

Obecná metodika postupů při sanaci rizik skalního řícení

Pro Ministerstvo životního prostředí zpracoval: **AZ Consult, spol. s r.o.**

Ústí nad Labem, 1999

Obsah:

	strana
A. ÚVOD.....	2
B. ZJIŠTĚNÍ RIZIKOVÝCH SKALNÍCH OBJEKTŮ	2
C. KONTROLNÍ SLEDOVÁNÍ - GEOTECHNICKÝ MONITORING	2
C.1. ZÁSADY, VÝZNAM A CÍLE GEOTECHNICKÉHO MONITORINGU	2
C.2. POPIS VYBRANÝCH INSTRUMENTAČNÍCH METOD MONITORINGU.....	4
D. PŘEDPROJEKTOVÉ PRÁCE.....	6
D.1. INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝ PRŮZKUM	6
D.2. GEODETICKÉ ZAMĚŘENÍ.....	6
E. PROJEKT SANACE RIZIK SKALNÍHO ŘÍCENÍ.....	7
E.1. OBECNÉ ZÁSADY.....	7
E.2. NÁLEŽITOSTI PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE	8
E.3. DOKLADOVÁ ČÁST A DOTČENÉ SUBJEKTY	8
F. REALIZAČNÍ ČÁST SANACE RIZIK SKALNÍHO ŘÍCENÍ.....	9
F.1. SANAČNÍ METODY A POSTUPY.....	9
F.2. NÁSLEDNÝ GEOTECHNICKÝ MONITORING	10
G. ZÁVĚREČNÉ SHRNTÍ.....	11
PŘÍLOHA: Vývojový diagram postupu při řešení skalních rizik	12

A. Úvod

Cílem této informace je seznámit laickou veřejnost se standardními postupy při sanaci či stabilizaci lokalit ohrožených skalním řícením.

B. Zjištění rizikových skalních objektů

Před samotným zahájením prací přímo souvisejících se sanací určitého skalního objektu je nutné aby byla definována rizika, která v daném území (lokalitě) hrozí. To znamená, že budoucí investor či objednatel sanačních a ostatních souvisejících prací musí být nejprve jakýmkoli způsobem informován o existenci rizik.

Rizikovou lokalitou (v souvislosti se skalním řícením) rozumíme oblast, kde reálně hrozí možnost jakéhokoli skalního řícení. Vytipování těchto oblastí je možné například na základě:

- kontrolních obhlídek,
- ojedinělých uvolněných kamenů,
- informací vlastníků potenciálně ohrožených pozemků a nemovitostí,
- zjištění v rámci jiné stavební činnosti (zářez pro komunikaci, apod.).

Takto zjištěné a definované oblasti mohou být svou rozlohou značně rozsáhlé. Je proto nutné v daných rizikových lokalitách (oblastech) definovat a přesně vymezit jednotlivé rizikové či dokonce nestabilní skalní objekty.

Rizikovým skalním objektem je chápán každý samostatný horninový blok oddělený od okolního masivu diskontinuitními plochami (plochami nespojitosti), který je v labilní rovnováze mezi pasivními a aktivními silami, které na něj působí.

Nestabilním skalním objektem je pak chápán každý samostatný horninový blok oddělený od okolního masivu diskontinuitními plochami s nižší stupněm stability než má rizikový skalní objekt, aktivní síly jsou nepatrně větší než síly pasivní. Objekt vykazuje zjevné nevratné deformace s akceleraujícím nárůstem v čase. Dojde-li k dalšímu navýšení aktivních sil působících na objekt, může dojít k bezprostřednímu zřícení skalního objektu.

Zároveň však je za rizikový a nestabilní objekt považován pouze ten, který svou polohou v případě zřícení ohrožuje obyvatele, jejich nemovitosti, objekty veřejného zájmu apod.

Stupněm stability horninového bloku je v daném případě exaktně hodnoceno riziko převržení, posunutí (svážení po odlučných plochách), skalního řícení a případně, v závislosti na stupni zvětrání, i rozložení dle predisponovaných diskontinuitních ploch na kamennou suť.

Výše uvedené práce, tj. definování a vymezení nestabilních a rizikových skalních objektů, musejí být provedeny odbornou geotechnickou firmou, která se zabývá inženýrskou geologií a mechanikou zemin a hornin. Výsledky prací budou shrnuty formou *závěrečné zprávy*, která by měla kromě vymezení a definice jednotlivých objektů zahrnovat především doporučení a návrhy stran následného geotechnického monitoringu či v případě nestabilních objektů jejich bezodkladného odstranění.

C. Kontrolní sledování - geotechnický monitoring

C.1. Zásady, význam a cíle geotechnického monitoringu

U **rizikových** skalních objektů je nezbytné, a z hlediska efektivnosti i účelné, aby projektovým a předprojektovým pracím, souvisejících již přímo se samotnou sanací objektu, předcházel podrobný a dlouhodobý monitoring. Ten může prokázat jak

nutnost realizace sanace objektu, tak naopak i jeho dostatečnou stabilitu, kdy není sanace nutná.

V případě **nestabilních** skalních objektů, tedy takových, kde je jejich nestabilita zjevná (i bez monitoringu), či prokázaná stabilitním výpočtem v rámci předešlého stupně prací, není potřebné realizovat jakýkoli monitoring a je nutné zajistit bezodkladné vypracování *projektové dokumentace* včetně zajištění *předprojektových prací* a následné *sanace* (viz. odst. D. - F.).

Geotechnickým monitoringem (dále jen monitoring) rozumíme soubor měření posuvu, pootočení, naklánění či deformací skalních objektů v závislosti na čase. Pro dosažení vysoké přesnosti měření, která je v případě skalních pohybů nezbytná (délkové deformace se pohybují v 0,01 mm), je nutné, aby měřičské práce byly prováděny odbornou geodetickou firmou vybavenou potřebnou technikou. Vybrané instrumentační metody využívané při monitoringu jsou popsány v odstavci C.2. Nedílnou součástí monitoringu je jeho vyhodnocení. Tím je stanovení výsledného časového průběhu změn vratných a nevratných deformací za dané období.

Vratné deformace jsou způsobené klimatickými a teplotními změnami v průběhu celého roku, přičemž jejich absolutní hodnota za celý cyklus (rok) je rovna nule.

Nevratné deformace jsou skutečnou indikací pohybů (deformací) skalního objektu a jejich hodnota za sledované období je rovna celkové deformaci bez deformace vratné.

Další součástí monitoringu respektive jeho *projektu* (viz. dále) je stanovení tzv. *varovných stavů*. **Varovné stavy** jsou předem vymezené stavy skalních objektů s určitým stupněm rizika nestability definované velikostí nevratné deformace proběhlé v určitém čase. Každý stupeň – *varovný stav* - musí být přesně definován určitou hodnotou nevratné deformace, přičemž každý dosažený stupeň automaticky vyvolává realizaci předem stanovených opatření. Samotná definice jednotlivých *varovných stavů*, jejich kritérií a jednotlivých opatření může být u různých lokalit odlišná a jsou zcela na rozvaze a zkušenosti autora *projektu monitoringu*.

Pro účely této informace (obecné metodiky) definujeme např. 5 *varovných stavů* rizik skalního řícení. Jejich kritéria a následná opatření jsou zjednodušeně uvedeny v *tab.1*. Hodnoty použité v tabulce jsou pouze ilustrativní.

tab.1:

č.	varovný stav:	kritérium dosažené nevratné deformace:	příslušná opatření:
1.	stav stabilní	po dobu min. 3 let*) = 0 mm	zrušení monitoringu
2.	stav slabě rizikový	< 0,1 mm/rok	zúžení rozsahu monitoringu
3.	stav středně rizikový	v intervalu 0,1-0,25 mm/rok	pokračování v monitoringu
4.	stav silně rizikový	> 0,25 mm/rok (bez akcelerační)	realizace předprojektových prací, projektu sanace a rozšíření monitoringu
5.	stav nestabilní	> 0,25 mm/rok s akceleračním nárůstem def. (přírůstek def. v čase není lineární)	havarijní stav – bezodkladné zahájení sanačních prací

*)Minimální požadavek 3 let systematického monitoringu je dán nutností eliminovat vliv vratných deformací.

Hlavním **cílem monitoringu** je s předstihem identifikovat závěrečný akcelerační nárůst nevratných deformací, a tedy blížící se ztrátu stability skalního bloku. Časová prodleva mezi daným zjištěním a samotným zřícením bloku je maximálně v relaci několika týdnů. Naopak u objektů s menším stupněm rizika ztráty stability, či dokonce u objektů stabilních, má monitoring především minimalizovat náklady spojené s jejich sanací či je dokonce zcela eliminovat. V takovém případě jsou pak výsledky monitoringu využity při stanovení kinematiky a stability skalního objektu v rámci zpracování *projektové dokumentace sanačních prací*.

Samotnému vybudování a následnému kontrolnímu měření musí předcházet vypracování *projektu monitoringu*.

Projekt geotechnického monitoringu zpravidla zahrnuje:

- návrh instrumentace monitorovaného skalního objektu – použité metody a rozsah měření (počet kontrolních stanovišť),
- definice četnosti neboli časových intervalů mezi jednotlivými kontrolními měřeními,
- stanovení *varovných stavů* pro různé hodnoty trvalé deformace probíhající v čase.

Výsledky měření jsou pak průběžně vyhodnocovány a zpracovávány v *etapových zprávách* vypracovávaných v závislosti na rizikovosti lokality zpravidla 1 – 4 krát ročně.

Etapové zprávy o výsledcích geotechnického monitoringu musí obsahovat:

- výsledky měření kontrolních stanovišť probíhající v čase,
- stanovení změn (nárůst či pokles) deformací v čase případně jejich akcelerace,
- návrh rozsahu následné etapy měření včetně stanovení termínu další etapové zprávy,
- zhodnocení a porovnání hodnot trvalých deformací s definovanými varovnými stavy,
- návrh dalších možných postupů při sanaci skalních objektů v souvislosti se zhodnocením varovných stavů (viz. tab.1).

Výše uvedené práce musejí být provedeny odbornou geotechnickou firmou. Samotná technická část, tedy kontrolní měření budou zajištěna, jak bylo již v odst. C.1. uvedeno, v kooperaci s odbornou geodetickou firmou.

C.2. Popis vybraných instrumentačních metod monitoringu

• Měření přesné inklinometrie ve vrtech

představuje měření náklonů inklinometrickou sondou ve dvou vzájemně kolmých rovinách po úsecích 0,5 m ve svislých vrtech vystrojených vodícími pažnicemi, vyhodnocením lze získat výsledky hloubkových posunů v uvedených krocích, metoda umožňuje v předstihu detekovat vznik a vývoj smykového diskontinuit v horninovém prostředí.

• Měření hloubkových azimutů v inklinometrických vrtech

je prováděno pomocí kompasové sondy, kdy se měří orientace měřených os ve vodících pažnicích inklinometrického vrtu.

• Měření sedání ve svislých vrtech

spočívá v měření hloubkově osazených značek (magnetické kroužky) ve svislém vrtu v určených úrovních s min. vzdáleností 0,5 m. Umožňuje monitorovat proces sedání v různých hloubkových nebo i geologicky rozdílných hloubkových horizontech.

• Měření deformací pásmovým extenzometrem

je velmi přesné měření délkových změn pomocí přenosného pásma upínaného mezi dvěma pevně fixovanými body např. přes poruchové pásmo v horninách, přes trhliny apod. Max. proměřovaná délka je 20 m. Tato metoda se používá i při výstavbě tunelů.

- **Měření deformací tyčovými extenzometry ve vrtu**
s pevně instalovanými 1 až 6 tyčovými extenzometry jsou proměřovány vzdálenosti od zhlaví vrtu k hloubkovému ukotvení jednotlivého extenzometru. Extenzometry jsou vyrobeny ze sklolaminátu nebo z nerezových slitin. Výsledky měření umožňují monitorovat vývoj hloubkových deformací. Pro měření lze využívat elektrické snímače osazené na zhlaví s možností dálkového přenosu dat případně jejich záznamu (datalogger) nebo provádět ambulantní odečty hodnot mechanickými indikačními hodinkami.
- **Měření deformací tyčovými extenzometry v povrchové rýze**
je metoda sledující povrchové deformace. Ve svazích např. využívá průběžně propojenou sestavu tyčových extenzometrů v podpovrchové rýze s ukotvenými měřicími hlavami. Takto jsou sledovány deformace povrchových vrstev případně vznik a vývoj trhlin. Měření je prováděno ambulantně odečítací jednotkou nebo dálkově měřicí ústřednou.
- **Měření náklonů tiltmetrem**
je měření náklonů na skalních útvech, na stavebních konstrukcích. Měření se provádí na keramických nebo bronzových podložkách s úchyty, které jsou pevně spojeny s podkladem. Vlastní měření je prováděno ambulantně snímacím zařízením a vyhodnocovací jednotkou. Měření je prováděno ve dvou kolmých rovinách. Jsou vyráběny i typy pro trvalé osazení se záznamem měřených dat.
- **Měření napětí v zeminách**
spočívá v měření totálních hodnot napětí případně změn napětí v zeminách. Využíváno je tlakových podušek, snímajících tlak v jedné rovině. Pro zjištění dvojosé napjatosti případně elipsoidu napjatosti jsou konstruovány sestavy podušek. Podušky jsou instalovány jak do vrtů tak do štol a tunelů ke stanovení horninových tlaků na konstrukci ostění, další využití může být ve stavebních konstrukcích. Tlakové podušky pracují v pneumatickém systému, výhodněji s elektrickým přenosem dat.
- **Měření mezních deformací přesnými posuvnými měřidly**
těmi jsou velmi přesná čidla určená k signalizaci porušení nebo přípustných deformací ve stavebních konstrukcích, na trhlinách v horninovém prostředí, v ocelových táhlech, v opěrných zdech, ukotvení apod. Přenos hodnot je analogový s možností přímého odečtu nebo záznamu časově odečítaných dat.
- **Měření deformací konvergenčními tyčemi**
je obdobou předešlé metody - prodloužená tyč v ochranné trubce s koncovými úchyty.
- **Měření deformací na trhlinách a dilatacích**
slouží k měření vývoje deformací na trhlinách nebo na dilatacích. Jsou používány různé typy posuvných el. snímačů s úchytnými částmi. Jako posuvné měřidla lze použít i indikační hodinky apod.
- **Měření tlaku v kotvách**
slouží k měření vývoje napětí, resp. tahových sil v kotvách. K měření těchto napětí jsou používána prstencová měřidla s uzavřeným hydraulickým systémem, která jsou navléknuta mezi kotevní deskou a zhlavím kotevní tyče.
- **Měření úrovně hladiny podzemní vody ve vrtech, jamách, šachticích**
slouží k průběžnému sledování pohybu hladiny podzemní vody (hpv) v oblasti v průběhu ročního cyklu. Měření je prováděno s přenosným značkováním

pásmem se sondou.

- **Monitorování pohybů povrchových bodů geodetickými metodami**

je určeno k sledování posunů bodů, resp. souřadnic X, Y, Z, a je možno jej provádět několika metodami v závislosti na požadované přesnosti měření i technického vybavení. Z těchto důvodů rozlišujeme:

A1 *trigonometrická měření* - zaměřováním a vyhodnocováním úhlů mezi body získáme souřadnice X a Y. Pro měření výškových souřadnic Z jsou prováděna nivelační měření. Metoda vyžaduje stanovení opěrných bodů mimo sledované území;

A2 *měření dálkoměrná* - zaměřováním a vyhodnocováním úhlů a vzdáleností (polární metoda) z relativně pevných bodů získáváme souřadnice X,Y,Z;

A3 *měření aparaturou GPS* - měření souřadnic X,Y,Z z družicové sítě. Výškové souřadnice Z dosahují menší přesnost.

D. Předprojektové práce

Předprojektové práce zahrnují činnosti předcházející samotnému vypracování projektové dokumentace. Jejich realizace je zpravidla vyvolána výsledky monitoringu vyžadující vypracování projektové dokumentace sanace, které musí právě předcházet **inženýrskogeologický průzkum skalních objektů** a jejich **geodetické zaměření** (viz. tab.1, 4. varovný stav).

D.1. Inženýrskogeologický průzkum

Průzkum samostatných skalních objektů či souvislých stěn spočívá v prohlídce, v zaměření a zhodnocení trhlin, případně v provedení vrtaných (jádrových) sond. Zaznamenání trhlin a puklin se provádí vizuálně a geologickým kompasem, kterým jsou zaměřeny polohy (orientace) co největšího množství trhlin. Zároveň je posuzována povaha jednotlivých spár, tedy jejich výplň a četnost. Trhliny a pukliny se posuzují rovněž vzhledem k jejich průběžnosti. Výsledky měření se vyhodnocují obvykle graficky v diagramech - tektonogramech. Vrtný průzkum, ať horizontální či vertikální, zpravidla určuje především četnost a úklon ploch diskontinuit (rozpukanosti) směrem do masivu, čímž je doplněn celkový obraz tektoniky skalního objektu.

Při vyhodnocování průzkumu se posuzují údaje zjištěné sondovacími pracemi, vykreslují se profily a diagramy, laboratorními zkouškami se se testují odebrané vzorky hornin a získané hodnoty se pro posouzení stability skalní stěny či lokálního objektu interpretují ve speciálních počítačových programech.

Průzkumné práce skalních objektů a stěn provádějí odborné inženýrsko-geologické firmy.

D.2. Geodetické zaměření

Pro účely vypracování projektové dokumentace a možnosti stanovení relativně přesných výměr jak sanačních materiálů, tak i objemů samotného skalního bloku, je nezbytné geodetické zaměření lokality.

Základními možnými způsoby zaměření jsou:

Tachymetrie - vyžaduje přístup měřiče (figuranta) s odrazným hranolem ke každému zaměřovanému bodu, což v případě rozsáhlých, vysokých a strmých

skalních stěn je značně obtížné a nákladné. Polohy bodů jsou zaměřovány polárně a výšky bodů trigonometrickým způsobem.

Pozemní fotogrametrie – dosahuje oproti tachymetrii nižší přesnosti zaměření, ale pro dané účely je zcela vyhovující. Fotogrametrie naopak není limitována přístupem na povrch skály. Pro zaměření povrchu skal se využívá tzv. *dvojsnímková fotogrametrie* neboli *stereofotogrametrie*. To umožňuje prostorové vyhodnocení skalního povrchu. Podmínkou použitelnosti této metody je viditelnost líce skály ze dvou různých stanovišť vzájemně zaměřitelných. V případě, že je skalní líc stíněn stromy je vhodné, jedná-li se o listnaté stromy, provádět zaměření v období vegetačního klidu, kdy se viditelnost skály zvyšuje.

V obou případech musí být zaměření provedeno a vyhodnoceno odbornou geodetickou firmou.

Ve výjimečných případech lze u menších ojedinělých sanovaných skalních bloků do cca 10 m³ provést jeho zaměření pouze orientačně (pásmem, nivelací, trigonometricky apod.), přičemž chyba způsobená měřením není vzhledem k velikosti objektu významná a pro účely projektové dokumentace je dostačující.

E. Projekt sanace rizik skalního řícení

E.1. Obecné zásady

Způsob sanace skalních objektů zpracovaný v *projektové dokumentaci* (dále jen PD) je dán, kromě charakteru skalního bloku, také specifiky samotné lokality. Při zpracování PD musí být zohledněn i přístup na staveniště – k sanovanému skalnímu objektu. Sanace skal, respektive užitý způsob sanace, je ve většině případech omezen právě možnostmi přístupu. Je tedy nutné, aby projektované řešení sanace bylo nejen účinné z hlediska zajištění stability objektu, ale i realizovatelné. S tím jsou spojené i zvýšené náklady na zřízení staveniště a zásobování stavby materiálem. S těmito vícenáklady by mělo být počítáno již ve fázi nabídkového řízení. Potencionální dodavatel projektu a stavby by měl být tedy o problematice v lokalitě sepraven již v této fázi. Základní možné a standardně používané metody sanace jsou zkráceně popsány v *odst. F*.

Pro dosažení minimalizace nákladů je nutné najít efektivní a nepředimenzované řešení. Vzhledem k obtížnému předurčení přesného geotechnického chování nestabilních objektů se při návrhu sanace postupuje dle zásad *observační metody*.

Observační metoda - průběžné posuzování účinnosti primárně navržené konstrukce během stavby. Předem je třeba:

- stanovit *meze chování* a jejich rozsah,
- navrhnout kontrolní sledování - monitoring, které odhalí skutečné chování konstrukce vzhledem k definovaným *mezím chování*,
- vypracovat plán opatření (např. rozšíření primární konstrukce či doplnění dalšími sanačními prvky – kotvy, podpěry, odtěžení apod.), která budou přijata po dosažení příslušného *mezního chování (stavu)*.

Z uvedeného vyplývá, že při *observační metodě*, na rozdíl od klasického postupu výstavby, je při jejím průběhu nezbytný průběžný monitoring probíhající během i po výstavbě. Stavba tedy ve skutečnosti nekončí realizací konstrukce, ale pokračuje následným monitoringem, který je nedílnou součástí stavby (*viz. odst. F.2.*). Výše uvedené postupy (meze chování, rozsah monitoringu, plán opatření apod.) musí být při užití principu *observační metody* součástí PD.

Náležitosti PD včetně přehledu nutných příloh a jejich obsahu je uveden v *odst. E.2.*

Obsah dokladové části PD, respektive subjektů, jejichž požadavky mají být zohledněny a jejichž vyjádření jsou nedílnou součástí PD, je uveden v *odst. E.3.*

PD sanace skalních rizik musí být vypracována osobou s odbornou způsobilostí odpovědného řešitele pro projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací v oboru inženýrské geologie.

E.2. Náležitosti projektové dokumentace

Sanace skalních rizik je ve své podstatě stavební činnost pro jejíž realizaci, povolení a odsouhlasení dotčenými orgány (*odst. E.3.*) je nutné vypracování projektové dokumentace (PD). Ta musí zahrnovat následující přílohy:

- *přehledná situace* – lokalizuje oblast sanace v širším okolí,
- *průvodní zpráva* – obsahuje obecné základní údaje o stavbě:
 - všeobecná část (identifikační údaje, základní údaje charakterizující stavbu, přehled výchozích podkladů, přehled správců a uživatelů, členění stavby, důvody vyvolávající potřebu stavby, účel a cíl stavby, časová posloupnost prací, provedené průzkumy apod. ,
 - technická část (charakteristika území stavby, příprava pro výstavbu, provedené průzkumy, použité mapové a geodetické podklady, zábory pozemků, urbanisticko-architektonické řešení, péče o životní prostředí, zásady zařízení staveniště apod.,
- *technická zpráva* - obsahuje technický popis stavby a jejích částí (popis jednotlivých stavebních objektů, definice zásad *observační metody* (*odst. E.1.*), vytyčení stavby, technické požadavky na provedení prací, péče o bezpečnost práce a technických zařízení apod.),
- *výkresová část* – situace (půdorysy), vzorové řezy, řezy a pohledy jednotlivých objektů se zákresem sanace, vytyčovací výkres atd.,
- *statický výpočet* – obsahem je statické posouzení jak současného stavu (stability objektu), tak i navrženého řešení *),
- *dopravní opatření* – pouze pokud se stavba (sanace) nachází v ochranném pásmu komunikace či vyžaduje-li stavba jakékoli dopravní omezení (nutné schválení policií ČR, SÚS, SSÚD, ČD).
- *soupis prací* – výkaz výměr, rozpočet
- *dokladová část* – obsahuje především vyjádření dotčených subjektů - vlastníků, správců a uživatelů (*odst. E.3.*).

*) Statické posouzení nestabilních či rizikových skalních objektů je však velmi obtížné. Skalní objekty jsou často prostoupeny četnými trhlinami a mají často v různých směrech odlišnou pevnost v tlaku vlivem různých mechanických vlastností. Rovněž smykové parametry hornin na plochách diskontinuit jsou velmi proměnné a jejich stanovení je tedy velmi nepřesné. Z těchto důvodů bývá statické posouzení do jisté míry nahrazováno předešlým podrobným monitoringem, přesněji řečeno jeho vyhodnocením. Statický výpočet tedy stanovuje především mezní podmínky při užití principu *observační metody* (*odst. E.1.*).

E.3. Dokladová část a dotčené subjekty

V případě sanace skalních objektů je obvykle v rámci projektové dokumentace požadováno i provedení tzv. *inženýrské činnosti* neboli zajištění projednání a schválení PD a stavebního povolení u příslušného stavebního úřadu.

K tomu účelu je nutné před vypracováním PD projednat požadavky jednotlivých dotčených subjektů a ty pak následně zohlednit v PD.

V případě sanace skalních rizik mohou být dotčenými subjekty např.:

- vlastníci či správci (např. Lesy ČR),
- vlastníci sousedních pozemků,
- Obecní, Městské či Krajské úřady – do jejichž správy spadá – nutné zohlednit požadavky a specifika dané obce v PD, projednání možnosti umístění zařízení staveniště, odvoz a uložení materiálu (odstraněných skal. bloků) na skládku – doložení ekologického uložení,
- CHKO, NP, rezervací apod. - spadá-li sanovaný objekt do pozemků v jejich správě – nutné zohlednit požadavky v PD,
- SÚS, SSÚD, ČD (nebo jiného správce dráhy) – je-li stavba v ochranném pásmu silniční komunikace či žel. dráhy,
- Policie ČR – vyžaduje-li stavba během výstavby či po ní jakékoli dopravní omezení,
- správci inženýrských sítí,
- apod.

Písemná dokumentace vyjádření všech uvedených subjektů bude obsažena v *dokladové části* projektu.

F. Realizační část sanace rizik skalního řízení

F.1. Sanační metody a postupy

Volba použité sanace nezávisí zdaleka jen na geologickém typu hornin, ale především na stupni porušení (rozpuhanosti) bloku, na stupni zvětrání hlavních diskontinuitních ploch, na pevnosti v tlaku horniny a na samotné morfologii povrchu (*viz. inženýrskogeologický průzkum*). Kvalita obdobných geologických souvrství je v každé *rizikové lokalitě* odlišná a není možné jednoznačně přiřadit určitý způsob sanace k jednotlivým typům hornin. Možný způsob sanace je do jisté míry předurčen i přístupností terénu a požadavky dotčených subjektů (obec, CHKO, NP, apod.), kterou je nutno zvážit a zohlednit již v projektové fázi sanace.

Mezi standardně používané metody při sanaci skalních rizik patří např.:

➤ ochrana před zvětráváním:

- **utěsněním spár a trhlin** - resp. odlučných spár a trhlin v líci skalní stěny cementovou maltou a následné injektování trhlin cementovou injekční směsí za účelem obnovení spojení skalních bloků a utěsnění spár proti vnikání srážkové vody;
jednotlivé fáze:
 - očištění skalního líce od zvětralin a vegetace, především náletových dřevin,
 - hloubkové spárování trhlin,
 - injektování trhlin,
 - utěsnění injekčních vrtů;
- **plombováním** - resp. vyzdění nebo vybetonováním plošně uvolněné části horniny ve skalní stěně nebo dutin v přirozeném skalním svahu; účelem je zpevnění povrchu skály, ochránění dutin před negativním

účinkem srážkové vody či mrazu a v některých případech podepření skalního bloku;

- **torkretovými omítkami** - resp. ochrannými vrstvami na povrchu rozrušené horniny; účelem je jak ochrana proti zvětrávání tak i zpevnění povrchu, kdy je torkret vyztužen drátěnou sítí ukotvenou do horniny; mocnost torkretových omítek je 50 – 70 mm;
- **plášťem ze stříkaného betonu** - prováděných na povrch skalních stěn za účelem zpevnění snadno zvětrávajících hornin; stříkaný beton se nanáší na dvojistou ocelovou síť v 50 mm vrstvách do celkové tloušťky konstrukce 200-300 mm; zpravidla je kombinován s kotvením skalního líce, kdy zajišťuje rovnoměrné roznášení kotevních sil do celé stěny;
- **obkladními zdmi** - které se zpravidla zřizují při sanaci skalních zářezů komunikací (silnice, dálnice, žel. tratě); jedná se totiž většinou o masivní konstrukce vyžadující dobrý přístup, který v jiných případech nelze většinou zajistit; typy obkladních zdí:
 - monolitické kotvené,
 - monolitické budované oddělenou betonáží,
 - montované a polomontované;

- **odtržení převisů a odstranění uvolněných bloků hornin** - je používáno k snížení negativních aktivních sil posunujících na skalní objekt změnou polohy těžiště nebo k jeho úplnému odstranění; k tomu se většinou používá technologie rozpínavých cementů kterými jsou vyplněny návrty podél kterých je blok oddělen; pneumatické trhací práce či odstřel jsou používány pouze výjimečně, protože by jejich účinky mohl být narušen i zdravý masiv;
- **podezdění a podchycení** - je použito v případech kde je potřeba zajistit stabilitu převislých nebo uvolněných skalních bloků hornin; k podezdění či podchycení se používá vyztužených žeber, podchycovacích pilířů a podpěrných trámů;
- **kotvení** - skalních svahů a objektů spočívá v zachycení povrchových navětralých vrstev skalního masívu soustavou kotev, zamezujících zřícení jednotlivých skalních bloků či celé skalní stěny; aktivní síly pohybujících se (nestabilních) bloků jsou zachyceny kotvami a přeneseny do neporušeného stabilního skalního masívu; používají se kotvy nepředpjaté, mírně předpjaté a předpjaté;
- **zárubní záchytné zdi či ploty** - se používají zpravidla jako pasivní ochrana objektů komunikací či pozemků kamennou sutí; budovány jsou při patě rizikových skalních stěn; jejich účinnost je však omezená a používají se většinou pouze jako doplňkové sanační konstrukce.

F.2. Následný geotechnický monitoring

V souladu se zásadami *observační metody* je nezbytné, aby během a po realizaci sanační konstrukce byl následně prováděn geotechnický monitoring. Pro něj platí v zásadě stejné podmínky jako pro monitoring předcházející sanaci (*odst. C.*).

Cílem tohoto monitoringu je především:

- Sledování a prokázání aktivace konstrukcí, tedy narůstání jejich pasivních účinků na labilní skalní objekt. To je charakterizováno snížením přírůstkem deformace v čase a inklinující tedy k nulové hodnotě.

- Sledování absolutních trvalých deformací a jejich srovnání s předem stanovenými mezemi dle observační metody (*odst. E.1.*).

Ukončení monitoringu a tedy celé sanace rizikového skalního je možné až po třech letech měření během kterých nedojde k žádnému nárůstu trvalé tedy nevratné deformace (obdobně jako je uvedeno v odstavci C.). Důvodem této prodlevy je nutnost zcela eliminovat vliv vratných deformací na celkovou hodnotu deformace. Vratné deformace probíhají v ročních cyklech a jsou způsobené proměnnými klimatickými a teplotními podmínkami.

G. Závěrečné shrnutí

K zpřehlednění, názornosti a definování provázanosti jednotlivých kroků při sanaci skalních rizik uvedených v odst. B. až F., je celý postup schematicky zpracován ve *vývojovém diagramu* uvedeném v **příloze č. 1**.

PŘÍLOHA: Vývojový diagram postupu při řešení skalních rizik:



