

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta,
Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky

Svahové pohyby na Petříně v Praze 1

Bakalářská práce

Jan Beneda



Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Jan Král
Odborný konzultant: Ing. Zdeněk Kudrna, CSc.

Praha 2006

GEOTECHNIKA
SVAHOVÉ POHYBY
PETŘÍN
SANACE
SEBUVY
PRAŽSKÝ ZLOM
ORDOVIK , KRÍDA

Svahové pohyby na Petříně v Praze 1

Abstrakt:

Práce se zabývá problematikou petřínského sesuvu, který byl poprvé zaregistrován na jaře roku 1964. Od té doby probíhaly na petřínském svahu složité a velmi finančně nákladné sanace a rekonstrukce. Pro lepší představu jsou nejprve zmíněny obecné faktory, které sesuvy způsobují a k tomu je uveden přehled sanací, které slouží k stabilizaci sesuvem postiženého území. Vzhledem k rozsahu bakalářské práce nebylo účelem komplexní vyhodnocení všech archivních údajů, ale spíše byla snaha o stručný popis jak vývoje petřínského sesuvu, tak sanací prováděných na Petříně. Součástí práce je také popis monitoringu v blízkosti Hladové zdi, kde se provádí měření svahových pohybů blokového typu. Tyto velmi pomalé deformace, způsobené pohybem pískovcových bloků, nemají přímou souvislost s petřínským sesuvem. Z dlouhodobého hlediska jsou ale stejně důležité a při jejich podceňování by mohly v budoucnu způsobit velké problémy, tak jako to bylo při zanedbání sanace petřínského sesuvu.

Slope movements on Petrin Hill in Prague 1

Abstract:

This paper deals with Petrin's land-slide, first registered in spring 1964. Since then, there have been complicated and very expensive sanitations and reconstructions in progress on the Petrin slope. For a better overview, general factors causing land-slides are mentioned first and also a survey of sanitation works which are used for stabilising an area affected by land-slide is introduced. According to the length of the Bachelor's work, its aim was not a complex synthesis of all archive data, but rather an attempt to describe concisely both the evolution of the Petrin's land-slide and the sanitation done at Petrin. A description of monitorings close to the Hladova wall, where measuring of slope movements of block type is in progress, is also part of this paper. These micro deformations, caused by movement of sandstone blocks, have not a direct connection to the Petrin's landslide. However, from long-term view these are of similar importance and neglecting them could lead to significant problems in future, as neglecting sanitations of Petrin's landslide has.

1. ÚVOD	2
2. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ	3
2.1. Vymezení území	3
2.2. Klimatická charakteristika území	3
2.3. Morfologie území	3
2.4. Využití území	3
2.5. Hydrografické poměry	5
3. GEOLOGICKÉ POMĚRY	5
3.1. Pražský zlom	6
3.2. Ordovik	6
3.3. Svrchní křída	7
3.4. Pokryvné útvary	8
3.5. Antropogenní sedimenty	8
4. HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY	8
4.1. Zvodeň křídové podzemní vody	8
4.2. Zvodeň kvartérní podzemní vody	9
5. PLOŠNÉ SESUVY	9
5.1. Faktory způsobující sesuvy	10
5.2. Sanační práce	11
6. SESUV NA PETŘÍNĚ	14
6.1. Charakteristika sesuvného území na Petříně	14
6.2. Příčiny sesouvání	15
6.3. Vývoj sesuvu na Petříně	15
6.4. Sanace sesuvu na Petříně	17
7. SVAHOVÉ POHYBY BLOKOVÉHO TYPU	19
7.1. Měření svahových pohybů blokového typu na Petříně	20
8. ZÁVĚR	24
9. POUŽITÁ LITERATURA	25
10. PŘÍLOHY	26

1. ÚVOD

V rámci ukončení bakalářského studia na katedře hydrogeologie a inženýrské geologie PřF UK jsem začal na jaře roku 2006 pracovat na bakalářské práci. Jako téma jsem si vybral petřínský sesuv, který byl poprvé zaznamenán na jaře roku 1964. Průzkumné práce spojené právě s tímto sesuvem byly v minulosti zájmem mnoha firem a proto o problému petřínského sesuvu existuje množství podrobné dokumentace. Cílem bakalářské práce bylo popsat vývoj sesuvu na Petříně a jeho sanací od roku 1964 až do roku 2006. Účelem práce bylo také nastínění problematiky měření velmi pomalých deformací, které jsou způsobeny pohybem pískovcových bloků ve vrcholové části Petřína v oblasti Hladové zdi. Měření na této lokalitě probíhá nepřetržitě již od roku 1978 a proto výsledky mohou být považovány za reprezentativní pro danou oblast. Výsledný graf těchto velmi pomalých deformací je v práci přiložen. Ačkoli měření těchto deformací probíhá na jiném místě než byl sesuv na Petříně v minulosti lokalizován, je zřejmé, že tyto dva jevy spolu nepřímo souvisejí.

Informace o již provedených průzkumných pracích jsem získal pomocí instituce České geologické služby – Geofond. Související materiály s petřínským sesuvem mi též zapůjčily v Geologické knihovně PřF UK a v Národní knihovně. Jak je dále v práci uvedeno, jeden z nejdůležitějších faktorů, které sesuvy způsobují, je množství atmosférických srážek. Přehled o měsíčních úhrnech srážek byly buď převzaty z jiných prací nebo přímo zjištěny z meteorologické pozorovací stanice Praha – Karlov.

Na tomto místě bych chtěl poděkovat především RNDr. Janu Královi, který byl mým vedoucím bakalářské práce. Za metodické vedení a cenné odborné rady, které jsem využil při zpracování své bakalářské práce, děkuji Ing. Zdeňkovi Kudrnovi, CSc. Dále děkuji za odbornou pomoc a zapůjčení materiálů Ing. Blahoslavovi Košťákovi, CSc. z Akademie věd České republiky. Také děkuji Vladimírovi Vojířovi z firmy Nautilus (agentura pro poznání Země), který mi poskytl cenné informace ohledně novodobých průzkumů a monitoringu na Petříně. Nakonec bych ještě neměl opomenout paní Čermákovou pracující na odboru životního prostředí Magistrátu hlavního města Prahy, která mi pomohla sehnat kontakty na geologické a stavební firmy, které v současnosti na Petříně sanace provádějí.

2. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

2.1. Vymezení území

Zájmové území se nachází v Praze 1 a je zhruba ohraničeno na severu areálem Strahovského kláštera a ulicí Úvoz, na jihu tvoří hranici Hladová zeď. Na západní straně je ohraničeno ulicí Strahovskou a na straně východní ulicí Karmelitskou. Rozloha zájmového území je zřejmá z přehledné situace v měřítku 1:5000 (viz. příloha 1). Nadmořská výška zájmového území se pohybuje v rozmezí od 203 m n.m. do 328 m n.m. se sklonem k východu a severovýchodu.

2.2. Klimatická charakteristika území

Podnebí na tomto území je mírně teplé a průměrná roční teplota se pohybuje okolo 8,5°C. Množství atmosférických srážek je jedním z nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují stabilitu petřínského svahu. Údaje o množství atmosférických srážek z období 1990 – 2006 jsou získány z měsíčního přehledu meteorologických pozorování observatoře Praha – Karlov a údaje o měsíčních úhrnech srážek v letech 1931 – 1960, 1977 – 1983, 1987 – 1990 jsou převzaty z diplomové práce Jaroslava Voltra. Měsíční úhrny srážek z období 1963 – 1965 jsou převzaty z práce Ladislava Řepky. Přehledně vypracováno v přílohách 2 a 3.

2.3. Morfologie území

Vrch Petřín nad Vltavou mezi Malou Stranou a Strahovem patří mezi nejrozsáhlejší zelené plochy města, jejichž nejvyšší nadmořská výška dosahuje 320 - 328 m. Petřínská stráž v Praze z hlediska geomorfologického členění ČR (Demek J. et al., 1972) patří k území Poberounské soustavy, která je zastoupena Pražskou plošinou. Nynější vzhled petřínských svahů byl vytvořen erozí řeky Vltavy a jejich přítoků (Motolského potoka a Brusnice). Cenomanské pískovce s ostrými výchozy a jednotlivými skalkami tvoří svrchní tabulovitou část Strahova a Petřína.

2.4. Využití území

První písemná zpráva o Petřínu pochází z roku 1108, kdy byli na zdejším poprávišti stínání poslední Vršovci. Tehdy zde byl hluboký les táhnoucí se až k Bílé Hoře.

Název Petřín byl patrně použit až v 17. století. Je odvozen z latinského slova petrus (skály). Ve středověku začal les ustupovat vinicím a hospodářsky obdělávaným plochám. Ve 14. st. zde Karel IV. nechal postavit Hladovou zeď. Její délka je 1178 m, výška 7,5 - 8 m a průměrná šíře 1,7 m. Od r. 1980 se v etapách provádějí rozsáhlé opravy značně poničené Hladové zdi se snahou navrátit jí původní podobu. V petřínských svazích odedávna vyvěralo množství pramenů, a tak zde byl kdysi vybudován vodovod. Šlo o soustavu štol, která sváděla vodu k Strahovskému klášteru, na Pohořelec i na Malou Stranu. Štoly byly několikrát rekonstruovány. V roce 1965 byla podzemní voda jednou z příčin sesuvu, při kterém došlo k poškození kolejiště lanové dráhy. Po rekonstrukci a vybudování odvodňovacích štol se odvádějí petřínské prameny samostatnou kanalizací do Vltavy. Jak šla staletí, byl vrch Petřína rozdělen na několik zahrad, jejichž zkulturnění (viz. obr. 1) spadá převážně do 30. let 19. st. Největší z nich Kinského sady byly založeny vně barokních hradeb a tvoří tedy samostatný celek.



Obrázek 1 – Pohled na petřínský svah

Jednotlivé zahrady Petřína jsou:

Lobkovická zahrada - patří k Lobkovickému paláci, v němž sídlí velvyslanectví Spolkové republiky Německo.

Nebozízek - nachází se mezi Újezdem, Hladovou zdí a lanovou dráhou. Táhne se od úpatí kopce až na vrchol k horní stanici lanovky. Má rozlohu 8 ha.

Růžový sad - park o výměře 5,6 ha se rozkládá na náhorní plošině vrchu Petřína a je ohraničen obvodovou zdí barokního opevnění města ze 17. - 18. st. a Hladovou zdí. Růžový sad má tři části: rozárium ve tvaru otevřeného vějíře, rozárium kruhové a parterový prostor se stříhanými habrovými stěnami.

Park U rozhledny – nachází se kolem petřínské rozhledny uvnitř hradeb mezi zahradami Velkou strahovskou, Lobkovickou, Seminářskou a Růžovým sadem. Zaujímá 2,5 ha na náhorní plošině Petřína. V letech 1933 - 37 došlo při úpravách parku k propojení se Seminářskou zahradou, zeď zahrady Strahovské byla zbourána až v 70. letech 20. stol. Ústředním bodem parku je dnes Petřínská rozhledna postavená u příležitosti Jubilejní výstavy v r. 1891.

Seminářská zahrada (původně Gryspekovská) - stala se v 1. pol. 17. století klášterní zahradou řádu karmelitánů u Panny Marie Vítězné. Po zrušení kláštera v roce 1784 byla proměněna v zahradu arcibiskupského semináře. V letech 1912 - 14 zde byl vysazen velký počet ovocných stromů. V seminářské zahradě roste cca 2 100 ovocných stromů. (Pražská informační služba, 2006)

2.5. Hydrografické poměry

Zájmové území leží v povodí řeky Vltavy. Srážkové i podzemní vody z území Petřína jsou zachytávány kanalizací a odváděny do Vltavy třemi vodovodními systémy, případně se přirozenou cestou odvodňují.

3. GEOLOGICKÉ POMĚRY

Sesuvné území leží na východním svahu Petřína, jehož sklon je asi 15 – 20°. Starší předkvartérní podklad tvoří zvrásněné horniny staršího paleozoika (ordoviku). V jižní části je tento skalní podklad reprezentován ordovickými břidlicemi šáreckého souvrství, v severní části pak břidlicemi bohdaleckého souvrství, což nasvědčuje tomu, že zájmové území leží

v oblasti pražského zlomu. Nad těmito zvrásněnými staropaleozoickými horninami leží diskordantně uložené horniny svrchní křídly (cenoman a turon). Svahové sedimenty, které pokrývají svah, pocházejí většinou ze zvětralých a přemístěných hornin křídového a prvohorního stáří. (L. Řepka, 1969)

3.1. Pražský zlom

Pražský zlom je poruchové pásmo, které probíhá napříč Prahou. Na Petříně tato tektonická linie probíhá mezi šáreckými břidlicemi na jižní a bohdaleckými břidlicemi na severní straně tělesa lanové dráhy. U pražského zlomu jsou známé menší přesmyky s dislokačními plochami mírně ukloněnými. (L. Řepka, 1967)

3.2. Ordovik

Šárecké souvrství je tvořeno tmavě šedými jílovitými a jemně slídnatými prachovitými břidlicemi, které mají roubíkovitý rozpad. Šárecké břidlice vystupují na povrch jižně od restaurace na Nebozízku v zářezu cesty nad pomníkem K. H. Máchy. Na severní straně je šárecké souvrství tektonicky tzv. pražským zlomem odděleno od souvrství bohdaleckého.

Vinické souvrství je vyvinuto v blízkosti areálu strahovského kláštera a vyznačuje se monotónním sledem černošedých jílových, jemně slídnatých břidlic. Ve svrchních polohách jsou tyto břidlice tence vrstevnaté s rovnými vrstevními plochami, ve větších hloubkách je vrstevnatost až nezřetelná. Břidlice vinického souvrství intenzivně zvětrávají, přičemž zvětralá zóna zasahuje často do hloubky až 8 m. Při zvětrávání se rozpadají na drobné šupinkovité střípky.

Záhořanské souvrství vzhledem ke své větší pevnosti tvoří jako odolnější horniny morfologicky výraznější hřbet. Jedná se o prachovce a písčité prachovce s karbonátovým tmelem, ve svrchní části souvrství převažují prachovité břidlice až jílovité prachovce.

Bohdalecké souvrství je nejmladší jednotkou ze zastoupených hornin ordoviku a je tvořeno tmavě šedými jílovitými břidlicemi, které jsou jemně slídnaté, s kolísavým množstvím prachové frakce. Místy jsou tyto horniny jen velmi slabě diageneticky zpevněné, takže působí spíše dojmem jílovců. Tence vrstevnatá odlučnost je často málo výrazná až

nezřetelná. Rozpad je úlomkovitý až drobně střípkovitý. V pásmu podél tektonických poruch (pražský zlom) jsou horniny silně podrcené a prostoupené četnými tektonickými ohlasy. Břidlice bohdaleckého souvrství zvětrávají na jílovité a písčitojílovité hlíny s drobnými úlomky břidlic. Intruzivní diabázy, prorážející svrchní část bohdaleckého souvrství na Petříně v Seminářské zahradě, náleží nejspíše spodnosilurskému vulkanismu. (J. Voltr, 1992)

3.3. Svrchní křída

Na zvrásněných a dislokovaných ordovických horninách se vytvořila před transgresí křídového moře poměrně zarovnaná abrasní plošina, na níž počátkem cenomanu počíná sedimentace jílovců a slínovců peruckého souvrství. V těchto jílovcích a slínovcích se vyskytuje netěžitelná slojka popelovitého uhlí s vysokým obsahem siřičku železa. Nad peruckými jílovcí leží korycanské pískovce, na spodu železité, středně zrné se slinitým až kaolinickým tmelem. Pískovce jsou značně rozpukané a propustné.

Mezi brakickými korycanskými pískovci a mořskými glaukonitickými pískovci bělohorského souvrství byla zjištěna poloha vápnatých pískovců s úlomky rohovců (mocnost 0,5 m). Svrchní polohu křídových sedimentů tvoří bělohorské souvrství turonského stáří. Jsou to písčité slínovce „opuky“, které jsou odděleny na bázi od korycanských glaukonitických zelenošedých pískovců žlutou polohou jílu a slínů, v nichž byly nalezeny drobné pelosideritové konkrce. Výchozy pískovců, které nacházíme v prostoru mezi Nebozízkem a Hladovou zdí jsou většinou rozvolněné starými sesuvnými svahovými pohyby. Okraj křídové tabule, tvořený poměrně pevnými avšak propustnými pískovci tvořil totiž současně významnou linii vrstevných pramenů v celém prostoru mezi Nebozízkem a Strahovským klášteřem. Tato pramenná linie pokračuje i na jižních svazích Strahova a Bílé Hory. Tyto vrstevní prameny pocházejí z křídových korycanských pískovců, které jsou značně propustné a vzhledem ke své rozloze představovaly významnou křídovou zvedeň. Voda proniká po peruckých slínech, které podléhají změnám konsistence, do svahových sedimentů a tím dává významný podnět k sesuvným pohybům, které jsou pravidelným zjevem na okrajích celé české křídové tabule v širokém území severovýchodních Čech. (L. Řepka, 1967)

3.4. Pokryvné útvary

Vývoj kvartérních svahových sedimentů úzce souvisí s litologickým a tektonickým charakterem hornin skalního podkladu. Petrografické složení svahových uloženin je velmi pestré. V horní části svahu převládají opukové sutě, ve střední části sutě opuk, pískovců a jílovců a ve spodní části jsou svahové uloženiny tvořené převážně zvětralinami ordovických uloženin. Břidlice bohdaleckého a vinického souvrství jsou málo odolné vůči účinkům zvětrávání a z morfologického hlediska jsou měkkou částí paleozoického reliéfu, ve kterém tvoří denudační deprese. (L. Řepka, 1984 v J. Voltr, 1992)

Ke vzniku hluboké erozní rýhy na petřínském svahu v místě lanové dráhy přispělo i intenzivní tektonické porušení bohdaleckého souvrství podél pražského zlomu. Suti zvětralých křídových hornin smíšené se zvětralinami ordovických hornin zaplnily erozní depresi. Pokryvné útvary, zastoupené písčitymi, jílovitými a jílovitopísčitymi hlínami s úlomky dosahují mocnosti cca až 12 m. (J. Voltr, 1992)

3.5. Antropogenní sedimenty

Navážky a závážky jsou v zájmovém území značně rozšířeny jak plošně, tak i z hlediska mocností. Jsou tvořeny většinou místním překopaným a vylámaným materiálem (úlomky opuk a pískovců s příměsí písčité a jílovité hlíny), stavebním odpadem (cihly, škvára) i domovním odpadem (popel). Mocnost těchto „kulturních uloženin“ (Z. Králová, 1970 v J. Voltr, 1992) je dle popisu směrodatných archivních sond cca od 1 m do 8,0 m, v místě zavalených lomů může být jejich mocnost i větší. (J. Voltr, 1992)

4. HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Hydrogeologické poměry Petřína a jeho východního svahu jsou jednoznačně spjaty s geologickou strukturou svahu. Existují dvě význačné hydrogeologické zvodně podzemní vody, které spolu souvisejí. (L. Řepka, 1967)

4.1. Zvodeň křídové podzemní vody

Podmínkou jeho existence jsou nepropustné křídové slíny peruckého souvrství. Byl zjištěn vrtem na kótě 299,70 m. Jde o horizont souvislé hladiny puklinovo-průlinové

podzemní vody v korycanských pískovcích na strahovské plošině. Průlinová propustnost těchto pískovců se pohybuje asi okolo 10^{-4} m/s. Vzhledem k rozpukání uplatňuje se významně i puklinová propustnost, která je mnohem větší. Křídový horizont tvoří volná hladina podzemní vody, která v horní části svahu, tj. asi okolo kóty 297 m n. m. infiltruje podél významné pramenní linie do svahových sedimentů východního svahu Petřína. Tím přecházejí ve zveřejněné kvartérní podzemní vody. (L. Řepka, 1967)

4.2. Zveřejněné kvartérní podzemní vody

Kromě srážkové vody je napájena právě vrstevními prameny, pocházejícími z křídových peruckých a korycanských pískovců. Jde o nesouvislou zveřejněnou podzemní vody, která se zčásti dostává písčitémi polohami v těsném nadloží slínů téměř do podloží deluvií a svahových jílovitopísčitéch sutí a dále se pohybuje cestou nejmenšího odporu, aby ve střední a spodní části svahu místně vytvořila několik svahových pramenů. Z části vytéká prakticky po povrchu a tvoří mokřiny na svazích. (L. Řepka, 1967)

V dnešní době jsou prameny zachyceny a svedeny do Vltavy, takže již přímo na terén nevyvěrají.

5. PLOŠNÉ SESUVY

Jako plošné sesuvy označujeme pohyby mělkých svahových sutí, svahových hlín a různých zvětralín zpravidla po povrchu skalního podkladu. Na svazích porušených plošnými sesuvy můžeme pozorovat nejrozličnější stádia jejich vývoje; od právě počínajících pohybů projevujících se vznikem otevřených trhlin, pod nimiž stupňovitě poklesávají spodní, až do pokročilých rozlehlých sesuvů, na nichž je patrně několik různých generací nahnutých na sobě. Plošné sesuvy se postupně rozšiřují vzhůru proti svahu. Odlučná část je omezena strmou stěnou, která se může udržet jen za suchého počasí. V období zvýšených dešťových srážek nebo za jarního tání se strmá odlučná stěna neudrží, nastane další zatrhávání svahu a odlučná oblast se postupně rozšiřuje vzhůru proti svahu. (Záruba, Mencl, 1954)



Obrázek 2 - Sesuv půdy v Golgau, kanton Schwyz, Švýcarsko, dne 2. září 1806
(převzato z geofyzikálního ústavu AV ČR)

5.1. Faktory způsobující sesuvy

Rozmanitost svahových pohybů je podmíněna nejen geologickou strukturou svahu, ale také růzností faktorů, které sesouvání způsobují; jsou to zejména :

Změna sklonu svahu – může být způsobena přirozenou cestou podemletím paty svahu erozní činností vodního toku nebo uměle podkopáním svahu. Vzrůst sklonu svahu způsobuje v horninách změnu napětí.

Přetížení násypy – způsobuje vzrůst smykových napětí a zvětšení napětí vody v pórech jílovitých zemin, které zmenšují vnitřní tření. Je tím nebezpečnější, čím je rychlejší.

Otřesy, vibrace – zemětřesením vznikají v horninách kmity různé frekvence (podobně působí i výbuchy velkých náloží trhavin i otřesy strojů). V každé hornině tak vznikají dočasné změny napětí, které mohou porušit rovnováhu svahu.

Změny obsahu vody – dešťová voda a voda z tajícího sněhu vniká do pórů a puklin, kde vyvolává hydrostatický tlak, v zeminách vzrůstá tlak vody v pórech a mění se konzistence.

Tím klesá soudržnost i vnitřní tření. Periodicky se opakující sesuvné pohyby se vyskytují právě v létech, kdy jsou neobyčejně vydatné dešťové srážky. Soustavným sledováním záznamu dešťoměrných stanic je možno předvídat obnovení pohybu a upozornit na nutnost zvýšené bdělosti.

Působení podzemní vody – proudící podzemní voda působí tlakem na částice zeminy a zhoršuje stabilitu svahu. Podzemní voda také často vyplavuje rozpustný tmel a tím se zeslabuje intergranulární vazba, mění se soudržnost a klesá součinitel vnitřního tření.

Činnost mrazu – mrznutím se zvětšuje objem vody v trhlinách, staré trhliny se rozšiřují a nové se tvoří. V rozpukaných horninách se snižuje jejich pevnost.

Zvětrávání hornin – mechanické a chemické zvětrávání porušuje postupně pevnost hornin. U mnohých sesuvů nasvědčují některé známky, že dalším faktorem jsou chemické změny hornin (hydratační pochody, výměna iontů v jílech).

Změny ve vegetačním porostu svahů – kořeny stromů udržují stabilitu svahu mechanickým působením a přispívají k vysušení svahu tím, že část podzemní vody spotřebují. Odlesnění svahu se mění vodní režim v povrchových vrstvách. (Záruba, Mencl, 1969)

5.2. Sanační práce

Sanační práce pro stabilizaci sesuvů je třeba provádět podle promyšleného plánu, v němž musí být práce sestaveny podle pořadí naléhavosti. K prvním záchranným opatřením náleží:

- a) zachytit a odvést povrchovou vodu přitékající na sesuvné území nebo vyvěrající v odlučné oblasti.
- b) velmi účinné je vyčerpání vody ze všech studní na sesuvném území a odvést vodu z bezodtokých depresí.
- c) zaplnění a zadusání všech otevřených trhlín, do nichž by mohla zatékat povrchová voda.



Obrázek 3 - Odlučná oblast sesuvu

Teprve po této etapě záchranných opatření je možno přikročit k podpovrchovému odvodnění sesuvu drenážemi, štolami nebo horizontálními vrty a zahájit zemní úpravy na povrchu území. Svahové pohyby se v mnohých sesuvných oblastech periodicky opakují zpravidla v klimaticky nepříznivých obdobích. Je třeba proto pamatovat, aby všechna sanační opatření byla pravidelně kontrolována a udržována. Jestliže není údržba zabezpečovacích staveb v pravidelných intervalech zajištěna nebo jestliže se nedodrží režim předepsaný pro využití sesuvného území, mohou být veliké a nákladné sanační práce v krátké době zcela znehodnoceny.

Úprava geometrie svahu - zmenšením hmotnosti hornin v odlučné oblasti nebo zvětšením hmotnosti v akumulární oblasti existujícího nebo očekávatelného sesuvu se stabilita svahu podstatně zvětší. Přetížení paty je účinnější, pokud je sklon smykové plochy v odlučné oblasti, kde by se odkopávalo, menší než 40° a pokud se odvodní podloží přítěžovacího násypu.

Povrchové odvodnění sesuvů - povrch území postižený sesouváním je zpravidla nerovný, nepravidelně zvlněný a prostoupený hlubokými trhlinami. V depresích a trhlinách se zadržuje voda a tvoří se mokřadla. I když povrchové odvodnění samo o sobě nestačí ve většině případů k stabilizaci sesuvů, je důležitým článkem sanačních prací a můžeme podstatně přispět k vysušení a tím k uklidnění sesuvu. Především je nutno bezpečně zachytit a odvést všechny

potoky i dočasné povrchové vodoteče, které přitékají do ohroženého území ze širšího okolí. Pak je třeba zachytit všechny prameny, které vyvěrají na území sesuvu, zejména v odlučné oblasti, a vodu odvést mimo sesuvné území.

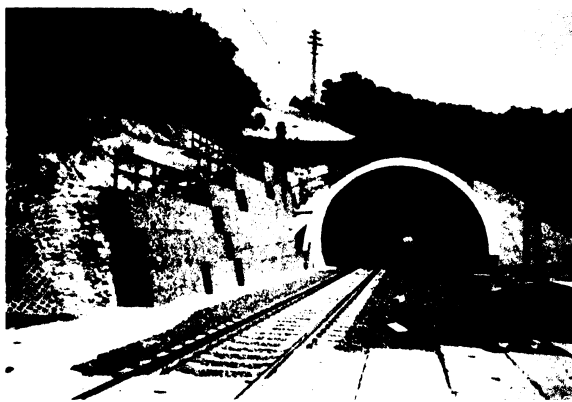
Podpovrchové odvodnění sesuvů - hloubkové odvodnění je v mnoha případech jedním z velmi účinných prostředků k zvětšení stability svahů. Jsou-li na lokalitě staré studně pro zásobování vodou, je účelné ihned přikročit k jejich vyčerpání. Při postupném zhušťování sítě průzkumných a čerpacích vrtů se postupně získává obraz o geologických, inženýrsko-geologických a hydrogeologických poměrech území a tvoří se tak podklad k návrhu definitivních odvodňovacích děl.

- a) odvodňovací štoly – jsou výbornými, avšak velmi nákladnými průzkumnými díly. Velký obvod štol otvírá cestu vytékající vodě a proto jsou velmi účinné. Účinnost lze zvýšit odvodňovacími vrty, zřízenými ve stěnách, ve dně nebo ve stropě štoly. Štoly mají veliký průřez, takže i při částečném porušení vedou vodu alespoň částí průřezu.
- b) odvodňovací vrty – jsou nejméně pětkrát levnější než odvodňovací štoly. Jejich nevýhodou je, že není jisté, zda zasáhnou oblast, v níž tlak podzemní vody nepříznivě ovlivňuje stabilitu sesuvu. Při sanaci svahu horizontálními odvodňovacími vrty nepostačí v některých případech jen vrty při úpatí zářezů. Vyvěrá-li voda ve svahu v několika úrovních, je nutno rozmístit další vrty i výše ve svahu, aby byly odvodněny všechny horizonty podzemní vody.

Zárubní a opěrné zdi a podobné konstrukce - betonové opěrné konstrukce se někdy užívají k tomu, aby se zvětšila stabilita svahu nebo aby se stabilizoval vzniklý sesuv. Často to souvisí i s tím, že šířka výkopu je omezena sousedními objekty nebo že čelo sesuvu ohrožuje stavby nebo jiná zařízení. Řešení se zdmi nebývá hospodárné a jejich využití bývá předmětem diskusí. Přesto jsou tři případy, kdy řešení se zdmi je vhodné z hlediska stability svahu:

- a) menší zárubní zdi, zřízené jako opora svahů v jílovitých zeminách, zabraňující uvolnění paty svahu.
- b) menší zárubní zdi nebo jiné pateční konstrukce, zpevňující rozvolněná čela sesuvů.
- c) mohutné zdi, zpravidla zvláštním způsobem vyztužené, zadržující tlaky svahů v zářezech, kde jiné opatření paty svahu není možné.

Kotvení - stabilizace hornin kotvením, která se rychle uplatnila v hornictví a tunelářství, se stala rozšířenou pomůckou i při zabezpečování skalních svahů a částečně i při stabilizaci skalních sesuvů. V poslední době se používá i při zabezpečování zemních svahů, zpravidla v kombinaci s opěrnými konstrukcemi. Při návrhu kotvení se uplatňují zejména tři hlavní faktory: statická účinnost a namáhání kotev, trvanlivost kotev a vliv času při osazování kotev. Dále se ještě ke stabilizaci používají pilotové stěny, mikropilotové stěny, hřebíkování a gabionové zdi (viz. obr.4)



Obrázek 4 – Stabilizace svahu gabionovou zdí

Sanace sesuvů rostlinným porostem - svahovými pohyby se obvykle porušuje vegetace, a to nejen stromový porost, ale i drnová pokrývka. Proto je důležitým úkolem sanačních prací pokud možno obnovit porost a zalesnit svah vhodnými dřevinami. Zalesňování sesuvných území náleží k poslední etapě sanačních prací a děje se zpravidla až po uklidnění sesuvu. Podle zkušenosti se osvědčilo, aby na sesuvech byl udržován trvale smíšený les a porost se obnovoval postupně. (Záruba, Mencl, 1969)

6. SESUV NA PETŘÍNĚ

6.1. Charakteristika sesuvného území na Petříně

Na východním svahu Petřína ve stráni v prostoru pod restaurací Nebozítek vznikl na jaře roku 1967 hlavní pohyb sesuvu, který směřoval šikmo dolů v úhlu asi 18° k tělesu lanové dráhy a zaujímal plochu 110 m x 160 m. (L. Řepka, 1967)

Vlastní sesuv se vytvořil ve svahových sedimentech (mocnost těchto svahových sedimentů byla 8 – 12 m), tvořených zvětralými a přemístěnými křídovými horninami

cenomanu a spodního turonu, tj. opuk, pískovců, slínů a jílovců, spočívajících na jílovitě zvětralých ordovických břidlicích bohdaleckých, oddělených pražským zlomem od břidlic šáreckých. Tato deluvia zaplnila hlubokou asymetrickou depresi, jejíž jižní okraj se přimyká k pražskému zlomu a která vyznívá povlovněji směrem k restauraci v Seminářské zahradě. Tyto sutě a posléze i začínající smykové plochy byly syceny vodou z pískovcové křídové pramenné linie, přičemž přírodní podzemní vody byly silně dotovány vodami odpadními, původem z netěsných nebo prasklých potrubí, kanalizací apod., zejména v areálu Strahova. (K. Němeček, 1969)

Podobné sesuvy jsou u nás známy z okrajů křídových tabulí na Mladoboleslavsku, Turnovsku, a jinde. V podobných poměrech je např. sesuvné území pod Strahovským klášterem v Seminářské zahradě. (L. Řepka, 1969)

6.2. Příčiny sesouvání

Příčinou vzniku sesuvu byla změna režimu podzemní vody ve svahu, resp. nadměrný vzrůst přítoku vody a nefungující drenážní systém. Z báze křídových hornin přitékalo do oblasti Nebozízku značné množství podzemní vody, která infiltrovala do těchto sedimentů z propustných poloh bělohorských opuk a pískovců ze strahovské pláně. Tato podzemní voda vystupovala podél dlouhé pramenné linie, táhnoucí se od jižních svahů Strahova nad Motolem, také se objevovala nad zámečkem Kinských a pokračovala přes Nebozízek a Strahov na Pohorelec. V místech nad restaurací Nebozízek byla zjištěna podzemní voda na kótě 297 m. Z této pramenné linie vytékala voda po rozměklých bazálních křídových slínovcích do svahu a sytila svahové sedimenty. Na tomto stavu se patrně podílelo i nedokonalé odvodnění staré štoly, která zde byla vyražena při neúspěšné těžbě křídového uhlí. To způsobilo změnu smykové pevnosti svahových sedimentů. Určitý zásah do režimu podzemní vody znamenaly i stavební práce na Strahově. Podzemní voda pak zčásti pramenila ve svahu pod sesuvem. (L. Řepka, 1969)

6.3. Vývoj sesuvu na Petříně

Rešerše denního tisku ukázaly, že v prostoru zahradní restaurace Nebozízek byly zaznamenány na třech místech sesuvné pohyby již 7. dubna roku 1900. Tyto sesuvy, které způsobily porušení rozestavěných parkových cest, vznikly v důsledku prudkých meteorologických změn. (M. Špůrek, 1978)

Vzhledem k vedení trasy lanovky šikmo ke spádnicí svahu, jehož přirozená stabilita byla porušena fosilními sesuvy, začaly se v 60. letech projevovat výraznější poruchy kolejíště.

Na jaře roku 1964 došlo v důsledku aktivace sesuvných pohybů k vybočení kolejnic výhybiště lanovky, koleje však byly směrově rektifikovány a provoz obnoven. V roce 1965 bylo nutné pro opakování stejné poruchy provoz zastavit. Došlo i k poruše kolejnic (viz. obr. 5), objevily se trhliny v klenutí mostovky a docházelo i k vylamování pražců z podkladu kolejového svršku.



Obrázek 5 - Porucha kolejnic při petřínském sesuvu

Část terasy před restaurací Nebozízek poklesla podél odlučných trhlin (viz. příloha 4) asi o 20 – 40 cm, popraskala kanalizace a splaškové vody vtékaly do otevřených trhlin. Protože nedošlo k důsledné sanaci sesuvu, došlo v březnu roku 1967 k jeho náhlé aktivaci a k plošnému rozšíření sesuvu (průměrný pokles terénu podél odlučných trhlin činil cca 2 m, čelo sesuvu postoupilo po svahu). V odlučné oblasti u restaurace Nebozízek se nosné zdi spodní stavby rozlámaly a klenba mostovky se zřítily. Stará kanalizace byla sesuvem zcela zničena. Přes veškerou snahu, trvale zabezpečit stabilitu svahu, došlo v dubnu 1980 k další aktivaci sesuvu v oblasti Nebozízku a k havárii tělesa lanové dráhy. (J. Voltr 1992)

6.4. Sanace sesuvu na Petříně

V první etapě sanace bylo urychleně provedeno bezpečné svedení vod z povrchových čtyř pramenišť a z ústí dvou štol v zadním traktu restaurace na Nebozízku pomocí rychlospojkového potrubí do kanalizace v blízkosti dolní stanice lanové dráhy. Dále byly započaty práce na zmáhání tzv. Schustovy štol z roku 1846 a vodní štol v blízkosti lanové dráhy. Schustova štola byla zmáhána po projití vyzděné části v plném závalu v bohdaleckých břidlicích do vzdálenosti 49 m od ústí. Teprve při konci zmáhané části se objevily ve stropě cenomanské jílovce na kótě 286 m n. m. Ze závalu ze stropu vytékalo v dubnu 1968 0,85 l/s důlní vody. Při zmáhání druhé štol na Nebozízku do vzdálenosti 14 m od sklepního prostoru byly cenomanské jílovce silně porušené a nasáklé vodou. Vydatnost této štol kolísala v září 1967 až květnu 1968 od 0,5 l/s do 1,2 l/s důlní vody. Pro odvodnění tělesa sesuvu bylo použito horizontálních odvodňovacích vrtů. Vydatnosti těchto vrtů byly sledovány a u všech se projevilo postupné snižování vydatnosti vytékající vody. Situování vrtů do tělesa sesuvu bylo prováděno tak, aby se vrty překřížily a jejich sklon byl určen podle průběhu sutí na skalním podkladu. Všechny tyto vrty byly napojeny na potrubní odvodňovací systém. Zachycení všech vyvěrajících vod se ukázalo jako účinné, avšak plouživý pohyb trval i nadále. Na pozorovacích přímkách v období mezi březnem 1968 a prosincem 1968 byl pozorován celkový posun v hodnotách okolo 5 – 39 mm. (K. N)

V areálu Petřína jsou vybudovány tři vodovodní systémy. Severní vodovodní systém je v současné době využíván jako závlahový vodovod pro Strahovský klášter, Lobkovickou a Strahovskou zahradu. Jižní vodovodní systém je využíván jako závlahový vodovod pro Kinského zahradu. Třetí vodovodní systém Nebozízek odvádí vodu (přes Vrtbovskou zahradu, kde slouží jako závlahový vodovod) do Čertovky. (dle ústního sdělení V. Vojíře)

Sesuvem poničená budova restaurace na Nebozízku, jejíž základů se dotýká smyková plocha, je sanována kotvenou pilotovou stěnou. Kotvy sahají do pevných bohdaleckých břidlic za smykovou plochu svážného území.

K sanaci sesuvu bylo navrženo provést odvodnění pramenné linie mírně ukloněnou štolou, založenou za objektem restaurace Nebozízek a směřující do nitra svahu nad sesuvem. Štola po devadesáti metrech v rozrážce se větví do tvaru rozevřeného „Y“ a dovrchními svislými i šikmými vrty drénuje zvodnělý horizont na bázi křídových pískovců. Štola (označená XX. – Velká vodní galérie) byla vyražena v roce 1969 podnikem Geindustria. Tentýž podnik provedl vyzmáhání části štol X. – Schustovy. V té době bylo dochováno,

v přístupném stavu ze sklepa Nebozízku, pouhých 14,3 m. Zbytek štoly byl zavalen. Další historickou štolou je štola IX. – Vodní, která svého času byla zdrojnicí vody pro zde první lanovou dráhu, jezdící na vodní převahu. Při sanaci sesuvu byla štola XX., spolu se štolami IX. A X., odvodněna samostatným odvodňovacím potrubím dolů a Hellichovou ulicí do Čertovky.

Právě zanedbané odvodnění štol IX. A X. bylo příčinou vzniku sesuvu v druhé polovině šedesátých let.

V roce 1984 byla vyražena na Nebozízku tzv. Ochranná štola, označená číslem XXI., která je celá ražená v ordovických břidlicích a jsou do ní spojnými dovrchními vrty převedeny vody z výše položených štol IX., X. a XX. . Z každé štoly vždy 2 vrty. Dále je v této štole osazeno 112 dovrchních šikmých vrtů, které mají drénovat druhou zroveň podzemních vod ze zvětralého pásma ordovických hornin, doplňovaná z křídové zvodně přes poruchy v jílovcích. Z těchto vrtů prakticky není dlouhodobě žádný výtok. Situaci nezlepšilo ani jejich pročištění v celé jejich délce.

Aktivizovat sesuv může i zvýšená dotace křídového vodního horizontu z potrubí, či kanalizace v prostoru strahovských kolejí, či armádního areálu na prostoru fortifikace.

V současnosti jsou zde vyraženy 4 štoly, využívané pro odvodnění území.

Jsou to:

Štola IX. (Vodní) – jedná se o starou jímací vodovodní štolu při tělese lanové dráhy u Nebozízku. Vchod leží za objektem Nebozízku v nadmořské výšce 286,4 m n. m. Vstupní část tvoří sklepní prostora dlouhá 12 m a široká 2,5 m, která je do výšky 1,8 m vyzděna lomovým opukovým kamenem. Západním směrem pokračuje za sklepní prostory 14,5 m dlouhá štola, která byla vyzmáhána v roce 1968 podnikem Geindustria. Štola je 1,7 – 1,8 m vysoká a 1,1 m široká s betonovou obezdívkou. Čelba štoly je zazděna. Ve zdivu jsou osazeny drenážní trubky ve 4 řadách. Štola pravděpodobně jímá vodu ze svahových sutí napájených z křídového horizontu.

Štola X. (Schustova) – tato stará průzkumná štola na uhlí, která byla ražena ve 40. letech 19. století, byla později využita jako vodovodní jímací štola. Roku 1968 podnik Geindustria vyzmáhal štolu v délce 49 metrů ve směru původní Schustova štoly. Počátek štoly byl ražen v bohdaleckých břidlicích, postupným stoupáním se štola dostala do jílovců, odkud závaly nebo spíše průzkumným komínem či úpadnicí drénuje pískovce. Nově vyzmáhaný úsek byl vyztužen nekvalitní železobetonovou obezdívkou, která je místy značně rozvětralá. U počvy

na přežděné čelbě je osazena drenážní trubka, ze které vytéká silný pramen. Vydátnost se pohybuje od 0,8 do 1,5 l/s.

Štola XX. (Vodní galérie na Nebozízku) – byla vyražena roku 1969 podnikem Geoindustria jako opatření pro podchycení a odvedení vod křídového horizontu a tím ke stabilizaci sesuvného území v prostoru Nebozízku. Štola byla vyražena v jílovcích a prachovcích v celkové délce 341 m. V celém průběhu má kruhovou betonovou obezdívku. Ze štoly do zvodnělého křídového horizontu jsou osazeny vypažené jímací vrty. Při počvě štoly, tvořené středovým kanálkem krytým železobetonovými pažnicemi, jsou osazeny drenážní trubky za obezdívku, odkud přivádějí vodu, která se zde též hromadí. Stav obezdívky i celé štoly je dobrý a nejsou zde žádné funkční závady. Voda ze štoly je odváděna dvěma spojnými vrty do níže vyražené štoly XXI.

Štola XXI. (Nová galérie - ochranná štola) – byla vyražena v roce 1984 – 85 podnikem VKD a Metrostav již v podložních ordovických horninách. Její délka je 202 m. Má odvádět vodu ze spodního vodního horizontu ve zvětralém pásmu ordovických hornin. Štola je vyztužena zvonkovou výztuží, pažnicemi, kari sítí a torkretem.

7. SVAHOVÉ POHYBY BLOKOVÉHO TYPU

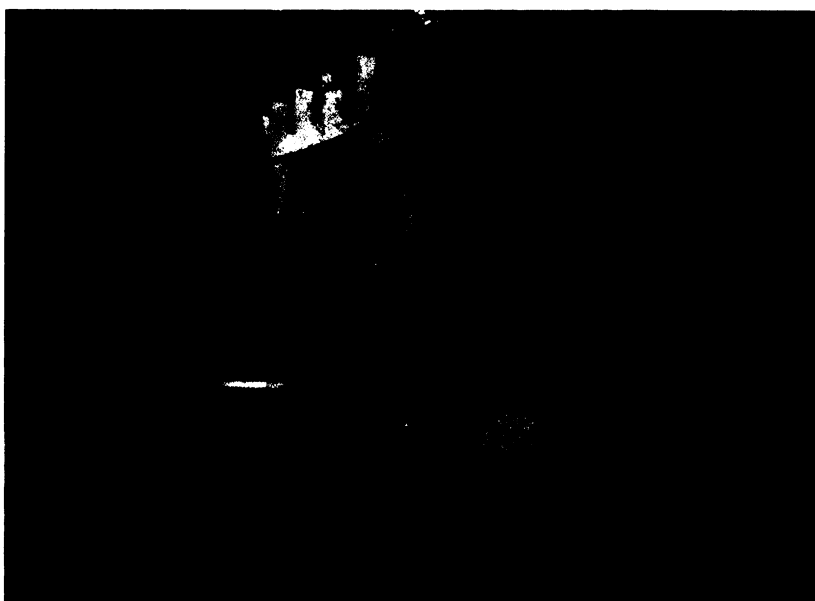
Svahové pohyby blokového typu jsou dlouhodobé, zpravidla velmi pomalé pohyby hornin na svazích, kde v horní části vystupují pevné skalní horniny a v dolní části méně pevné horniny tvárné, jílovité. Jílovité horniny v podloží se postupně deformují pod tlakem nadloží; pevný komplex hornin nadloží, oslabený zpravidla různými plochami diskontinuity, není způsobilý odolávat takto vzniklým tahovým napětím. Začíná se rozpadávat na bloky, které se odlamují od matečného masívu, zabořují se do podloží, posunují se a naklánějí. Vznikají tak zprvu jen trhliny, označované jako blokové rozsedliny, pozdějším přemístěním jednotlivých ker bloková pole. (J. Pašek, B. Košťák, 1977)

Geologické procesy jsou v přírodě velmi pomalé a proto horninové deformace vykazují dlouhodobé trendy. Evidence takových deformací je často ovlivněna sezónními teplotními variacemi, které vyvolávají objemové změny. V současných středoevropských

klimatických podmínkách se pohybují sezónní oscilace v rámci dvou milimetrů a působí jako rušící činitel při detekci blokových posunů. Dlouhodobé trendy, které jsou předmětem měření, obvykle dosahují hodnot o jeden řád nižších než tyto sezónní oscilace. Pro výzkum dlouhodobých pravidelných trendů je nutné zapotřebí dlouholetého monitorování. Přístroj, který detekci takových pohybů zajišťuje, musí splňovat některé požadavky. Mezi ně patří hlavně vysoká schopnost rozlišení (10^{-2} až 10^{-3} mm), přesnost, opakovatelnost měření, spolehlivá interpretace a použití přístroje i v drsných přírodních podmínkách. Citlivost měřicího přístroje TM 71, který v minulosti vyráběla Gestra Sedloňov, je 0,05 až 0,0125 mm ve všech třech měřených směrech posunu. Monitoring pomalých pohybů může sloužit buď ke kontrolování stability nebo k rozhodnutí jaké další opatření jsou nezbytně nutná pro danou lokalitu a její stabilizaci. Příklad dlouhodobého monitorování, které je v České republice prováděno, je měření na Petříně.

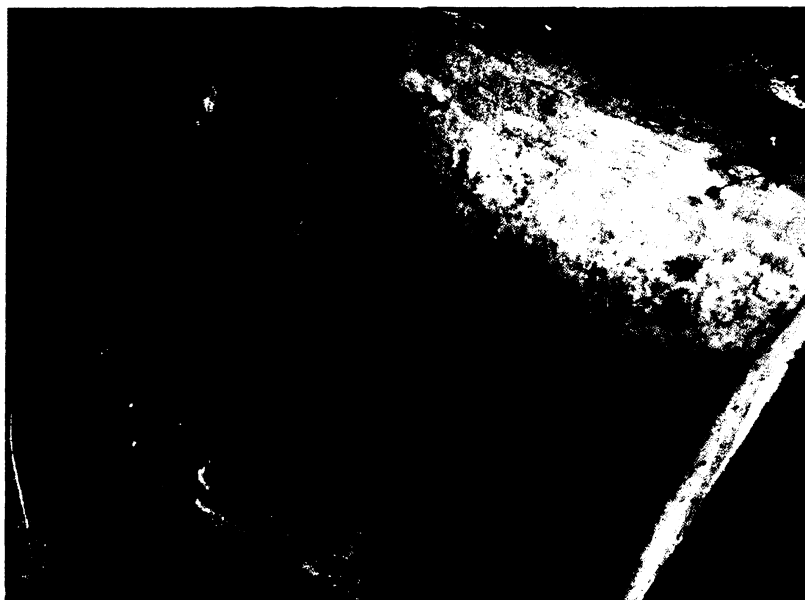
7.1. Měření svahových pohybů blokového typu na Petříně

Početné, plošné mělké sesuvy na petřínském svahu v Praze, které se objevily v sedmdesátých letech, poškodily místní lanovou dráhu, která musela být kompletně zrekonstruována. Kromě jiných poruch na svahu se objevila trhлина blízko středověkého opevnění Hladové zdi.



Obrázek 6 – Měření pomalých deformací blokového typu na Petříně

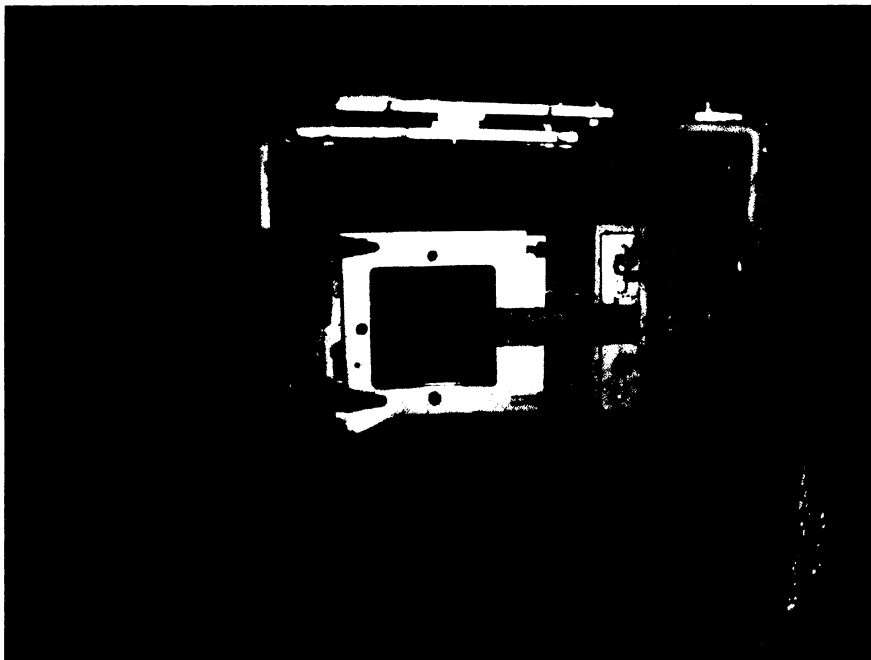
Znaky nestability se objevily v horní prudké části svahu v blízkosti zdi (viz. mapa situace). Puklina, která se zde objevila, byla přibližně 600mm široká a odkrývala otevřený prostor několik metrů hluboký mezi pískovcovými bloky, které tam vycházejí na povrch. Monitorované posuny reprezentují vzájemný pohyby mezi dvěma sousedícími pískovcovými bloky, které se nacházejí ve svahu podél zdi. Trhlina, která se zde objevila, byla staršího původu. V průzkumu bylo řešeno do jaké míry byly pískovcové bloky ovlivněny sesuvem půdy. Spodní část trhliny (viz. obr. 7), kde byl blok oddálen od sousedního bloku, byla vyčištěna a vystrojena měřicím přístrojem TM 71 (Košťák 1991 in Košťák 2006). Ten se používá na měření dlouhodobých pomalých deformací blokového typu.



Obrázek 7 – Detail trhliny v které je umístěn měřicí přístroj TM 71

Přístroj je vystrojen dvěma rovinnými indikátory (viz. obr. 8), jež jsou ve dvou kolmých rovinách, horizontální XY a vertikální XZ, které zaznamenávají 3D posun navzájem mezi bloky. Kostra přístroje je tvořena dvěma tyčemi přichycenými z jedné strany k horninovému bloku a z druhé strany propojeny s indikátory. Indikátory jsou skleněné destičky, do kterých jsou vyleptány interferenční vějíře. Tyto interferenční vějíře zaznamenávají výsledné vzájemné posuny bloků. Záznam měření je prováděn manuálně pomocí fotoaparátu.

TM 71 měřicí systém je velmi odolný přístroj, který může být používán dokonce ve vzdálených lokalitách, kde není rozvod elektrického vedení nebo není signálové pokrytí – např. v horách nebo v jeskyních.

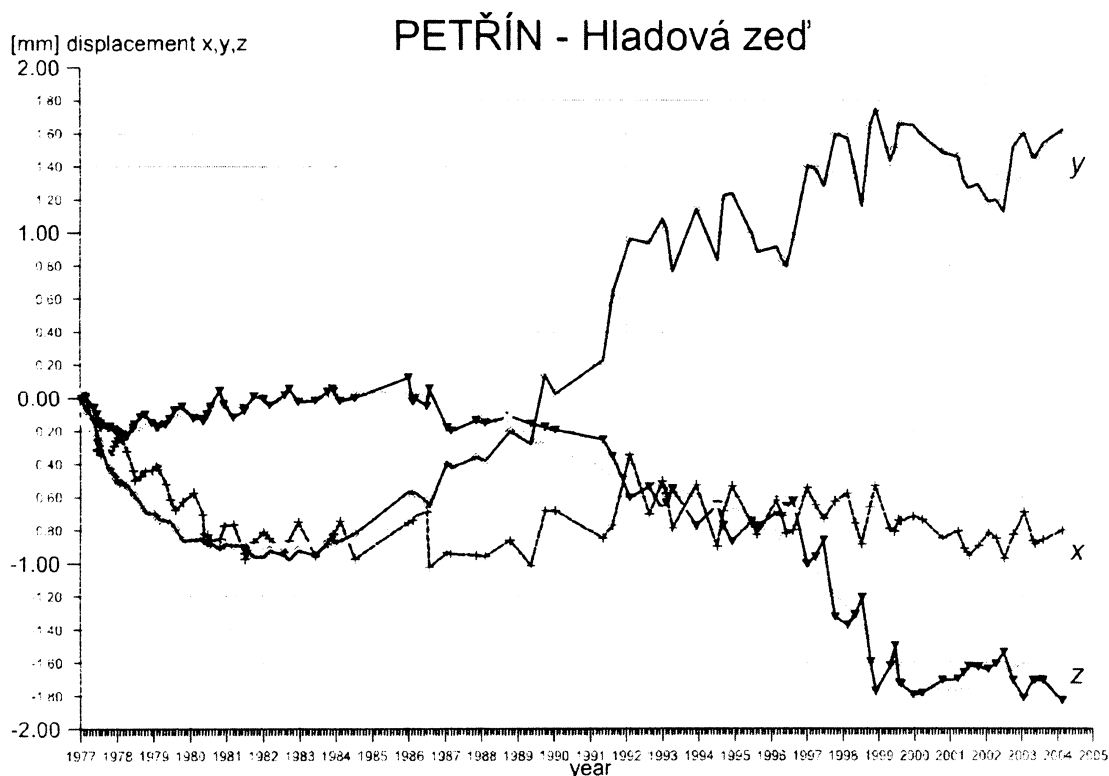


Obrázek 8 – detailní snímek rovinných indikátorů

Měření na Petříně začalo v roce 1978. Zaměstnanci parku začaly brzy využívat otevřené pukliny pro skládku zahradního odpadu. Navzdory intenzivnímu kompostování v měřené puklině nebyl přístroj ovlivněn a monitorování pokračovalo bez technických problémů dále. Výsledky pozorování budou publikovány během roku 2006 v článku Blahoslava Košťáka s názvem Deformation effects in rock massifs and their long – term monitoring v časopisu Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology.

Vyšší blok je spojený s puklinou, v které se skládkovalo. Spodní pískovcový blok nemá žádné spojení se skládkou. Podél vede prudce se svažující cestička se schody pro chodce. Zde v prováděném měření můžeme pozorovat sezónní variace, které jsou větší než 0,5 mm. Nejlépe jsou vidět sezónní variace na křivce Y (v tomto směru byly pískovcové bloky nejvíce ovlivněny sezónním změnám počasí). Po zanedbání sezónních variací jsou křivky kontinuální a relativně shlazené (viz. obr.9). Vzdálenost mezi dvěma pískovcovými bloky je v grafu znázorněna křivkou X a vykazuje nejmenší změny. V prvních pěti letech

měření se puklina uzavřela o 1 mm. Potom se trend změnil a po dobu 13 let se puklina otevírala.



Obrázek 9 - Graf měření pomalých deformací blokového typu na Petříně

Puklina se celkem otevřela o 0,5 mm. Později se trend změnil opět v zavírání. Vertikální posun Z a horizontální posun Y jsou více zřetelné. Oba se vyvinuli s více nebo méně parabolickým trendem, který se změnil v období pěti let po začátku měření. Mezi rokem 2000 a rokem 2002 je zaznamenána dvouletá změna původního trendu, která je následována návratem k trendu dřívějšímu. Smykové pohyby, které jsou reprezentovány vertikální Z a horizontální Y složkou, nepřekročily dva milimetry v minulých patnácti letech. Tento výsledek, který reprezentuje pohyby mezi dvěma bloky, je ovšem relativní. Oba pískovcové bloky jsou v rovnoběžném dolů sklonitým pohybu. Spodní blok se pohybuje rychleji než blok vyšší. Oba bloky se pohybují jak ve vertikální složce Z tak boční složce Y směrem k cestičce. Více zajímavá je historie a pozorované trendy, které odrážejí co se stalo po náhlém otevření pukliny. Antropogenní vyplňování pukliny zahradním odpadem (probíhalo zhruba 5 let) indukovalo tlak na stranu zdi a horní blok se přemístil na stranu bočně k cestě. Později, když skládkování ustalo, byl tento antropogenní efekt zmírněn, ale pohyby se nezastavily. Zrychlené svahové pohyby se vyvíjely tak, že spodní blok se pohyboval rychleji než ten

horní, který se posouvá bočně od Hladové zdi. Mezi rokem 2001 až 2003 se objevila přestávka. V tomto období se prováděly rekonstrukce chodníků, které byly poškozeny svahovými pohyby. Z měření vyplývá, že došlo v těchto místech k lokální stabilizaci svahových pohybů. Avšak tyto pohyby jsou hlubšího původu a stabilita této oblasti zatím ošetřena nebyla. (B. Košťák, 2006)

Svahové pohyby, které v této oblasti měříme od roku 1978, nepředstavují žádné velké nebezpečí. Ale z dlouhodobého hlediska lze předpovědět, že drahé a komplikované rekonstrukce Hladové zdi a přilehlých objektů (cesty, chodníky, opěrné zdi) nejsou proti těmto svahovým sesuvům dostatečně ochráněny. Takové problémy s historickými objekty, kdy drahá rekonstrukce nezahrnuje stabilizaci podloží, nacházíme velice často. Hladová zeď je v současnosti zcela opravena, ale lze říci, že v budoucnosti bude potřebovat čas od času další nákladné a složité rekonstrukce.

Měření na lokalitě Petřín – Hladová zeď bylo velmi komplikované, protože lidé, kteří se zde pohybovali okolo, měření velmi ovlivňovali. Pohyby, způsobené skládkováním zahradního odpadu, jsou tak komplikované, že jednoduché měření (tj. měření, které se vztahuje pouze na roztahování trhliny mezi dvěma pískovcovými bloky a je reprezentováno složkou X) by pravděpodobně při monitorování svahových pohybů selhalo. Toto dokládá hlavní výhodu měření v 3D systému. (dle ústního sdělení B. Košťáka, 2006)

8. ZÁVĚR

V bakalářské práci byla popsána historie plošných sesuvů na Petříně, příčiny těchto sesuvů a následné provedení sanačních prací. Sanační práce jsou v současné době zcela dokončeny a v oblasti Nebozízku probíhá pouze monitoring odvodňovacích štol, které provádí firma Nautilus Vladimíra Vojíře. Firma také provádí jejich celkovou údržbu. Největším současným problémem jsou úniky vody z vodovodních a kanalizačních řadů, které jsou vzhledem k výbornému monitoringu vždy včas odstraněny a tak se předchází vzniku dalších nových sesuvů v této oblasti. Pokud nedojde k zanedbání údržby odvodňovacích štol, plošné sesuvy na Nebozízku již nenastanou.

Dále je v bakalářské práci detailně popsána problematika měření svahových pohybů blokového typu v oblasti Hladové zdi. Ačkoli se jedná o velmi malé deformace, lze předpovědět, že v budoucnosti budou tyto deformace způsobovat velké problémy. V současné

době prováděná rekonstrukce Hladové zdi nezahrnuje stabilizaci podloží a tudíž bude čas od času potřebovat nákladné a drahé opravy.

9. POUŽITÁ LITERATURA

- Chlupáč I. et al. (2002): Geologická minulost České republiky. - AVČR, Academia, Praha.
- Košťák B. (2006 / in print): Deformation effects in rock massifs and their long – term monitoring. – AVČR, Praha.
- Němeček K. (1969): Sanace petřínské stráně Praze. - Geologický průzkum 12/1969.
- Pašek J. – Košťák B. (1977): Svahové pohyby blokového typu. – Rozpravy ČSAV, ročník 87, sešit 3, Academia, Praha.
- Petránek J. (1993): Malá encyklopedie geologie. – JIH, České Budějovice.
- Řepka L. (1969): Sesuvné území v Praze na Petříně. – Geologický průzkum 4/1969.
- Řepka L. (1967): Závěrečná zpráva o inženýrskogeologickém průzkumu pro rekonstrukci lanové dráhy na Petříně. – IGHP, Praha, GF – P 19097.
- Špůrek M. (1978): Sesuvem postižené oblasti na území Prahy. Geologický průzkum 11/1978.
- Vojíš V. (2005): Průzkum podzemních objektů na území Petřína ve vztahu ku svahovým pohybům v okolí lanové dráhy. – Nautilus, Praha.
- Voltr J. (1992): IG zhodnocení faktorů podmiňujících stabilitu petřínského svahu. - Diplomová práce, PŘF UK, Praha.
- Záruba Q. – Mencl V. (1954): Inženýrská geologie. - ČSAV, Praha.
- Záruba Q. – Mencl V. (1969): Sesuvy a zabezpečování svahů. - ČSAV, Academia, Praha.

10. PŘÍLOHY

10.1. Přehledná situace v měřítku 1:5000

10.2. Tabulka 1. Průměrné měsíční a roční úhrny srážek pro období 1931 – 1960, Tabulka 2. Průměrné měsíční a roční úhrny srážek pro období 1963 – 1965.

10.3. Tabulka 3. Průměrné měsíční a roční úhrny srážek pro období 1977 – 1983, 1987 – 1989, Tabulka 4. Průměrné měsíční a roční úhrny srážek pro období 1991 – 2006.

10.4. Fotografie č.1 – Odlučné trhliny na terase zahradní restaurace Nebozízek

10.5. Fotografie č.2 – Opilý les v oblasti petřínského sesuvu

10.6. Situace 1:2000 se zákresem odvodňovacích štol v okolí lanové dráhy

Příloha 2

Tabulka 1. Průměrné měsíční a roční úhrny srážek v observatoři Praha – Karlov pro období 1931 – 1960.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	suma
1931 - 1960	24	26	25	35	63	71	86	72	43	44	26	29	544

(upraveno dle J. Voltr, 1992)

- Srážky jsou udávány v mm

Tabulka 2. Průměrné měsíční a roční úhrny srážek v observatoři Praha – Břevnov pro období 1963 – 1965.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	suma
1963	21	21	29	32	50	167	26	52	45	30	37	8	518
1964	21	24	39	27	34	34	51	76	17	100	31	17	471
1965	46	36	53	101	369	63	69	72	51	4	-	-	N

(upraveno dle L. Řepka, 1967)

- N – chybějící údaje o množství srážek během roku
- Srážky jsou udávány v mm
- Z tabulky je patrné, že enormní množství spadlých srážek během května roku 1965 ovlivnilo přítok vody do oblastí sesuvu

Příloha 3

Tabulka 3. Průměrné měsíční a roční úhrny srážek v observatoři Praha – Karlov pro období 1977 – 1983, 1987 - 1989

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	suma
1977	51,6	26	13,5	22,1	38,4	100,8	96,9	108,4	39,2	12,1	34,9	15,9	559,8
1978	19,7	13,9	14	32,1	107,8	46,4	44,5	82,9	39,6	26,4	10,3	37,4	475
1979	21	28,4	49,1	38,9	17	124	33,4	39,7	87,7	10,9	48,6	35,7	534,4
1980	20,3	27,6	34,4	59,3	27,2	53,2	123	27,6	42,8	61,7	34,6	22,9	534,6
1981	23,7	13	30,8	17,8	53,7	14,4	202,1	46	39,4	83,3	26,1	34,8	585,1
1982	27,6	5	42,6	8,9	16,2	52,3	52,4	65,4	8,7	8,7	22,4	22,5	332,7
1983	19,1	30,5	17	53,8	90,6	30,2	11,7	101,9	14,9	5,3	15,2	5,2	395,4
1987	37	39	22	24	69	67	101	82	92	12	22	36	603
1988	28,3	22	31	7,6	45	96	95	51	43	15,2	33	29,8	496,9
1989	7,2	17,4	30,7	37,9	47,8	41	80,4	27,4	52	20,6	22,8	13,8	401

(upraveno dle J. Voltr, 1992)

- Srážky jsou udávány v mm

Tabulka 4. Průměrné měsíční a roční úhrny srážek v observatoři Praha – Karlov pro období 1991 - 2006

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	suma
1991	4,5	8,0	20,7	17,7	30,3	71,9	45,9	43,1	14,2	5,4	46,0	24,2	331,9
1992	21,4	16,2	39,7	18,5	11,7	65,6	49,7	57,3	9,2	33,3	20,5	19,5	362,6
1993	11,0	15,3	4,7	7,1	38,8	99,6	70,0	40,8	39,1	48,2	45,6	44,4	464,6
1994	7,9	13,4	34,8	40,7	43,6	17,4	43,7	87,4	39,0	15,7	13,8	36,3	393,7
1995	18,6	22,0	25,8	37,9	86,7	72,0	48,6	50,4	46,2	6,8	14,8	32,0	461,8
1996	8,8	14,5	14,8	13,1	32,2	64,3	91,1	67,8	33,7	26,0	21,0	22,2	409,5
1997	20,4	18,7	29,3	23,7	19,4	70,5	115,3	57,6	10,6	16,7	30,1	42,3	454,6
1998	8,7	12,8	18,4	5,2	37,0	79,8	48,4	17,2	64,7	58,6	26,1	7,7	384,6
1999	25,9	19,6	19,1	14,3	52,2	67,9	31,9	27,1	32,8	14,3	24,0	17,9	347,0
2000	17,4	16,1	70,5	4,3	40,8	28,0	53,6	31,7	25,3	56,0	24,7	9,2	377,6
2001	24,8	19,3	53,4	51,9	41,6	60,5	76,9	72,8	56,8	19,0	28,9	31,9	537,8
2002	13,2	35,1	24,1	21,1	53,2	87,8	47,4	103,7	46,0	35,3	71,4	47,4	585,7
2003	20,0	3,7	4,4	21,1	59,0	29,2	48,0	21,9	11,7	13,2	6,9	16,3	255,4
2004	-	-	-	9,4	35,7	83,2	-	50,9	32,6	16,1	41,7	-	N
2005	21,2	33,5	8,0	22,9	42,3	55,6	-	61,0	29,2	10,2	11,7	20,8	N
2006	10,2	22,2	42,9	48,4	83,5	-	-	-	-	-	-	-	N

- N – chybějící údaje o množství srážek během roku
- Srážky jsou udávány v mm

Příloha 4



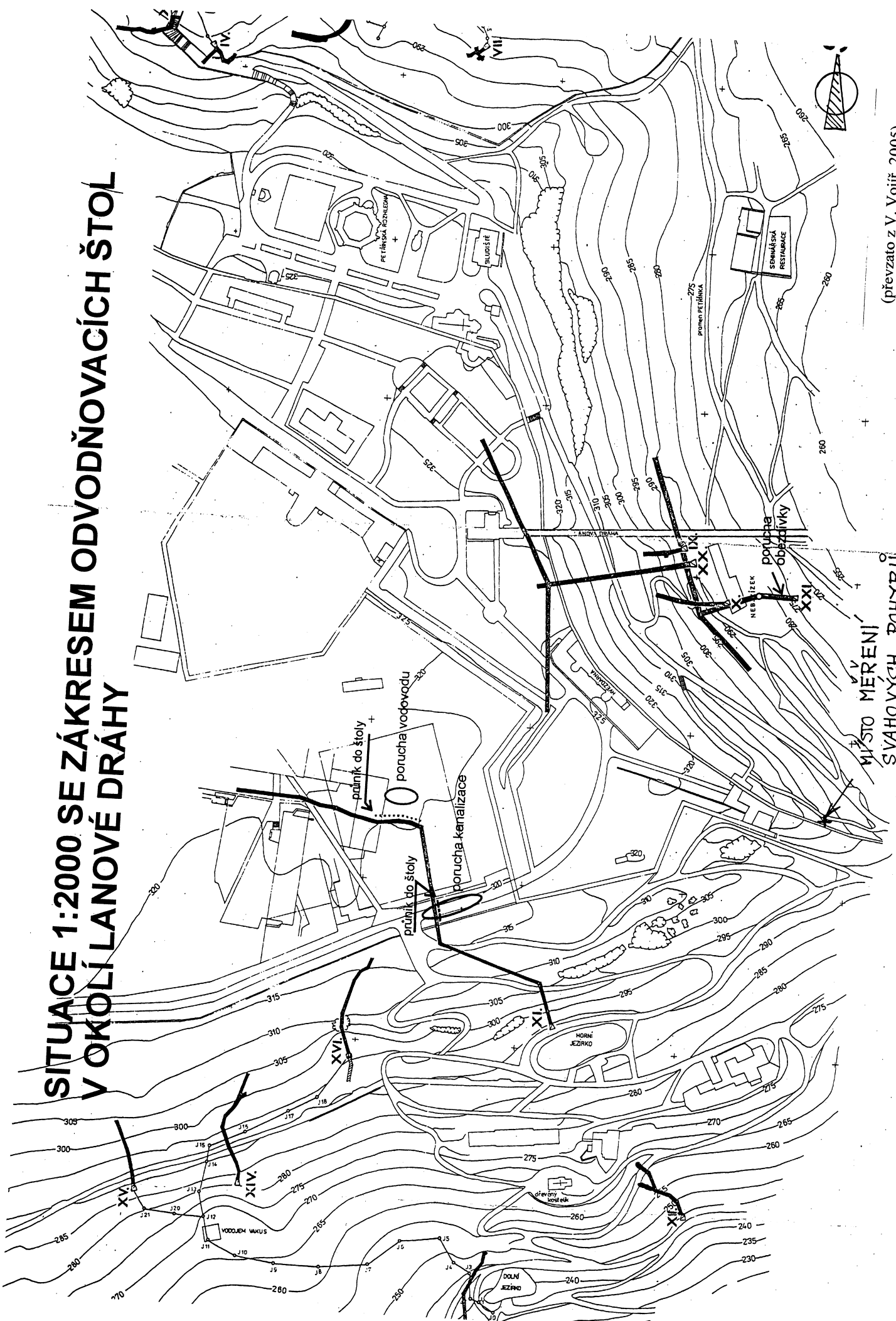
**Fotografie č.1 - Odlučné trhliny na terase zahradní restaurace Nebozízek
(převzato z M. Špůrek, 1978)**

Příloha 5



Fotografie č.2 – Opilý les v oblasti petřínského sesuvu (převzato z M. Špůrek, 1978)

SITUACE 1:2000 SE ZÁKRESEM ODVODŇOVACÍCH ŠTOL V OKOLÍ LANOVÉ DRÁHY



(převzato z V. Vojtů, 2005)

MĚŘENÍ
SVAHOVÝCH POHYBŮ
BLOKOVÉHO TYPU