



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.

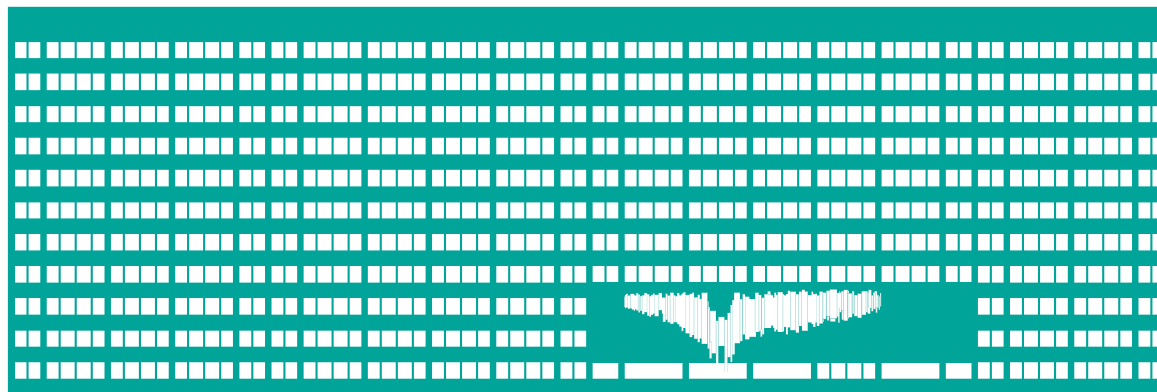


Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020



VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

VSB TECHNICAL
UNIVERSITY
OF OSTRAVA



www.vsb.cz

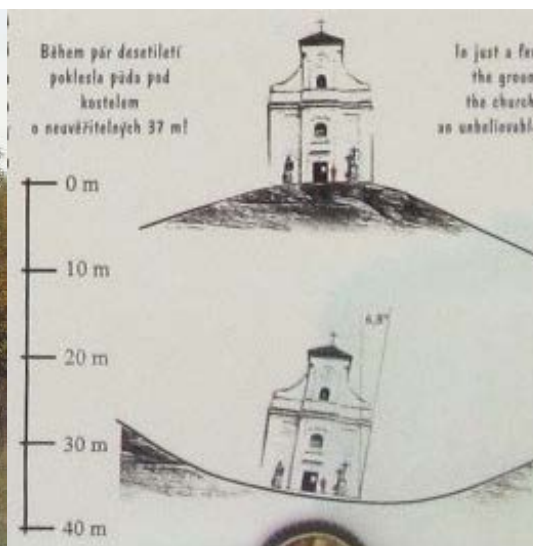
5. partnerský workshop projektu GeoMAP/5. Partnerworkshop im Projekt GeoMAP

Metody zjišťování a vyhodnocování dat na místech postižených těžbou / Methoden der Datenerfassung und Auswertung an Bergbaustandorten



Geomechanické a geotechnické měření na územích postižených těžbou

doc. Ing. Jindřich Šancer, Ph.D.



Obsah prezentace

Úvod

Geomechanický monitoring (těžba, stabilita důlních a podzemních děl)

Geotechnický monitoring (pozemní i podzemní stavitelství, stabilita přírodních svahů)

Příklady geomechanického monitoringu oblastí postižených těžbou

- hlubinná těžba
- povrchová těžba

Úvod

Geomechanický (geotechnický) monitoring se zabývá průběžným zjišťováním změn, ke kterým dochází v horském masívu z různých příčin (kontrola stability horského masívu).

Mezi nejčastěji sledované změny v masívu patří:

Stanovování napětí v horském masívu (HM)

Měření deformací v HM

Měření zatížení výztuže a stabilizačních prvků

Měření ovlivňujících faktorů (klimatické poměry, hladina podzemní vody, pórové tlaky apod.)

Sledování funkčnosti sanačních prvků

Změny fyzikálně mechanických vlastností hornin tvořící masív

Geotemechanický monitoring.

Geotechnický monitoring se zpravidla skládá z několika na sebe navazujících etap:

- Stanovení cílů monitoringu,
- instrumentace – návrh a osazení měřících přístrojů a zařízení,
- vlastní monitoring – vlastní měření a sledování,
- vyhodnocení a interpretace výsledků.



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020



Zásady při monitoringu.

Při geotechnickém monitoringu by se měly dodržovat následující zásady:

- každou požadovanou veličinu je vhodné měřit alespoň dvěma na sobě nezávislými způsoby,
- měřidel musí být dostatečný počet,
- vhodně zvolit přesnost měření – zpravidla je výhodnější obětovat přesnost měření ve prospěch spolehlivosti než naopak,
- v místech těžko přístupných nebo nepřístupných je účelné mít k dispozici dálkové odečítání měřených hodnot,
- včas definovat varovné stavy – které indikují pokles stability svahu.



Měření napětí v horském masívu

V ČR se používají následující metody měření napětí v horském masívu:

Měření napětí hydroštěpením (hydrofracturing)

Měření napětí odlehčením vrtného jádra (overcoring)

Měření pomocí dynamometrů a zatěžovacích buněk (stress cell)

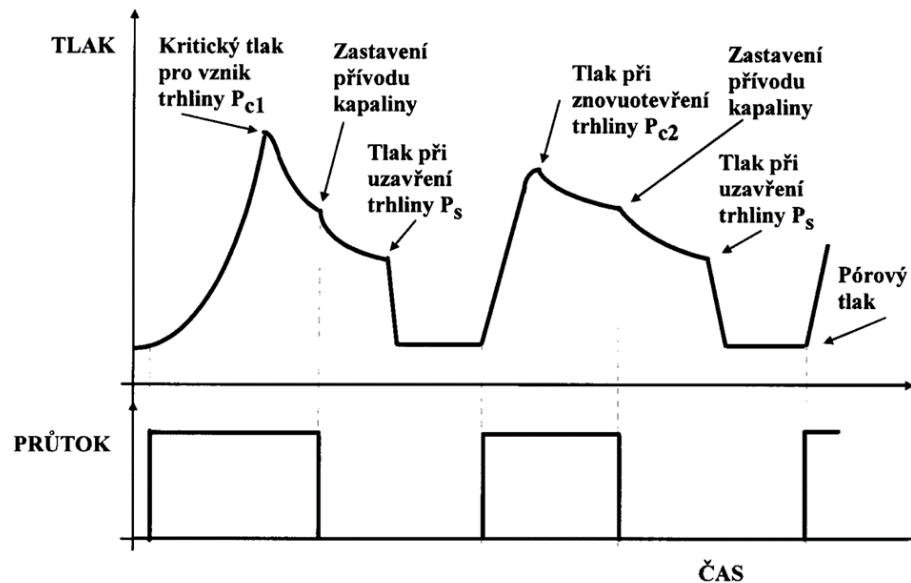
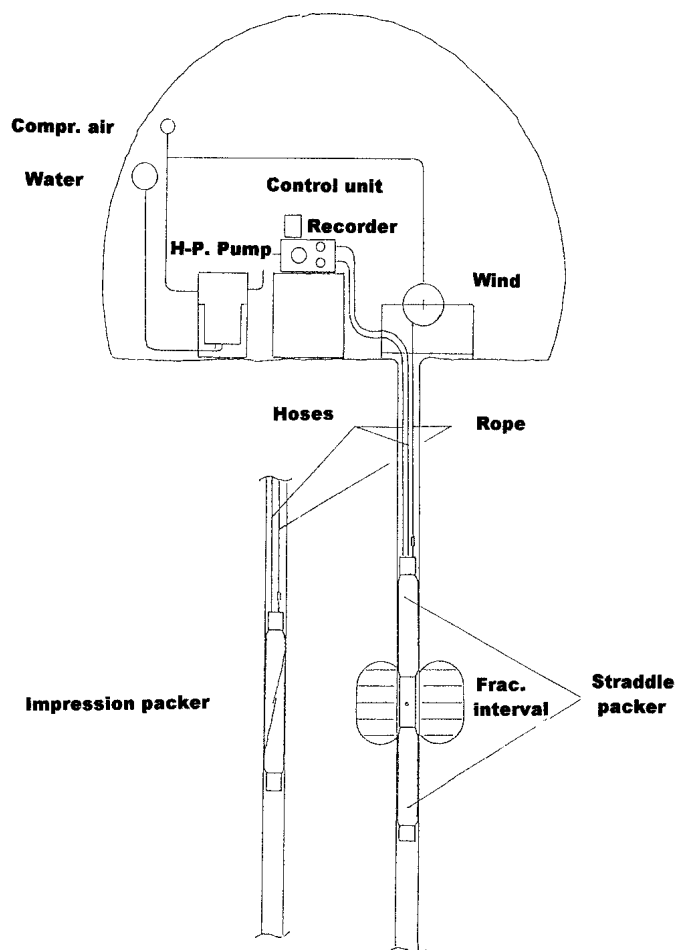
Měření pomocí plochého lisu (flat jack)

Orientační metody – pro zjišťování oblastí v mezním stavu napjatosti

Měření výnosu vrtné drtě

Hodnocení porušení vrtného jádra a stěn vrtu

Měření napětí v HM hydroštěpením.

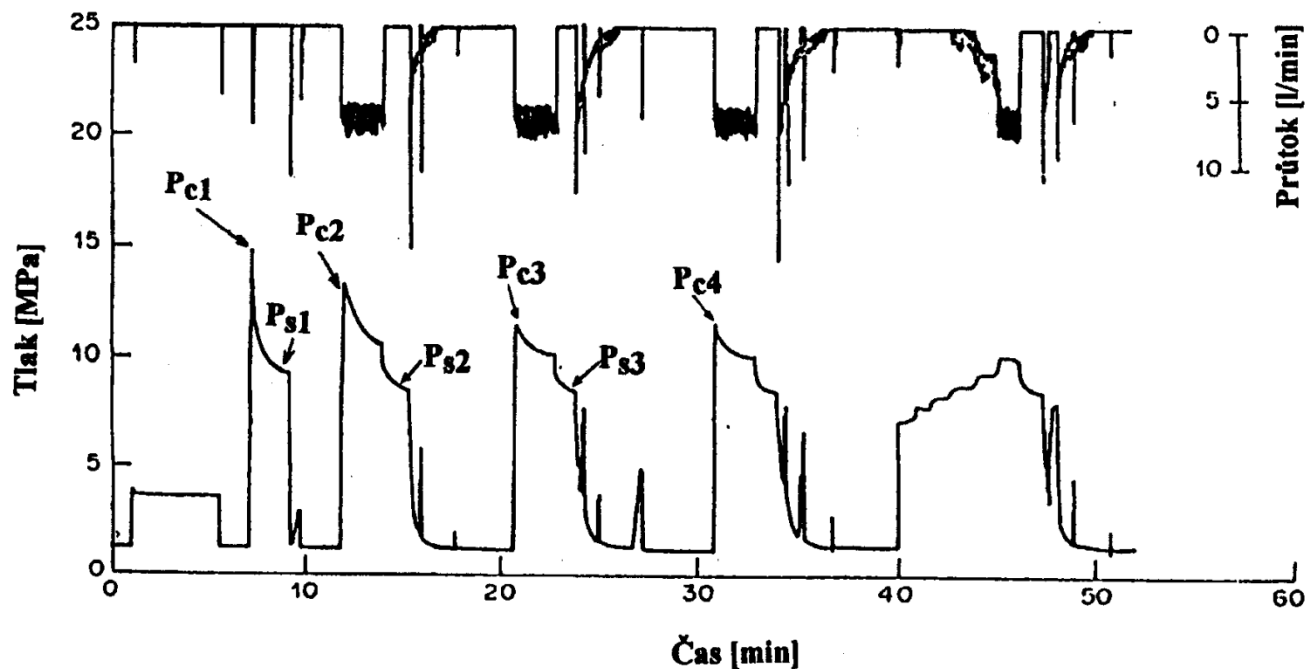


Obr. 27. Schéma typického záznamu hydroporušování s vyznačením jednotlivých tlaků

Měření napětí v HM hydroštěpením.



Měření napětí v HM hydroštěpením.



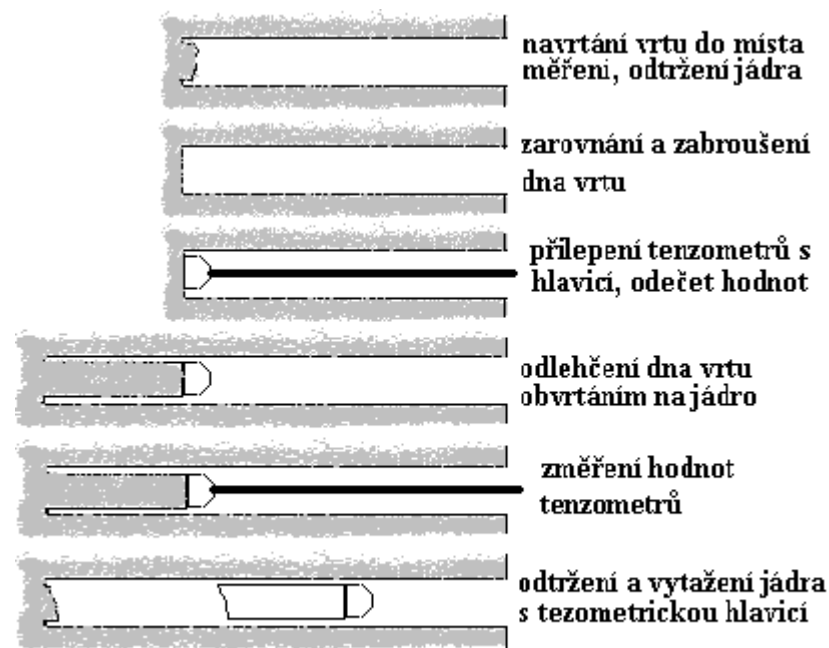
Ukázka reálného záznamu a určení kritického tlaku při porušení P_{c1} , tlaků při znovuootevření trhliny P_{c2} , P_{c2} ...v dalších cyklech a tlaků při uzavření trhliny P_{s1} , P_{s2} ...

Měření odlehčením vrtného jádra

Princip měření je zřejmý z obrázku.

Na tenzometrech měříme napětí v rovině kolmé na osu vrtu.

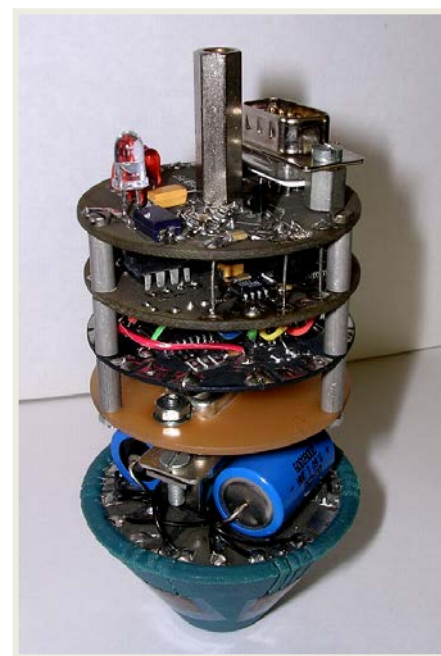
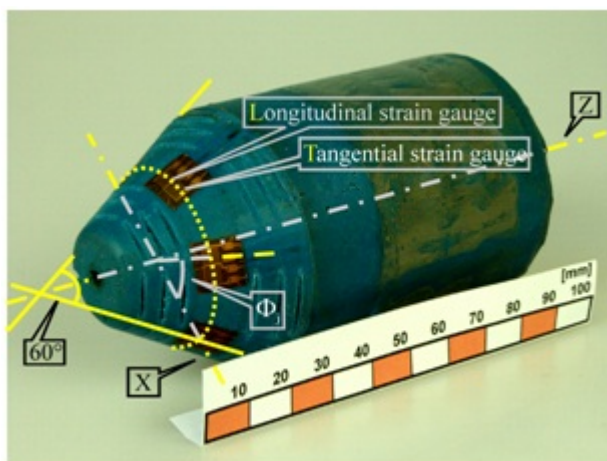
Vyhodnocení se provádí buď zatížením výlomu jádra vrtu s tenzometry na hodnotu odpovídající před odlehčením, nebo výpočty z modulu pružnosti a Poissonového čísla.



Obr. 2.1.

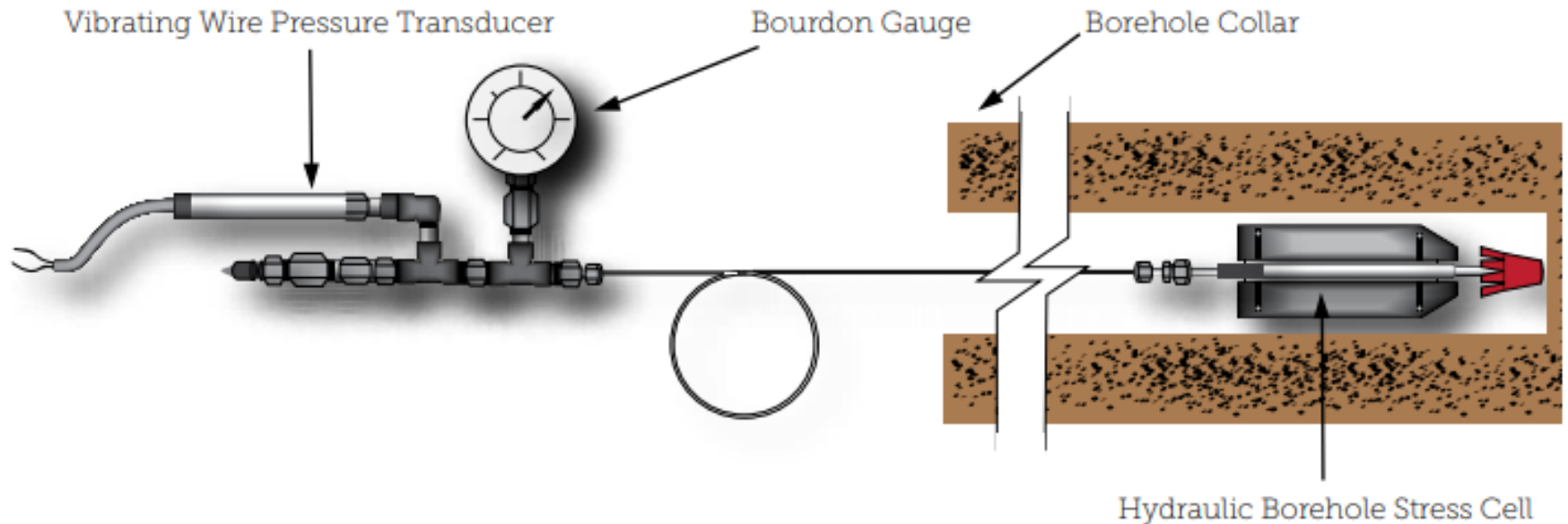
Měření odlehčením vrtného jádra metoda CCBO

Po úpravě tenzometrické hlavičky do tvaru kužele jsou deformace měřeny v nezávislých směrech a proto mohou být vypočteny velikosti a směry hlavních napětí z jediného vrtu.

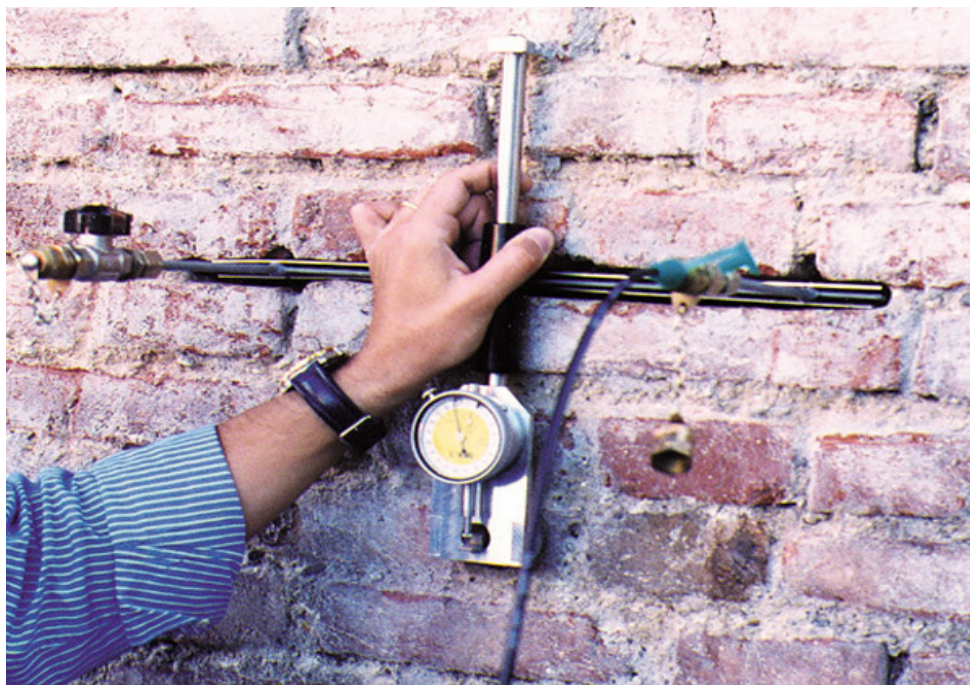
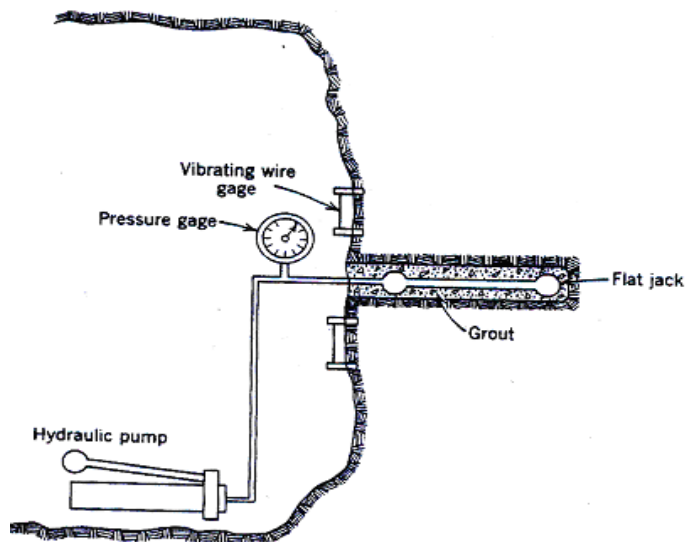


Měření napětí v pilíři pomocí zátěžových buněk a dynamometrů

Používají se pro kontrolu zatížení uhelných pilířů, vkládají se do vrtu.



Měření napětí pomocí plochých lisů



Měření napětí pomocí výnosu vrtné drtě.

W _{ef} (m)	Ø ko- runky (mm)	Množství vrtné drtě (l) ve vzdálenosti od ústí vrtu (m)														
		1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
0,4 - 1,49	42	6,0	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
	115	80	100	120	140	160	200	220	250	300	350	350	350	350	350	400
	200	200	250	350	450	550	650	750	850	950	1200	1200	1200	1200	1200	1600
1,5 - 1,99	42	6,0	7,0	8,0	10	11	12	13	14	16	18	19	21	22	24	25
	115	80	80	80	100	120	140	160	180	250	300	300	300	300	300	350
	200	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
2,0 - 2,99	42	5,0	6,0	8,0	9,0	10	11	12	13	14	16	18	20	21	22	24
	115	60	80	80	100	120	140	160	180	250	300	300	300	300	300	350
	200	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
3,0 - 3,99	42	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	115	60	80	80	80	100	120	140	160	200	250	250	250	250	250	300
	200	100	120	150	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
více než 5,0	42	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	115	40	60	60	80	80	100	100	120	150	200	200	200	200	200	250
	200	60	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900

Hodnocení napětí z porušování stěn vrtu a porušení jádra vrtu.

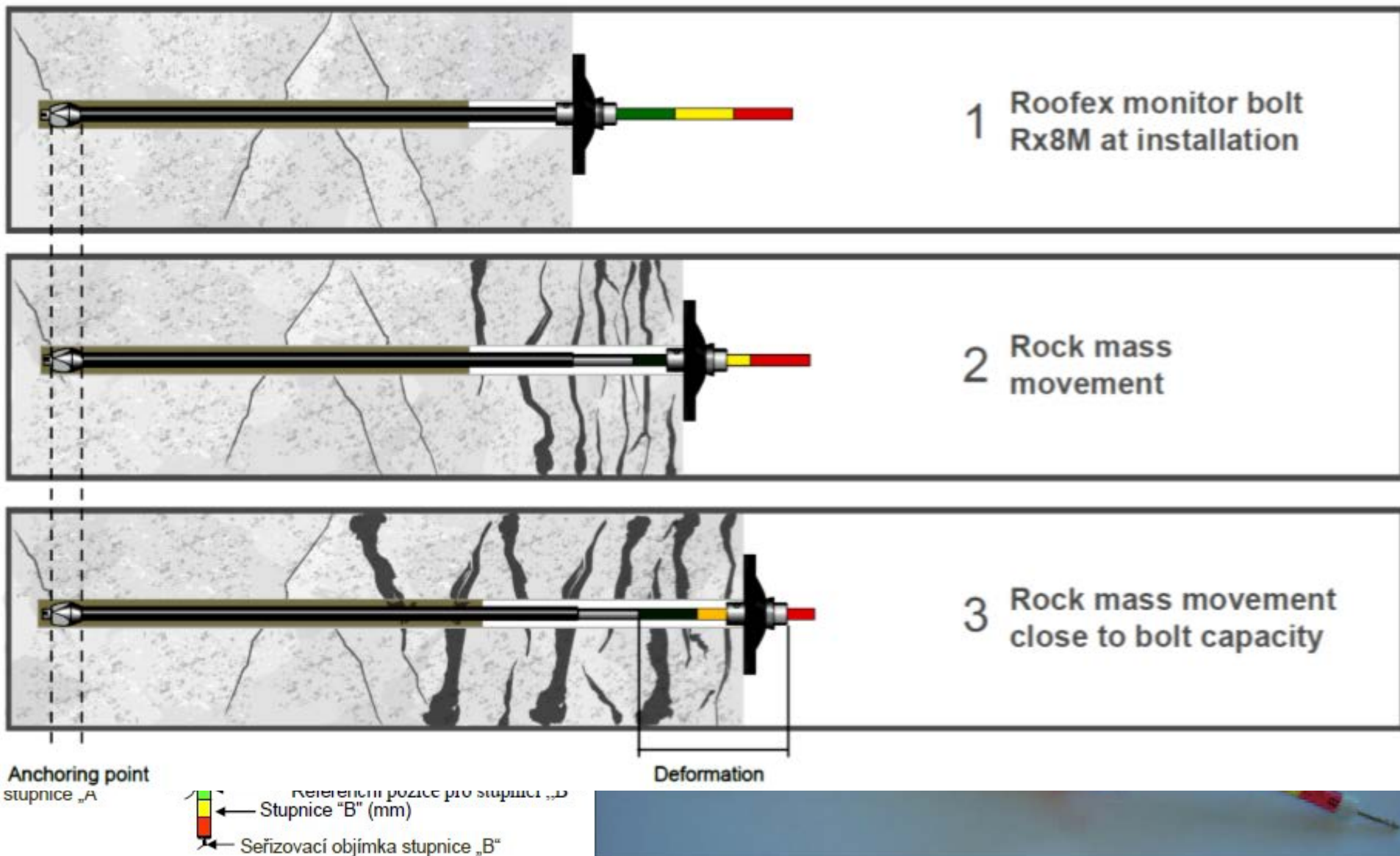


Měření deformací v HM

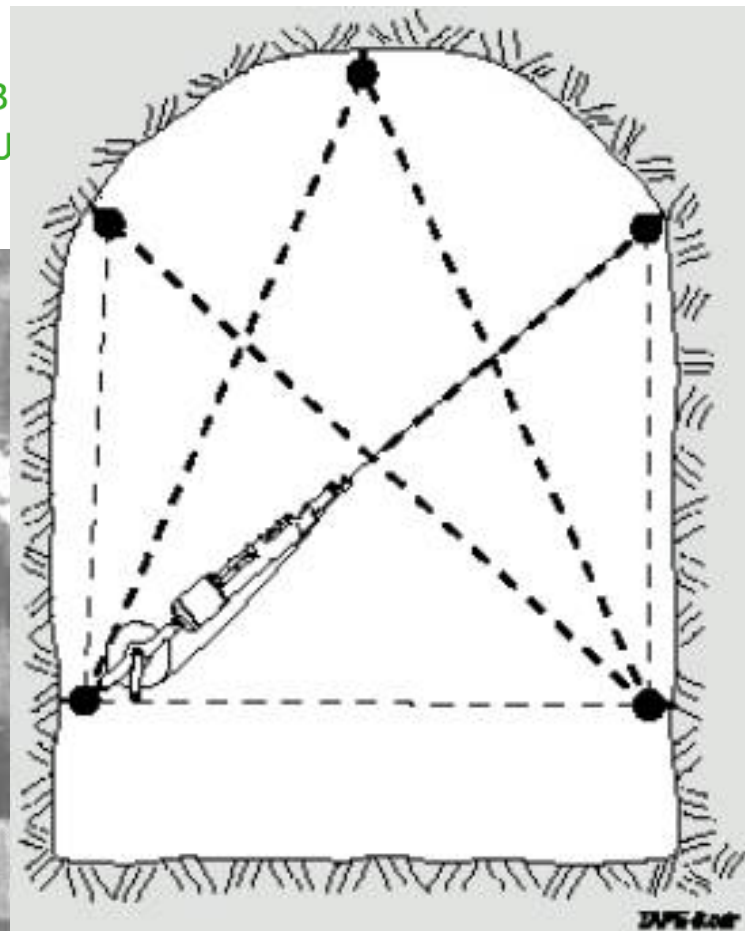
Na změny, které probíhají v horském masivu můžeme usuzovat rovněž podle vzniklých deformací. Měření deformací není takový problém jako stanovování napětí. Existuje celá řada postupů, jak deformace v horském masivu stanovit.

Nejsnadnější je sledování deformací důlních děl, ale je možné sledovat rozvolňování horského masivu ve vrtech, deformace profilu vrtů, změny úklonu mezi dvěma fixovanými body a pod.

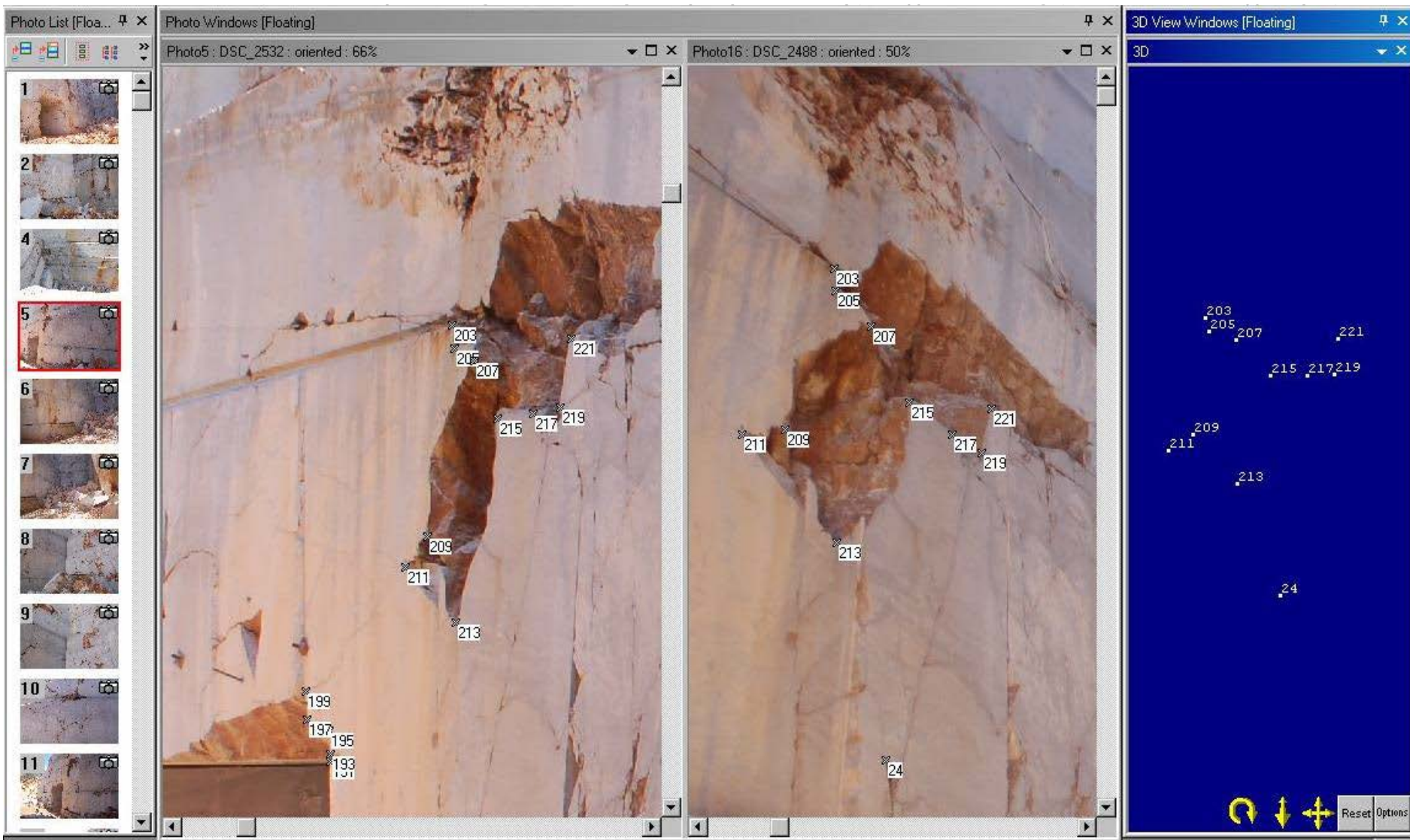
Extenzometry do vrtu



Měření konvergence

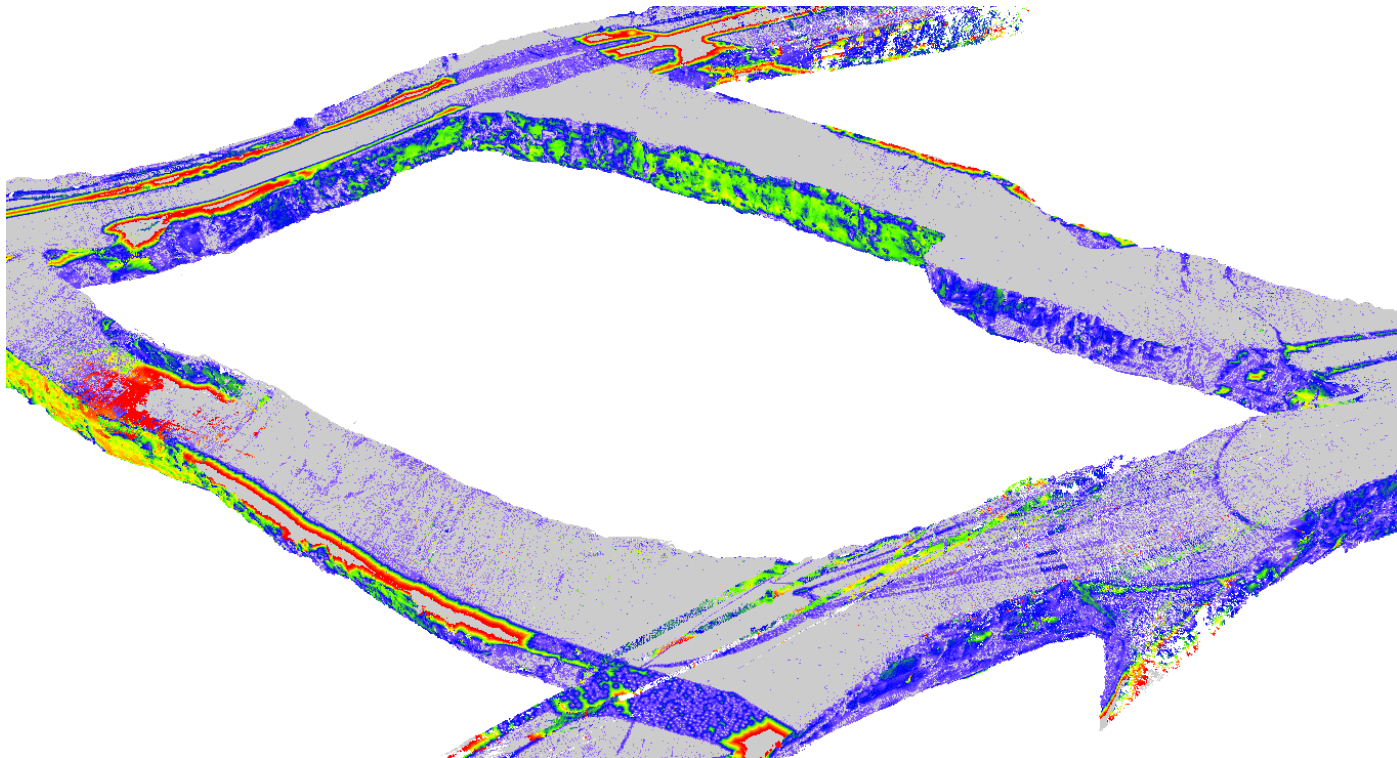


Fotogrametrické měření

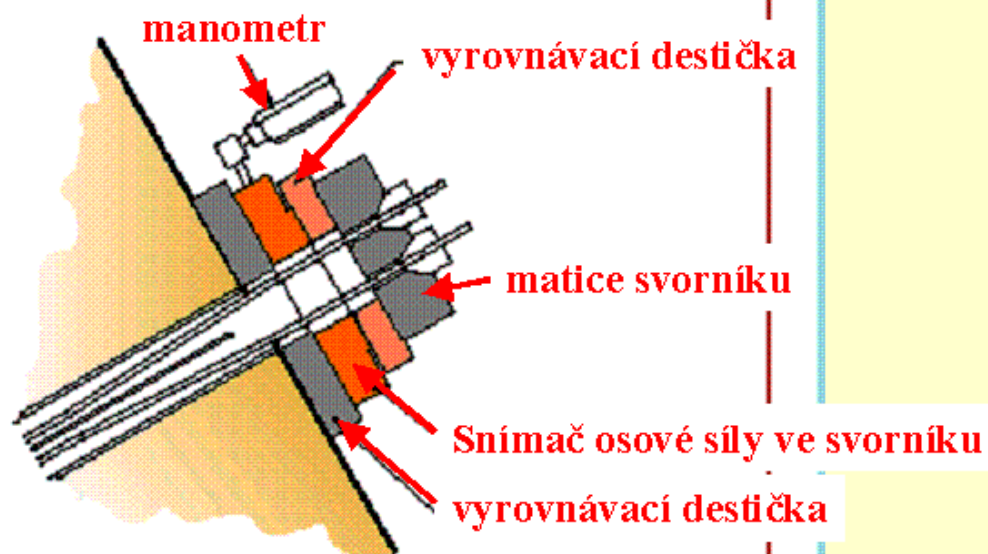


Laserové 3D scanování

V dnešní době postupně nahrazuje klasickou fotogrametrii 3D laserové scanování, pomocí které lze rovněž vyhodnocovat konvergence důlních děl.



Měření zatížení kotev pomocí dynamometrů



Geotechnický monitoring (sesuvy)

Pro posouzení postupného vývoje sesuvu a účinnosti sanačních opatření se používá celá řada zařízení, které mohou být rozděleny do těchto hlavních skupin:

- přístroje používané pro monitorování pohybů hornin a zemin,
- přístroje pro měření tlaků vody a kolísání hladiny podzemní vody,
- přístroje pro měření tlaku půdy (horniny) a zatížení kotev a svorníků,
- přístroje pro monitorování vibrací horniny a jiné.

Monitorování pohybu svahu

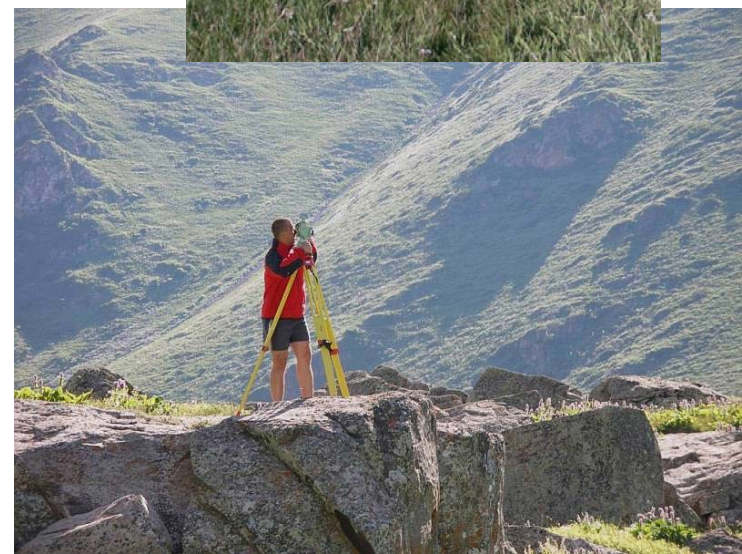
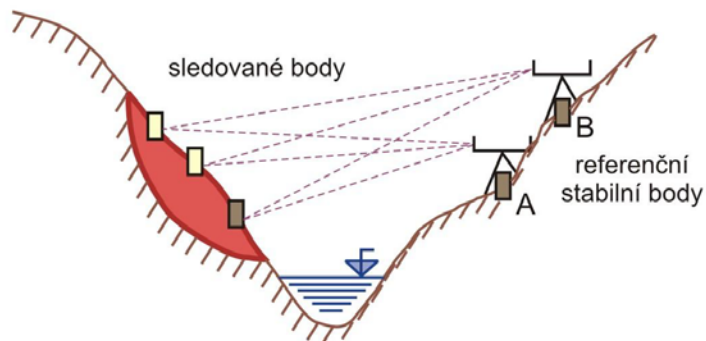
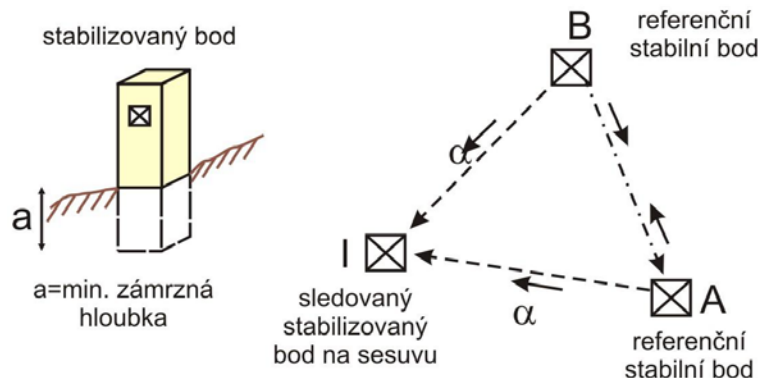
Hlavním úkolem monitorování na sesouvajících se svazích je sledování pohybu svahu, a to jak na povrchu tak i v těle svahové deformace. Mezi nejčastější metody monitorování pohybu povrchu svahu patří:

- Geodetické metody,
- SAR radar,
- extenzometrické metody,
- měření na trhlinách,
- přesná inklinometrie,
- pomocí sond – deflektometry, stacionární inklinometry,
- ostatní metody.

Geodetické metody

- určování polohy bodu v prostoru

*Určování polohových změn stabilizovaných bodů
trigonometrickým měřením*



Geodetické metody

- automatická totální stanice





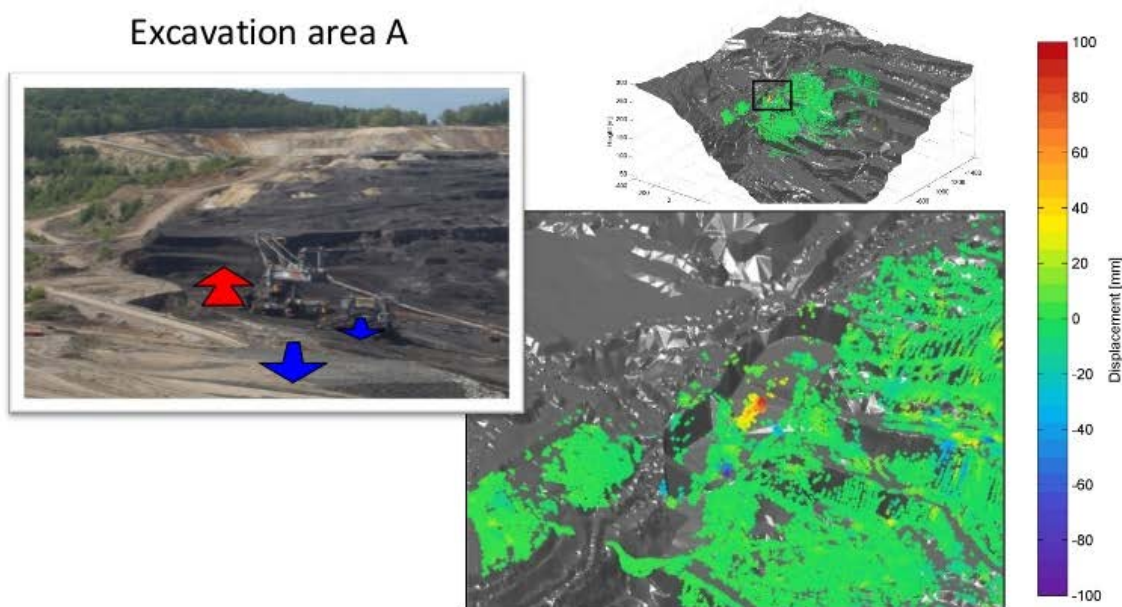
SAR (Synthetic Aperture Radar)



SAR (Synthetic Aperture Radar)

Monitoring an open pit mine, 2015

Excavation area A



37



Extenzometrické měření

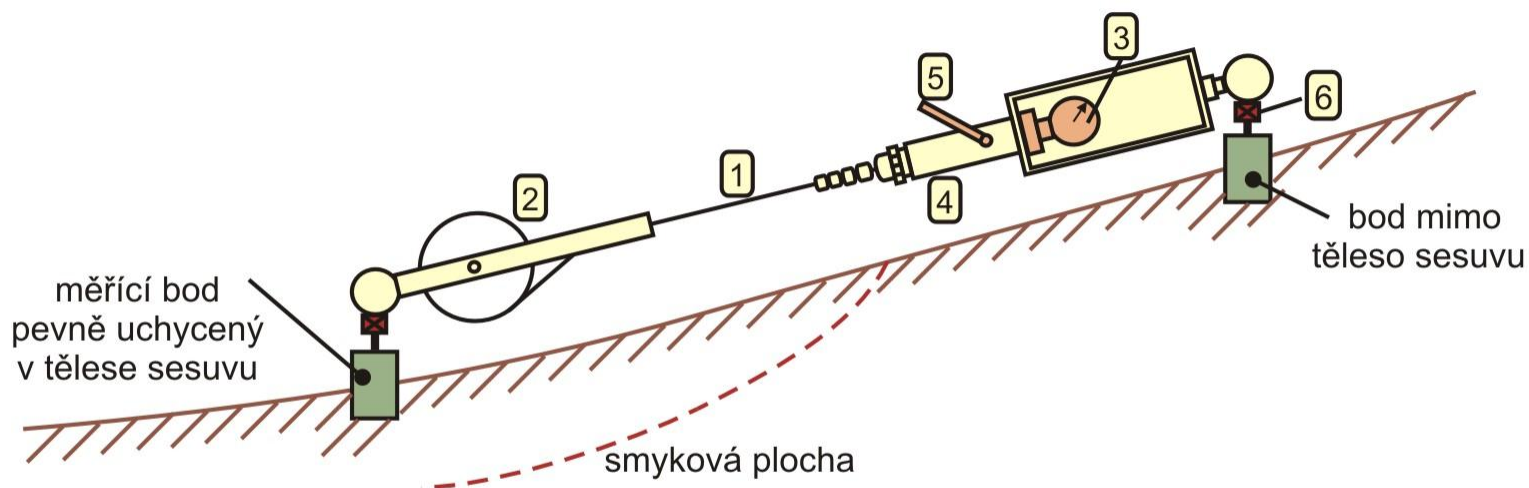
Mezi další metody hodnocení vývoje svahové deformace patří *extenzometrická měření*. Metoda je založena na měření vzájemné polohy stabilizovaných bodů, a to za předpokladu, že alespoň jeden z nich je umístěn mimo svahovou deformaci. Metoda extenzometrických měření patří mezi nejčastěji používané kontrolní metody sledování svahů.

Podle způsobů měření mezi body rozeznáváme extenzometry:

- pásmové,
- drátové,
- tyčové.

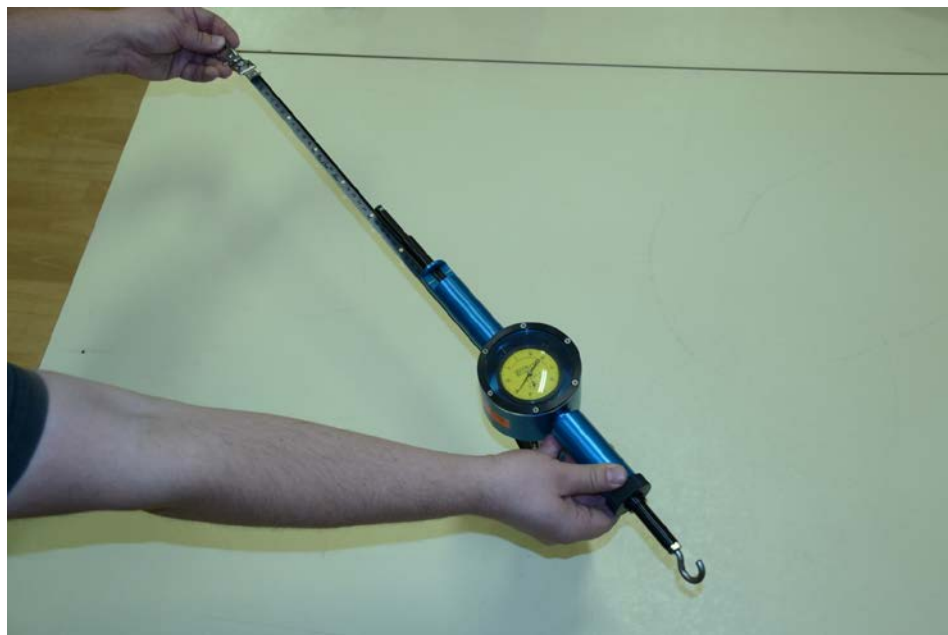
Pásmová extenzometrie

Schéma pásmového extenzometru



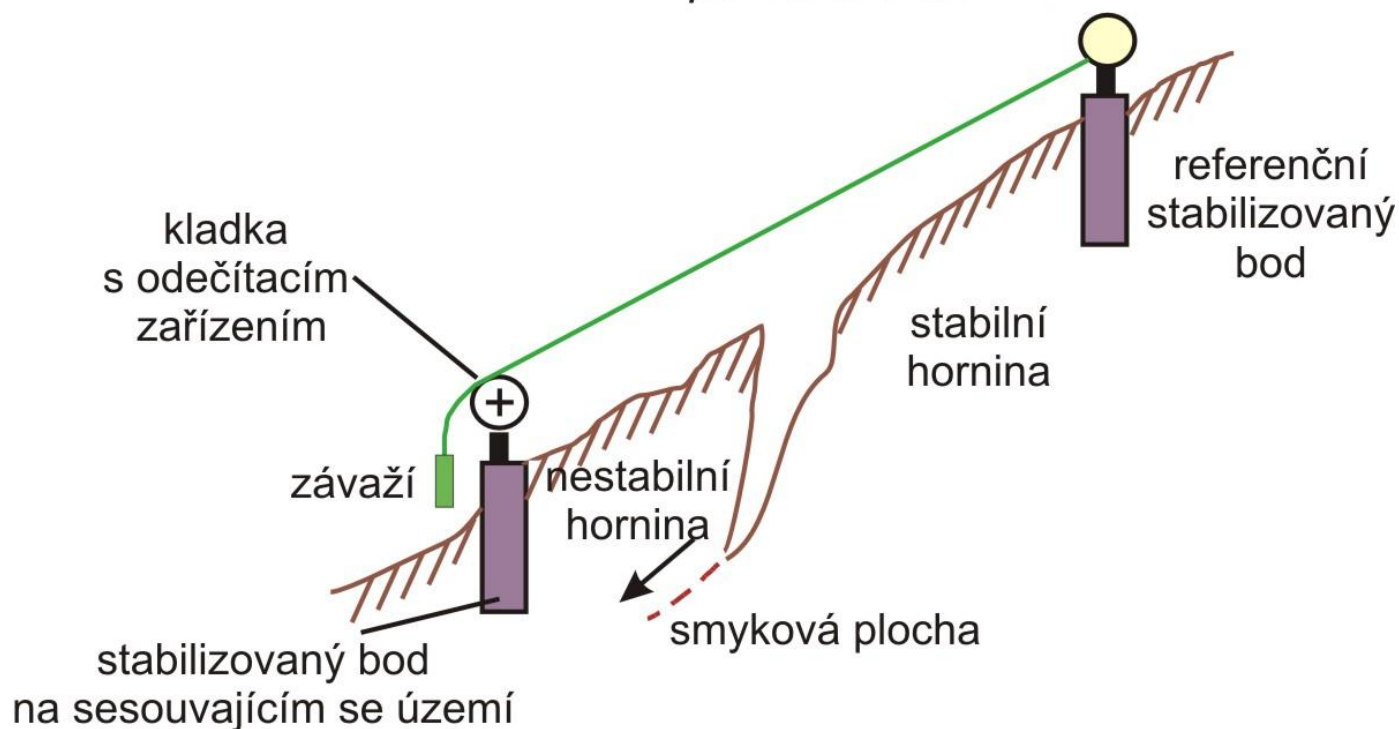
1 - pásma z invarové oceli, 2 - naviják pásy, 3 - číselníkový úchylkoměr, 4 - pružina napínající pásma, 5 - pásma napínající pásma před měřením, 6 - zacementované měřičské body, na které se nasazují konce pásma

Pásmový extenzometr



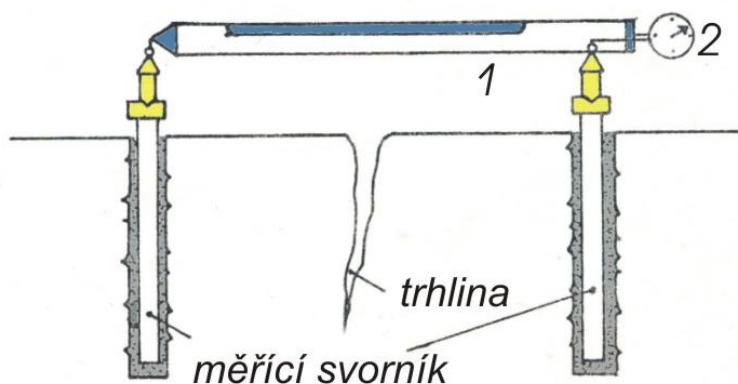
Drátové extenzometry

*Princip drátového extenzometru pro měření na
povrchu území*



Měření na trhlinách

Schéma trhlinoměru



1 - posuvné měřidlo, 2 - indikátorové hodinky

Trhlinoměr D313 pracující na elektrickém principu



Měření na trhlinách - dilatometr



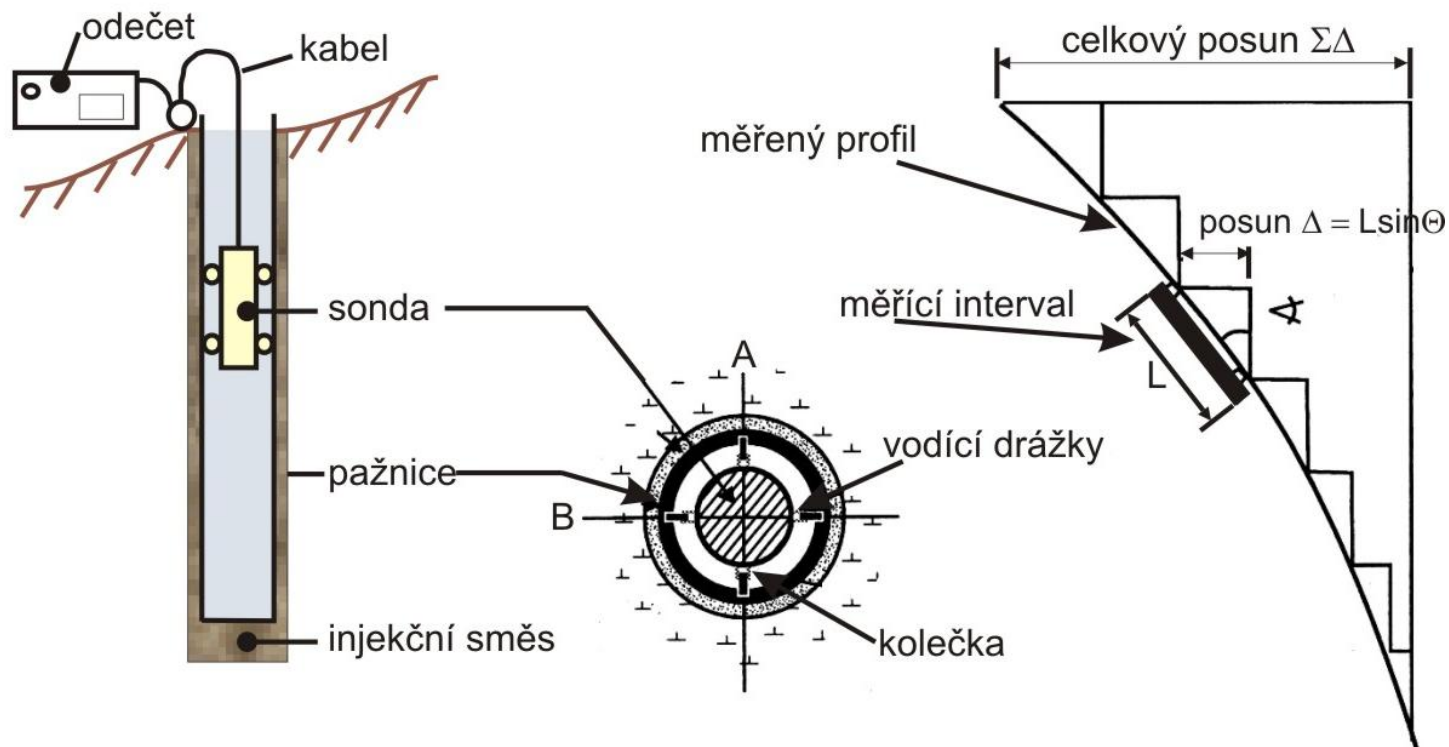
Inklinometrie

Pro sledování pohybů uvnitř horninového masívu se nejčastěji používá přesná inklinometrie. Inklinometrií se měří horizontální deformace ve vrtu vyvolané pohybem na smykové ploše. Aby bylo možné měření opakovat, používají se speciální drážkované pažnice, které se do vrtu pevně zabudují. Měření se provádí ve dvou na sebe kolmých směrech.

Inklinometrická zařízení jsou sondy, dlouhé většinou 0,5 až 1,0 m, průměru 25 až 30 mm, které obsahují přesná náklonoměrná čidla. Při vlastním měření se postupně odečítají hodnoty úklonu osy vodící pažnice pro každý úsek odpovídající délce měřící sondy (viz obr.).

Inklinometrie

Princip měření inklinometrickou sondou

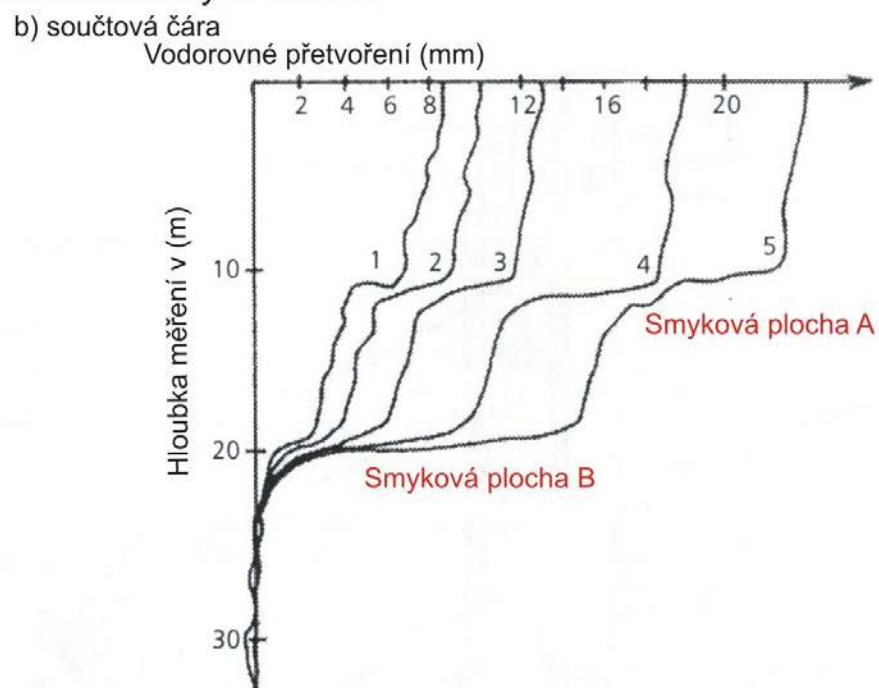
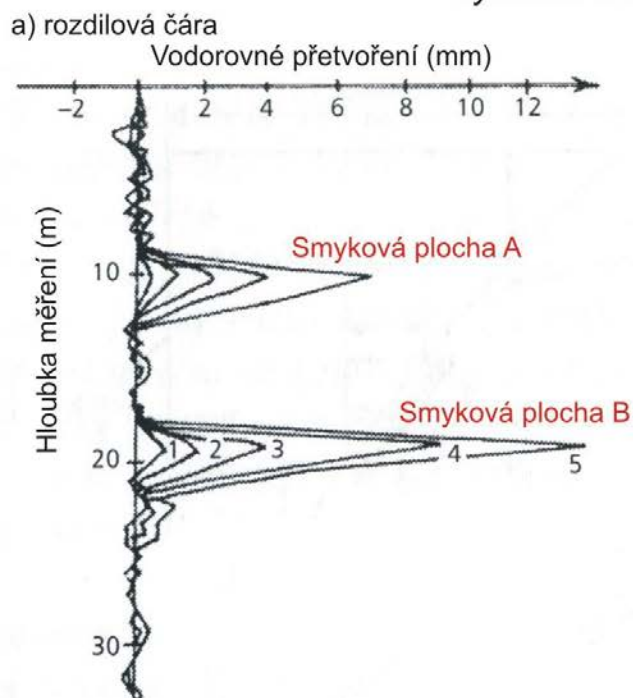


Inklinometrie



Vyhodnocení inklinometrie

Vyhodnocení inklinometrických měření

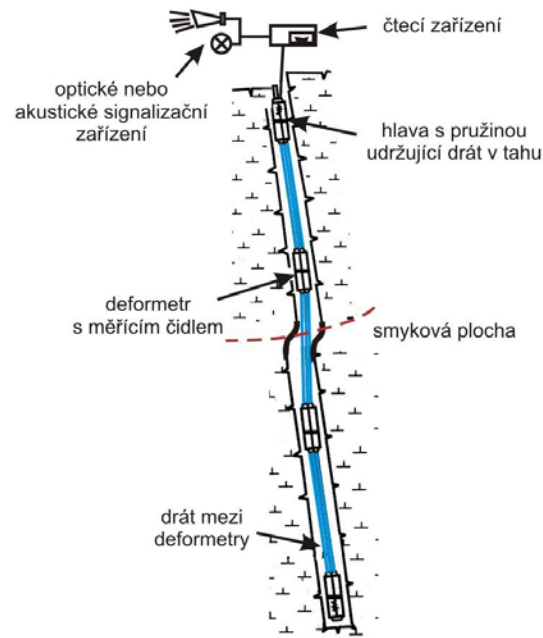


Měření polohových změn sondami

Pro měření náklonu a polohových změn mezi definovanými úseky ve vrtu se používá např. deflektometru, který představuje soustavu měřících článků, propojených tyčovými nebo drátovými spojkami.

Schéma drátového deflektometru pro měření posuvů ve vrtu

V člancích se měří změna původního úhlu mezi spojkami a délky každé spojky.



Měření ná

Pro měření ná
přesné náklon



iltmetry)

od. se používají



Měření HPV a pórových tlaků

Pro měření hladiny podzemní vody se nejčastěji používají hladinoměry, pro měření pórových tlaků (i odhad HPV) se používají piezometry.



Kombinace monitorovacích prvků

Kombinace monitorovacích prvků osazených na kotvené pilotové opěrné zdi na dole Bílina (tiltmetr, dynamometry, inklinometr, stabilizovaný bod).



**Děkuji za pozornost /
Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

