesť:

- požiadavky na presnosť merania a jeho spoľahlivosť (zásadne sa však neuvádzajú požiadavky na výrobné značky meracej techniky),
- požiadavky na spôsob archivácie, spracovávania a hodnotenia dát, a spôsob a rýchlosť ich prenosu k užívateľom,
- kvalifikačné kritériá na personálne obsadenie hlavných pozícií zhotoviteľa a monitoringu.

### 5.3. Zásady spracovávanía realizačnej dokumentácie monitoringu

Realizačnú dokumentáciu monitoringu spracúva zhotoviteľ monitoringu, a východiskovým podkladom je dokumentácia pre stavebné povolenie, realizačná dokumentácia stavby a zadávacia dokumentácia monitoringu.

Realizačná dokumentácia monitoringu upresňuje umiestnenie jednotlivých meracích miest (bodov a profilov), rieši organizáciu a plán riadenia merania, upresňuje činnosť kancelárie monitoringu, plán súčinnosti všetkých účastníkov monitoringu a obsahuje jednoznačnú definíciu výstupov ich činností. Musí v nej byť uvedený podrobný opis zodpovedností jednotlivých účastníkov výstavby v rozhodovacom procese nadväzujúcom na hodnotenie výsledkov monitoringu, nadväznosť na systém riadenia rizík na stavbe, ako aj kompetencie a zodpovednosti členov tímu kancelárie monitoringu.

Realizačná dokumentácia monitoringu obsahuje podrobné požiadavky na súčinnosť zhotoviteľa stavby pri vykonávaní meraní na stavbe, požiadavky na vzájomnú informovanosť účastníkov výstavby a plán organizácie monitoringu, ktorý obsahuje:

- organizačnú schému merania a práce s dátami; tá obsahuje plán rozhodovacích krokov, smerujúcich k naplneniu zadaných úloh monitoringu;
- pravidlá, čo ktorý subjekt meria a kedy, ale aj akým spôsobom, kam, ako rýchle a v akom tvare sa odovzdávajú informácie o výsledkoch meraní;
- spôsob posudzovania kritérií varovných stavov, ako sa prijímajú a vyhlasujú;
- spôsob schvaľovania a zavádzania pripravených technických a organizačných opatrení, súvisiacich s varovnými stavmi a pod.;
- nadväznosti na havarijný plán zhotoviteľa stavby a bezpečnostné zásady.

Ak má stavba vypracovaný samostatný systém riadenia rizík, obsahuje realizačná dokumentácia monitoringu spôsob prepojenia s týmto systémom riadenia rizík na stavbe.

### 5.4. Archivácia výsledkov meraní po ukončení výstavby

Zadávateľ (obstarávateľ) monitoringu archivuje na čas záručných lehôt všetky správy (napr. mesačné, štvrťročné, záverečnú správu) o výsledkoch monitoringu, vrátane ostatných analýz, spätných výpočtov a protokolov o vyhlásení vyšších než kritických úrovní varovných stavov.

Minimálne počas záručnej doby zhotoviteľ monitoringu archivuje elektronickú formu databázy všetkých výsledkov meraní a fyzická správa o vykonaní monitoringu.

Správa o vykonaní monitoringu, vrátane elektronickej formy databázy všetkých výsledkov meraní, sa stáva súčasťou dokumentácie skutočného vykonania stavby.

## 6. SKÚŠANIE A PREBERANIE PRÁC

### 6.1. Skúšanie

Všetky činnosti geotechnického monitoringu majú špecifický charakter, ktorý sa neoveruje bežným skúšaním (preukaznými, kontrolnými, preberacími skúškami a pod.).

Podmienky inštalácie a požiadavky na kalibráciu meracích zariadení sú formulované v kapitole 2.

Na všetky práce a činnosti podľa špecifikácie určenej v zadávacej dokumentácii sa vyžaduje, aby sa realizovali osobami s požadovanou odbornou spôsobilosťou:

- odborná spôsobilosť podľa zákona č. 138/1992 Zb. v znení zákona č. 236/2000 o autorizovaných architektov a autorizovaných stavebných inžinieroch - Autorizovaný stavebný inžinier v kategórii Statika stavieb;
- geologické oprávnenie vydané Ministerstvom životného prostredia SR podľa zákona č. 313/1999 Z. z. na projektovanie, riešenie a vyhodnocovanie úloh inžinierskogeologického prieskumu;
- autorizačné oprávnenie vydané Komorou geodetov a kartografov, vydané v zmysle zákona NR SR č. 216/1995 Z. z.

## 6.2. Preberanie prác

### 6.2.1. Všeobecne

Preberanie prác sa riadi ustanoveniami zmluvy o dielo resp. o poskytovaní služieb.

Preberanie prác sa uskutočňuje v dohodnutých časových intervaloch, spravidla za obdobie jeden mesiac, podľa postupu vykonávania prác na základe zmluvných dohôd.

### 6.2.2. Doklady potrebné na preberanie prác

Zhotoviteľ monitoringu bude predkladať spolu s každou faktúrou správu k fakturácii ako základ na vyplatenie priebežných platieb. Bude obsahovať stručný prehľad o poskytnutých službách a prehľad vynaložených nákladov podľa odsúhlaseného súpisu položiek.

### 6.2.3. Predkladanie správ o priebehu činnosti

Zhotoviteľ geotechnického monitoringu vypracuje nasledovné správy:

**Úvodná správa:** Zhotoviteľ geotechnického monitoringu predloží *Úvodnú správu* do jedného mesiaca od dátumu začatia výkonu prác. Správa bude poskytovať prehľad o začiatku a vývoji činností zhotoviteľa geotechnického monitoringu. Bude smerovať na organizačné a technické stránky zmluvy, ktoré majú byť kontrolované, vrátane akýchkoľvek predvídaných problémov s odporúčaním na ich riešenie. V správe bude upresnená navrhovaná metodika poskytovania služieb geotechnického monitoringu.

**Priebežné správy o postupe prác:** Zhotoviteľ geotechnického monitoringu bude predkladať priebežné správy mesačne do 14 dní po ukončení obdobia, za ktoré sa správa podáva, v ktorých bude informovať o priebehu činnosti za uplynulé obdobie.

Súčasťou činnosti zhotoviteľa geotechnického monitoringu je vypracovanie návrhu týždenného aktuálneho plánu meraní a jeho koordinácie. Tieto budú následne zahrnuté s ich vyhodnotením do priebežných správ o postupe prác.

**Záverečná správa:** Do troch mesiacov po ukončení výkonu činností geotechnického monitoringu predloží zhotoviteľ záverečnú správu sumarizujúcu všetky poskytnuté služby, kritickú štúdiu všetkých hlavných problémov, ktoré sa vyskytli počas plnenia zmluvy, celkové účinky zmien vzniknutých počas zmluvy, nároky alebo spory, dodatky a akékoľvek iné podstatné záležitosti vplývajúce na náklady a priebeh plnenia zmluvy, ako aj na realizáciu stavby. Záverečnú správu musí sprevádzať konečná faktúra.

**Osobitné správy:** Zhotoviteľ geotechnického monitoringu vypracuje na žiadosť obstarávateľa správu k akémukoľvek významnému problému, ktorý sa vyskytne počas vykonávania geotechnického monitoringu. Na žiadosť obstarávateľa predloží zhotoviteľ geotechnického monitoringu akékoľvek požadované informácie, údaje a podklady týkajúce sa stavby.

## **7. MERANIE VÝMER**

### **7.1. Všeobecne**

Výmery sa určujú v dĺžkových mierach v m, v plošných mierach v m<sup>2</sup>, v objemových mierach v m<sup>3</sup>, hmotnosť v kg, podľa času v h, pre kusy v celých jednotkách alebo odúčtovacích jednotkách (napr. etapa merania).

Rozsah výkonov sa stanovuje podľa výmer určených v projektovej dokumentácii (zadávacíj dokumentácii monitoringu), resp. podľa realizačnej dokumentáci, ak dôjde k zmene rozsahu prípadne obsahu riešenia, schválenej objednávatelom. Pokiaľ toto nie je možné, stanoví sa rozsah na základe meraní in situ.

Zohľadniť sa majú zmeny v dôsledku odchýliek skutočného a predpokladaného postupu stavebných prác, zistených geologických resp. geotechnických podmienok odchylných od predpokladaných v zadávacej dokumentácii, výskytu mimoriadnych udalostí, zastavenia prác pred ukončením a inými faktormi, ktoré v čase vypracovania zadávacej dokumentácie resp. uzatvorenia zmluvy neboli známe.

Počet a frekvencia jednotlivých meraní bude v zadávacej dokumentácii monitoringu a v realizačnej dokumentácii monitoringu musia byť uvedené zásady na stanovenie prípadných zmien frekvencie meraní v prípade zistenia neustálených deformácií, mimoriadnych udalostí, prerušenia prác, predčasného ukončenia prác a pod.

### **7.2 Časovo viazané náklady na činnosti monitoringu**

Časovo viazané náklady na vybrané činnosti monitoringu sa stanovujú podľa času v mesiacoch alebo výpočtových jednotkách, ktoré sa určia zo zmluvne dohodnutého priebehu stavby a zmluvne stanoveného času výstavby, prípadne zmluvne dohodnuté času na vykonávanie vybraných činností monitoringu pred začatím výstavby a po ukončení stavebných prác.

Zohľadniť sa majú zmeny v zmluvnom čase realizácie monitoringu v dôsledku odchýliek skutočného a zmluvného času výstavby, resp. požadovanej doby výkonu činnosti.

### **7.3 Časovo viazané náklady na zariadenie staveniska**

Časovo viazané náklady na zariadenie staveniska sa stanovujú podľa času v mesiacoch alebo výpočtových jednotkách, ktoré sa určia zo zmluvne dohodnutého priebehu stavby, prípadne zmluvne dohodnuté času na vykonávanie vybraných činností monitoringu pred začatím a po ukončení stavebných prác.

Zohľadniť sa majú zmeny v zmluvnom čase realizácie monitoringu v dôsledku odchýliek skutočného a zmluvného času výstavby, resp. požadovanej doby výkonu činnosti.

## 8. SÚVISIACE A CITOVANÉ PRÁVNE PREDPISY

- Zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov;
- Zákon č. 71/1967 Zb. o správnom konaní v znení neskorších predpisov;
- Vyhláška č. 453/2000 Z. z. ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia stavebného zákona;
- Vyhláška č. 532/2002 Z. z. ktorou sa ustanovujú podrobnosti o všeobecných technických požiadavkách na výstavbu a o všeobecných technických požiadavkách na stavby užívané osobami s obmedzenou schopnosťou pohybu a orientácie;
- Zákon č. 90/1998 Z. z. o stavebných výrobkoch v znení neskorších predpisov;
- Zákon č. 138/1992 Zb. o autorizovaných stavebných inžinieroch v znení neskorších predpisov;
- Zákon č. 264/1999 Z. z. o technických požiadavkách na výrobky a o posudzovaní zhody a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- Vyhláška č. 558/2009 Z. z. ktorou sa ustanovuje zoznam stavebných výrobkov, ktoré musia byť označené, systémy preukazovania zhody a podrobnosti o používaní značiek zhody;
- Opatrenie č. 128/2000 Z. z. ktorým sa vyhlasuje Klasifikácia stavieb;
- Zákon č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- Zákon č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- Zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- Zákon č. 216/1995 Z. z. o Komore geodetov a karetoagrafov;
- Zákon č. 313/1999 Z. z. na projektovanie, riešenie a vyhodnocovanie úloh inžinierskogeologického prieskumu;
- Zákon č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach /geologický zákon/ v znení neskorších predpisov;
- Vyhláška MŽP SR č.51/2008 Z. z. , ktorou sa vykonáva geologický zákon;
- Zákon č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov;
- Zákon č. 18/1996 Z. z., o cenách, v znení neskorších predpisov;
- Zákon č. 223/2001 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- Zákon č. 215/1995 Z. z., o geodézii a kartografii v znení neskorších predpisov;
- Zákon č.364/2004 Z.z. o vodách a o zmene zákona SNR č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon);
- Nariadenie vlády SR č. 296/2005 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových vôd a osobitných vôd;
- Zákon č. 326/2005 Z. z. o lesoch v znení neskorších predpisov;
- Zákon č. 137/2010 Z. z. o ovzduší;
- Vyhláška Slovenského geologického úradu č. 9/1989 Zb. o registrácii geologických prác, o odovzdávaní a sprístupňovaní ich výsledkov, o zisťovaní starých banských diel a vedení ich registra v znení neskorších predpisov;
- Zákon č. 17/1992 Zb. o životnom prostredí v znení neskorších predpisov;
- Zákon č. 135/1961 Zb., o pozemných komunikáciách (cestný zákon) v znení neskorších predpisov;
- Vyhláška č. 35/1984 Zb., ktorou sa vykonáva zákon o pozemných komunikáciách (cestný zákon) v znení neskorších predpisov;
- Zákon SNR č. 135/1974 Zb. o štátnej správe vo vodnom hospodárstve v znení neskorších predpisov;

- Zákon č. 7/2010 o ochrane pred povodňami;
- Zákon č.125/2006 Z.z. o inšpekcii práce a o zmene a doplnení zákona č. 82/2005 Z.z. o nelegálnej práci a nelegálnom zamestnávaní a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- Zákon č.126/2006 Z.z. o verejnom zdravotníctve a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;

## 9. SÚVISIACE A CITOVANÉ NORMY

STN EN ISO 14689-1 (72 1001)	Geotechnický prieskum a skúšky. Pomenovanie a klasifikácia skalných hornín. Časť 1: Pomenovanie a opis (ISO 14689-1: 2003)
STN 73 6133	Stavba ciest. Teleso pozemných komunikácií
STN EN ISO 14688-1 (72 1003)	Geotechnický prieskum a skúšky. Pomenovanie a klasifikácia zemín. Časť 1: Pomenovanie a opis (ISO 14688-1: 2002)
STN EN ISO 14688-2 (72 1003)	Geotechnický prieskum a skúšky. Pomenovanie a klasifikácia zemín. Časť 2: Princípy klasifikácie (ISO 14688-2: 2004)
STN 72 1004	Presiometrická skúška
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: 2006)
STN EN ISO 22476-2 (72 1032)	Geotechnický prieskum a skúšanie. Terénne skúšky. Časť 2: Dynamické penetračné skúšky (ISO 22476-2: 2005)
STN EN ISO 22476-3 (72 1033)	Geotechnický prieskum a skúšanie. Terénne skúšky. Časť 3: Štandardné penetračné skúšky (ISO 22476-3: 2005)
STN ISO 6707-1 (73 0000)	Pozemné a inžinierske stavby. Slovník. Časť 1: Všeobecné termíny
STN 73 0001	Terminológia eurokódov
STN 73 0002	Navrhovanie nosných konštrukcií stavieb. Základné ustanovenia
STN 73 0005	Modulová koordinácia rozmerov vo výstavbe. Základné ustanovenia
STN ISO 3898 (73 0030)	Základy navrhovania stavebných konštrukcií. Označenia. Všeobecné značky
STN EN 1990 (73 0031)	Eurokód. Zásady navrhovania konštrukcií
STN 73 0032	Výpočet stavebných konštrukcií zaťažených dynamickými účinkami strojov
STN EN 1991-1-1 (73 0035)	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-1:Všeobecné zaťaženia. Objemová tiaž, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov
STN EN 1998-1 (73 0036)	Eurokód 8. Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť. Časť 1: Všeobecné pravidlá, seizmické zaťaženia a pravidlá pre budovy
STN EN 1991-1-6 (STN 73 0035)	Eurokód 1: Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-6: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženia počas výstavby
STN EN 1991-1-7 (STN 73 0035)	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-7: Všeobecné zaťaženia. Mimoriadne zaťaženia
STN EN 1998-5 (73 0036)	Eurokód 8. Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť. Časť 5: Základy, oporné konštrukcie a geotechnické hľadiská
STN 73 0037	Zemný tlak na stavebné konštrukcie

STN 73 0090	Zakladanie stavieb. Geologický prieskum pre stavebné účely
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 73 0202	Presnosť geometrických parametrov vo výstavbe. Základné ustanovenia
STN 73 0203	Presnosť geometrických parametrov vo výstavbe. Funkčné tolerancie
STN 73 0210-1	Geometrická presnosť vo výstavbe. Podmienky zhotovovania. Časť 1: Presnosť osadenia
STN 73 0210-2	Geometrická presnosť vo výstavbe. Podmienky zhotovovania. Časť 2: Presnosť monolitických betónových konštrukcií
STN 73 0212	Presnosť geometrických parametrov vo výstavbe. Kontrola presnosti
STN 73 0275	Presnosť geometrických parametrov vo výstavbe. Kontrolné meranie líniových stavebných objektov
STN 73 0270	Presnosť geometrických parametrov vo výstavbe. Kontrola pozemných stavebných objektov
STN 73 0405	Meranie posunov stavebných objektov
STN 73 0415	Geodetické body
STN 73 0422	Presnosť vytyčovania líniových a plošných stavebných objektov
STN 731000	Zakladanie stavebných objektov. Základné ustanovenia pre navrhovanie.
STN 73 1001	Geotechnické konštrukcie. Zakladanie stavieb
STN EN 1536 (73 1002)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Vŕtané pilóty
STN 73 1002	Pilotové základy
STN EN 12699 (73 1004)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Razené pilóty
STN EN 14199 (73 1003)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Mikropilóty
STN EN 1538 (73 1003)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Podzemné steny
STN EN 1537 (73 1005)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Injektované horninové kotvy
STN EN 12715 (73 1006)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Injektáže
STN EN 12716 (73 1007)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Prúdová injektáž
STN EN 14731 (73 1008)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Zlepšovanie zemín hĺbkovou vibráciou
STN EN 14475 (73 1009)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Vystužené zemné konštrukcie
STN 73 1010	Názvoslovie a značky v geotechnike
STN EN 12063 (73 1022)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Štetovnicové steny
STN EN 14679 (73 1023)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Hĺbkové zlepšovanie zemín
STN EN 15237 (73 1024)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Zvislé odvodňovanie

STN EN 1992-1-1 (73 1201)	Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy
STN EN 1992-1-2 (73 1201)	Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1-2: Všeobecné pravidlá. Navrhovanie konštrukcií na účinky požiaru
STN 73 1210	Vodotesný betón a betóny osobitných vlastností
STN 73 1370	Nedeštruktívne skúšanie betónu. Spoločné ustanovenia
STN 73 2011	Nedeštruktívne skúšanie betónových konštrukcií
STN 73 2030	Zaťažovacie skúšky stavebných konštrukcií. Spoločné ustanovenia
STN 73 2031	Skúšanie stavebných objektov, konštrukcií a dielcov. Spoločné ustanovenia
STN EN 206-1 (73 2403)	Betón. Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda
STN 73 2412	Zhotovovanie a kontrola pórobetónových konštrukcií
STN EN 14487-1 (73 2431)	Striekaný betón. Časť 1: Definície, špecifikácia a zhoda
STN EN 14487-2 (73 2431)	Striekaný betón. Časť 2: Zhotovovanie
STN 73 2480	Zhotovovanie a kontrola montovaných betónových konštrukcií
STN EN 1090-2 (73 2601)	Zhotovovanie oceľových a hliníkových konštrukcií. Časť 2: Technické požiadavky na oceľové konštrukcie
STN 73 3040	Geotextílie a geotextíliám podobné výrobky na stavebné účely. Základné ustanovenia a technické požiadavky
STN 73 3041	Horninové konštrukcie vystužené geosyntetikou. Technické požiadavky
STN 73 3050	Zemné práce. Všeobecné ustanovenia
STN 73 3052	Násypy, zásypy a obsypy z popola a popolčeka
STN 73 3055	Stavba ciest. Využitie hlušín v cestnom staviteľstve
STN 73 6100	Názvoslovie pozemných komunikácií
STN 73 6101	Projektovanie ciest a diaľnic
STN 73 6125	Stavba vozoviek. Stabilizované podklady
STN 73 6614	Skúšky zdrojov podzemnej vody
STN 73 6615	Zachytávanie podzemnej vody
STN 73 7501	Navrhovanie konštrukcií razených podzemných objektov. Spoločné ustanovenia
STN 73 7505	Kolektory a technické chodby pre združené trasy podzemných vedení
STN 75 1400	Hydrológia. Hydrologické údaje povrchových vôd. Základné ustanovenia
STN EN 14968	Sémantika výmeny údajov podzemných vôd
STN 75 1500	Hydrológia. Hydrologické údaje podzemných vôd. Základné ustanovenia
STN 75 1510	Hydrológia. Hydrologické údaje podzemných vôd. Kvantifikácia hydrologického režimu hladín podzemných vôd
STN 75 1520	Hydrológia. Hydrologické údaje podzemných vôd. Kvantifikácia výdatnosti prameňov
STN ISO 5667-11 (75 7051)	Kvalita vody. Odber vzoriek. Časť 11: Pokyny na odber vzoriek podzemných vôd
STN EN ISO 10318 (80 6100)	Geosyntetika. Termíny a definície (ISO 10318: 2005)

STN EN 13251 (STN 80 6106)	Geotextílie a geotextíliám podobné výrobky. Vlastnosti požadované v zemných stavbách, základoch a podperných konštrukciách
STN EN 13249 (STN 80 6104)	Geotextílie a geotextíliám podobné výrobky. Vlastnosti požadované pri stavbe pozemných komunikácií a iných dopravných plôch (okrem železníc a vystužovania asfaltových povrchov vozoviek)
STN EN 13251 (STN 80 6106)	Geotextílie a geotextíliám podobné výrobky. Vlastnosti požadované v zemných stavbách, základoch a podperných konštrukciách
STN EN 13252 (80 6107)	Geotextílie a geotextíliám podobné výrobky. Vlastnosti požadované v odvodňovacích systémoch

## 10. SÚVISIACE A CITOVANÉ TECHNICKÉ PREDPISY

- TP SSC 06/2002 Použitie ťaženého predrveného kameniva v spodných podkladových vrstvách, SSC: 2002;
- TP SSC 06/2003 Použitie geosyntetických materiálov vo vozovke, SSC: 2003;
- TP 04/2004 Projektovanie okružných križovatiek na cestných a miestnych komunikáciách, MDPT SR: 2004;
- TP 13/2005 Projektovanie odvodňovacích zariadení na cestných komunikáciách , MDPT SR: 2005;
- TP 03/2006 Dokumentácia stavieb ciest , MDPT SR: 2007;
- TP 07/2006 Evidencia mostov pozemných komunikácií, MDPT SR: 2006;
- TP 08/2006 Použitie, kvalita a systém hodnotenia protihlukových stien , MDPT SR: 2006;
- TP 04/2007 Katalóg porúch mostných objektov na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I., II. a III. triedy + Zmena 1/2007 k TP 9B/2005 pozri TP schválené v roku 2005, MDPT SR: 2007;
- TP 05/2007 Katalóg technológií na opravy základných typov porúch vozoviek + Prílohy A , BC , MDPRT SR: 2008;
- TP 07/2007 Sekundárna ochrana betónových konštrukcií , MDPT SR: 2008;
- TP 03/2008 Navrhovanie a realizácia dodatočných jazdných pruhov, napojenia vozoviek a priečných rozkopávok cestných a miestnych komunikácií , MDPT SR:2008;
- TP 04/2008 Zaťažiteľnosť mostov na diaľniciach, rýchlostných cestách, cestách I., II. a III. triedy a miestnych komunikáciách , MDPT SR: 2008;
- TP 05/2008 Navrhovanie zosilnenia betónových mostov , MDPT SR: 2008;TP 06/2008 Príručka monitoringu vplyvu cestných komunikácií na životné prostredie , MDPT SR: 2008;
- TP 07/2008 Vykonávanie inžinierskogeologického prieskumu pre cestné stavby , MDPT SR: 2008;TP 08/2008 Použitie geosyntetických a im podobných materiálov v asfaltových vrstvách vozoviek, MDPT SR: 2008;
- TP 03/2009 Navrhovanie netuhých a polotuhých vozoviek, MDPT SR: 2009
- Slovenský register stavebných výrobkov.

### ❖ Vzorové listy:

- VL 1/2002 Vozovky a krajnice, SSC: 2002;
- VL 2/2003 Teleso pozemných komunikácií, SSC: 2003;

- VL 2.2/2005 Odvodňovacie zariadenia, MDPT SR: 2005; VL 4/2009 Mosty, obsahuje aj vydanie VL 4/2002, VL 4/2003, VL 4/2005, MDPT SR: 2009.

❖ **Technicko - kvalitatívne podmienky SSC:**

- Časť 0: Všeobecne, MDPT SR: 2009, SSC: 2000, 2003;
- Časť 1: Príprava staveniska, SSC: 2000;
- Časť 2: Zemné práce, SSC: 2000;
- Časť 3: Priepusty, SSC: 2000;
- Časť 4: Odvodňovacie zariadenia a chráničky pre inžinierske siete, MDPT SR: 2010, SSC: 2000;
- Časť 5: Podkladové vrstvy, MDPT SR: 2010 MDPT SR: 2005, 2004; SSC: 2000;
- Časť 12: Pilóty baranené, MDPT SR: 2004, SSC: 2000;
- Časť 13: Pilóty vŕtané, MDPT SR: 2004, SSC: 2000;
- Časť 14: Podzemné steny, MDPT SR: 2004,
- Časť 15: Betónové konštrukcie všeobecne, MDPT SR: 2004, SSC: 2000;
- Časť 18: Betón na konštrukcie, MDPT SR: 2004, SSC: 2000;
- Časť 19: Predpäté betónové konštrukcie, MDPT SR: 2004, SSC: 2000;
- Časť 20: Ocelové konštrukcie, SSC: 2000;
- Časť 29: Protihlukové steny, MDPT SR: 2004, SSC: 2000;
- Časť 30: Zvláštne zakladanie, SSC: 2001;
- Časť 31: Zvláštne zemné konštrukcie, MDPT SR: 2009, SSC: 2001, 2004;
- Časť 32: Trvalé oplotenie, SSC: 2001;
- Časť 33: Strednotlaké a vysokotlaké plynovody, SSC: 2002;
- Časť 34: Slaboprúdové a silnoprúdové vedenia, SSC:2002.