

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2018

Bc. Robert Lebl

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY



**Variantní řešení sanace svahu ve Vlašimi**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. Ing. Miloslav Janeček, DrSc.

Diplomant: Bc. Robert Lebl

2018

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Robert Lebl

Regionální environmentální správa

Název práce

Variantní řešení sanace svahu ve Vlašimi

Název anglicky

Variant solutions restore of a slope in Vlašim

---

Cíle práce

Cílem diplomové práce jsou variantní návrhy sanace sesunutého svahu v zámeckém parku ve Vlašimi včetně nulové varianty. Účelem je funkční a estetické začlenění navrhované úpravy do okolní krajiny evropsky významné lokality.

Metodika

K získání základních podkladů bude provedena rekognoskace terénu, získání a vyhodnocení dat z geologického průzkumu. Dále bude proveden doplňující odběr půdních vzorků, jejich laboratorní rozbor a vyhodnocení. Z hlediska posouzení stability svahu po úpravě budou zpracovány tři variantní návrhy sanace sesuvu svahu a jednotlivé varianty budou vzájemně porovnány.

**Doporučený rozsah práce**

40 -60 stran

**Klíčová slova**

zámecký park, sesuv, Natura 2000, letní kino, geologie území

---

**Doporučené zdroje informací**

BLÁHA, P.: Nástin optimálního postupu při geofyzikálním průzkumu svahových deformací, 1999. časopis GEOTECHNIKA pro zakládání staveb, mechaniku zemin a inženýrskou geologii.

JANEČEK, M. a kol.: Základy erodologie, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008.

KUČERA, A.: Architektura inženýrských staveb, 2009.

MENCL, V. – ZÁRUBA, Q. *Sesuvy a zabezpečování svahů*. Praha: Academia, 1987.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2017/18 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

prof. Ing. Miloslav Janeček, DrSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra biotechnických úprav krajiny

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2018

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2018

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Variantní řešení sanace svahu ve Vlašimi“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Miloslava Janečka, DrSc. Uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a další zdroje, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne: 2. 4. 2018

.....

Bc. Robert Lebl

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce prof. Ing. Miloslavu Janečkovi, DrSc. za jeho pomoc a odborné vedení při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Aleně Walmsley, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při laboratorních rozborech. Také děkuji Mgr. Ing. Martinu Havlice, Ph.D. a RNDr. Milanu Novákovi z firmy Ochrana podzemních vod za poskytnuté podklady a odborné vedení při náběru půdních vzorků.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá sesuvem svahu v přírodně krajinářském zámeckém parku ve Vlašimi. Práce se zaměřuje na variantní řešení sanace sesunutého svahu na základě geologického průzkumu a možného znovu zprovoznění letního kina, které bylo sesuvem silně narušeno. V návrzích je brán ohled na funkční a estetické začlenění do krajinářsky a architektonicky významné lokality zámeckého parku, který je kulturní památkou a je začleněn v evropské soustavě chráněných území NATURA 2000.

## **Klíčová slova**

Zámecký park, sesuv, Natura 2000, letní kino, geologie území

## **Abstract**

This diploma thesis deals with a landslide of the slope in the natural landscaping castle park in Vlašim. The thesis is focused on a possible solution of the slope reconstruction based on the geological survey and the possible provisioning of a summer cinema, which was severely disrupted by the landslide. In the proposals, there is included the consideration of the functional and the aesthetic integration into the landscaped and the architectonically important locality of the castle park. This park is namely a cultural monument and it is implied into the European system of NATURA 2000 protected areas.

## **Key words**

Castle park, landslide, Natura 2000, summer cinema, area geology

# Obsah

|  |    |
|--|----|
| Seznam použitých zkratké.....                                | 9  |
| 1. Úvod .....  | 10 |
| 2. Cíle práce.....   | 12 |
| 3. Literární rešerše .....                                   | 13 |
| 3.1 Svahové deformace a pohyby.....                          | 13 |
| 3.1.1 Klasifikace svahových pohybů .....                     | 14 |
| 3.1.2 Faktory způsobující svahové pohyby.....                | 16 |
| 3.2 Eroze.....   | 18 |
| 3.2.1 Druhy eroze.....                                       | 19 |
| 3.2.2 Třídění erozních činitelů .....                        | 20 |
| 3.2.3 Typy vodní eroze.....                                  | 23 |
| 3.3 Protierozní opatření strmých svahů .....                 | 27 |
| 3.3.1 Technická protierozní opatření .....                   | 28 |
| 3.3.2 Vegetační protierozní opatření.....                    | 30 |
| 3.3.3 Kombinovaná biotechnická opatření.....                 | 35 |
| 4. Charakteristika zájmového území.....                      | 36 |
| 4.1 Geografie území .....                                    | 36 |
| 4.2 Geomorfologické a geologické poměry .....                | 36 |
| 4.3 Klimatické poměry .....                                  | 38 |
| 4.4 Natura 2000 .....  | 39 |
| 5. Metodika.....   | 40 |
| 5.1 Inženýrskogeologický průzkum .....                       | 40 |
| 5.1.1 Inženýrskogeologické poměry .....                      | 40 |
| 5.1.2 Hydrogeologické poměry.....                            | 41 |
| 5.1.3 Průzkum dešťové kanalizace a geofyzikální průzkum..... | 41 |
| 5.2 Vlastní rekognoskace zájmového území .....               | 42 |
| 5.3 Odběr půdních vzorků .....                               | 42 |
| 5.3.1 Makroskopická analýza.....                             | 43 |
| 5.3.2 Laboratorní analýza.....                               | 44 |
| 6. Návrh protierozních opatření.....                         | 48 |
| 6.1 Variantní řešení 0 - současný stav .....                 | 48 |
| 6.2 Variantní řešení 1 .....                                 | 48 |
| 6.3 Variantní řešení 2 .....                                 | 49 |
| 6.4 Vyhodnocení.....   | 50 |



|  |    |
|--|----|
| 7. Diskuze .....                           | 52 |
| 8. Závěr .....                             | 54 |
| 9. Použitá literatura a zdroje .....       | 55 |
| 10. Seznam obrázků, tabulek a příloh ..... | 59 |
| 11. Přílohy .....                          | 62 |

## Seznam použitých zkratk

|               |   |                                      |
|---------------|---|--------------------------------------|
| <b>ČR</b>     | - | Česká republika                      |
| <b>ČSN</b>    | - | Česká technická norma                |
| <b>ČSÚ</b>    | - | Český statistický úřad               |
| <b>ČÚZK</b>   | - | Český úřad zeměměřický a katastrální |
| <b>DMR 5G</b> | - | Digitální model reliéfu 5. generace  |
| <b>EVL</b>    | - | Evropsky významná lokalita           |
| <b>KN</b>     | - | Katastr nemovitostí                  |
| <b>OPV</b>    | - | Ochrana podzemních vod               |
| <b>PE</b>     | - | Polyethylen                          |
| <b>TP</b>     | - | Technické podmínky                   |
| <b>TPEO</b>   | - | Technická protierozní opatření       |

# 1. Úvod

Sesuv svahu s letním kinem ve vlašimském zámeckém parku narušil stávající kulturní využití a zároveň v zasažené oblasti ovlivnil i krajinný ráz. Při plánované sanaci takto narušené krajiny je po předešlé stabilizaci a zemní úpravě svahu potřeba zabezpečit svah proti působení vodní eroze a následně se pokusit v co největší míře obnovit narušenou krajinu jak z funkčního, tak i estetického pohledu, aby se zasažená část nenásilně začlenila zpět do krajinného celku a mohla být opět využívána.

Jak uvádí Weiglová (2007), sesuvy a svahové deformace jako jiné živelné pohromy, které nelze bezpečně předpokládat ani ovládat vždy podněcovaly zájem rozsáhlé veřejnosti. Na některých územích jsou sesuvy ojedinělým úkazem, jinde se projevují velmi často. Spoluúčastní se na utváření celého krajinného rázu, ale přitom ničí zemědělskou půdu, lesní porosty, poškozují silnice, obytné budovy a vodohospodářské objekty či stavby a v neposlední řadě ohrožují lidské životy. Problematice sesuvů a jejich následkům je proto důležité věnovat značnou pozornost, jelikož jsou v určitých oblastech značným ekonomickým zatížením.

Svahové sesuvy a deformace již odnepaměti vznikají v nejrůznějších oblastech lidské činnosti, a to zejména při stavebních činnostech. K sesuvu svahů dochází při porušení jejich vnitřní stability. Zabezpečit stabilitu svahu je potřeba jak v přírodních, tak antropogenně vytvořených svazích (Záruba, Mencl, 1987).

Ve všech případech svahových sesuvů je vedle různých geologických podmínek a dalších mnoha vlivů velmi důležitým faktorem čas, kdy s jeho postupem různě působící vlivy začínají, vyvíjí se, zanikají a začínají působit nové (Mencl, 1966).

V každém případě jsou nestability svahů problémem, na který se s prohlubováním znalostí přírodních procesů mnohem více zaměřuje pozornost v celém světě, protože tyto jevy způsobují velké materiální škody a ohrožují životy lidí. Následky sesuvů se projevují i na kulturní krajině, která je jimi značně devastována. I proto vyspělá společnost usiluje o předcházení iniciace svahových pohybů a eliminaci jejich možných negativních dopadů (ČGS ©2017).

Lidská společnost navíc ustavičně krajinu přetváří a přizpůsobuje pro své potřeby. V přírodě je tím narušována rovnováha, a to vede k nežádoucím jevům. Mezi takové jevy řadíme i zrychlenou erozi. Ta působí nejen na zemědělskou půdu, ale i na jiné

pozemky, např. urbanizované, těžební, podél liniových staveb a další. Na takto, lidskou činností ovlivněných pozemcích, vznikají nechráněné plochy zeminy, které jsou mnohem více vystaveny erozivním procesům než plochy přírodní. Uvedené problémy není možné řešit jen odstraněním činitelů, které tvoří pro erozní vlivy podmínky, protože uvedeným činnostem se nelze vyhnout. Cílem je vyhledávat možnosti, jak tyto nežádoucí následky lidských činností co nejvíce zmírnit, jak co nejdříve nechráněné plochy zabezpečit proti účinkům deště a větru (Janeček a kol. 2008).

Obdobného názoru je i Sklenička (2003), který přirovnává erozi z celosvětového pohledu k tragickým důsledkům člověkem nerozváženého užívání zdrojů přírody a zároveň nezřídka příčinou nevratného poškození půdy i krajiny. Upozorňuje, že díky lidské činnosti se erozní jevy rozšířily a zintenzívnily do formy zrychlené eroze. Mezi nejvýznamnějšími faktory, které přispívají ke vzniku zrychlené eroze uvádí odlesňování, klimatické podmínky, morfologie území (sklon svahu, délka svahu), vegetační podmínky, geologické a půdní podmínky a způsoby využití krajiny.

## 2. Cíle práce

Tato práce se v praktické části zabývá konkrétním řešením sanace sesunutého svahu v zámeckém parku ve městě Vlašim. Vlašimský zámecký park a přilehlé povodí řeky Blanice je evropsky významnou lokalitou (EVL), která je součástí soustavy chráněných území Natura 2000. Jelikož se zájmový svah zároveň nachází v bezprostřední blízkosti vlašimského zámku, je potřeba při sanaci zohlednit několik oblastí. Těmito oblastmi jsou prvotně stabilní zemní úprava svahu, dále protierozní zabezpečení a odvedení dešťových vod, a v neposlední řadě navázání z estetického a funkčního hlediska na stávající kulturní park s přilehlou dominantou samotného zámku tak, aby byl zachován krajinný ráz.

Cílem diplomové práce jsou tři variantní návrhy možného řešení sanace sesunutého svahu v zámeckém parku ve Vlašimi včetně nulové varianty a jejich vzájemné porovnání z pohledu funkčního a estetického začlenění do okolní krajiny EVL. Předmětné varianty budou zároveň vycházet ze závěrů hydrogeologického a geologického průzkumu.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1 Svahové deformace a pohyby

Svahové deformace a pohyby jsou důsledek porušení rovnováhy mezi tangenciální a normálovou složkou tíhy vzniklý gravitačním pohybem hmoty hornin. Rozprostření sil je závislé na hydrogeologickém režimu, geologickém prostředí a geomorfologickém vývoji. Ve svahu nastává zatížení smykem a pokud dojde u hornin ve svahu k překročení meze pevnosti vede to k utváření nesouvislých ploch. Tyto plochy většinou v prvotním stádiu mají povahu tahových trhlin, ze kterých se poté vytvoří souvislé smykové plochy. Uvedené pohyby se vyskytují jak u přirozených, tak i umělých svahů (Mareš et al., 1983).

Záruba a Mencl (1987) popsali sesuv jako nenadálý pohyb hornin, při němž se hmota odděluje smykovou plochou od pevného podloží.

Jak dále popisuje Mareš et al. (1983), mezi hlavní příčiny svahových deformací řadíme změny rovnováhy ve svazích jako důsledek přetížení nebo odlehčení svahu, změny v hydrogeologickém režimu způsobené výskytem a přesuny podzemních vod neboli tlakem vody v pórech a vsakováním vody z povrchu, a také seismickými dopady a tektonickými pohyby v horninovém prostředí.

To ostatně potvrzuje ve svém článku i Rybář (2004), že obecně změna obsahu vody ve svazích zvyšuje tlak tím, jak voda prochází zeminou a proniká do puklin a pórů. To má za následek pokles soudržnosti a hodnoty vnitřního tření svahu a dochází k sesouvání. V našich klimatických podmínkách k tomuto jevu dochází hlavně v období nadprůměrných atmosférických srážek.

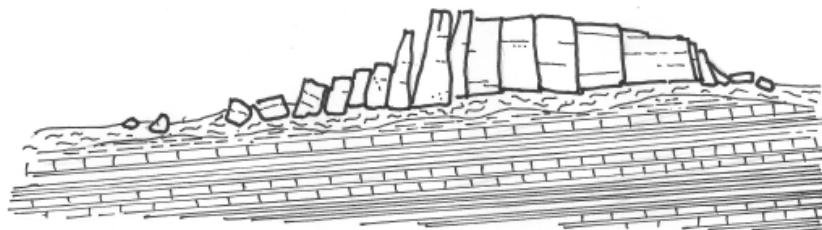
Jak také uvádí Flat et al. (1989), svahy, které jsou složeny z různých vrstev, se můžou sesunout po té vrstvě, u které se v důsledku přemokření sníží soudržnost pod hranici stability svahu. K sesuvům může docházet i po mnoha letech působení dlouhotrvajících dešťů. Zvýšení stability se řeší např. zmírněním sklonu svahu, odebráním části svahu, vysušením sesuvné části pomocí žeber nebo zvýšením odporu zeminy injektováním.

### 3.1.1 Klasifikace svahových pohybů

Aby zabezpečení v ohroženém území bylo lépe navrhováno, doporučuje Popov (1951) zohledňovat při klasifikaci sesuvů i regionální poměry, protože jednotlivé typy sesuvů mají díky rozmanitosti faktorů v různých krajinách odlišný ráz.

Svahové pohyby jakožto gravitační pohyb hmot jsou v podmínkách ČR nejčastěji klasifikovány dle rychlosti a průběhu pohybu do čtyřech kategorií – ploužení (anglicky creep), sesouvání, stékání, řícení (Němčok et al., 1974; Němčok, 1982).

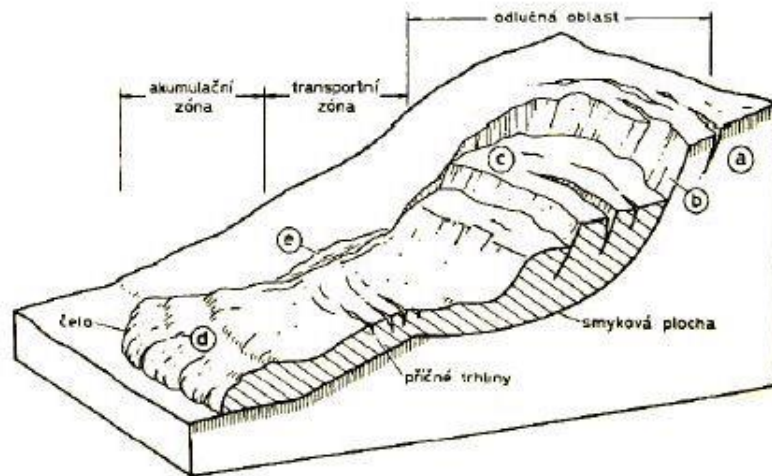
- **Ploužení (creep)** – plastické přetváření hornin v podloží s menší pevností a těžšími nadložními komplexy vyvolává dlouhodobý zpravidla se nezrychlující pomalý pohyb v řádech milimetrů až centimetrů ročně, při kterém se netvoří smykové plochy. Rychlost ploužení je závislé především na sklonu svahu, zrnitosti pohybujících se zemin nebo množství zastoupení jílovitých minerálů. Tento pohybový jev lze jen obtížně zpozorovat a vymezit. Výsledné formy většiny událostí jsou tak málo výrazné: gravitační rozvolnění, roztrhané a zprohýbané svahy a hřebeny. Odlišná situace je v případě tvrdých komplexů, které leží na měkčím podkladu. Ty se rozlámou ploužením na morfologicky kontrastní bloky (Obr. 1). V případě zrychlení procesu však může být počátečním stádiem pro přechod do fáze stékání, sesouvání či dokonce řícení.



Obr. 1: Rozlámané bloky ploužením ([www.zemnisesuvy.cz](http://www.zemnisesuvy.cz))

- **Sesouvání** – při tomto relativně rychlém svahovém pohybu (v centimetrech až metrech za den) dochází na svahu ke krátkodobému klouzavému pohybu hornin po jedné i více smykových plochách. Uvnitř sesuvu může také současně probíhat pomalý plouživý pohyb a u povrchu stékání a řícení.

Typické pro tento typ pohybu je nasunutí části hmoty na původní povrch v předpolí deformovaného svahu. Finální podoba pohybu se nazývá „sesuv“ (Obr. 2).



Obr. 2: Sesuv podél válcové smykové plochy, a) tahové trhliny nad odlučnou oblastí, b) odlučná stěna, c) příčné trhliny, d) radiální trhliny, e) boční valy (Záruba, Mencl, 1987)

- **Stékání** – pohyb u stékání je také rychlý a krátkodobý jako u sesouvání, ale horninové hmoty jsou navíc ve viskózním stavu. Stékající horninová masa je od neporušeného podloží ostře oddělená a přemísťuje se po povrchu na velkou vzdálenost. Finální podoba pohybu se nazývá „proud“ (Obr. 3). V poslední etapě již může stékání přecházet do ploužení. Za situace, kdy v stékající hmotě je podíl vody vyšší než podíl hmoty hornin, již proces nepovažujeme za svahový pohyb.



Obr. 3: Stékání (www.zemnisesuvy.cz)



- **Řízení** – je stav, při němž se horninová masa rychlým krátkodobým pohybem přemístí ze strmého svahu k jeho patě, přičemž masa hornin s podložím v určité fázi ztrácí kontakt. Nicméně i v tomto případě se projevují ostatní druhy pohybu. V prvotní fázi řízení překonávají horninové masy plouživý nebo i sesuvný pohyb, a po dopadu se ještě projevuje tečení a sesouvání. Finální podoba pohybu se nazývá „řízení – haldy – zlomy“ (Obr. 4).



Obr. 4: Řízení (Němčok, Pašek, Rybář, 1974)

Němčok (1982) také upozorňuje na komplikace, které přináší neidentický vztah mezi rychlostí a mechanismem pohybu. Je to dáno měnící se rychlostí svahového pohybu v různých stádiích vývoje. Nelze též vyloučit v jednotlivých úsecích porušeného svahu souběžně probíhající různé druhy pohybu. Typ svahového pohybu ve výsledku určuje konečný morfologický tvar sesunutého svahu.

### 3.1.2 Faktory způsobující svahové pohyby

Popov (1951) jako hlavní faktor porušení stability svahu staví do popředí příčinu. Bez příčiny by podle něj nebylo porušení stability svahu možné. Jako další základní faktory vyvolávající svahové pohyby ve své publikaci uvádí růst sklonu svahu podemletím spodní části, přitěžování svahu násypy a haldami a zmenšování pevnosti hornin.

Podobného názoru jsou i Záruba a Mencl (1974; 1987), kteří staví do popředí důležitost v rozpoznání podmínek způsobující náchylnost oblasti k sesouvání, a faktory bezprostředně vyvolávající pohyb hornin. Predispozice svahu k sesuvu je dána morfologickým vývojem území, vlastnostmi hornin, geologickou strukturou a hydrogeologickými poměry. Navržení funkčního zabezpečení svahu je možné jen na

základě správného stanovení rozsahu nebezpečí. Na základě uvedených poznatků rozdělili faktory způsobující sesouvání do osmi a později devíti následujících skupin.

- **Změna sklonu svahu** – příčina může být přirozená nebo antropogenní, když vodní tok erozním působením podemele patu svahu nebo podkopáním lidskou činností. Na změně sklonu se též může podílet tektonická činnost (poklesy, zdvihy). Dochází k narušení rovnováhy vzrůstajícím napětím v horninách ve smyku.
- **Zvětšení výšky svahu** – příčina může být způsobena erozí nebo výkopovými pracemi. Ve svazích dochází ke snižování bočních napětí na základě prohlubování údolí, což je podporuje zrod rovnoběžných puklin s povrchem svahu. Do těchto puklin poté snadno proniká voda.
- **Přetížení** – přitěžování svahu násypy hornin nebo haldami je příčinou nárůstu smykového napětí a zvýšení vodního napětí v pórech zemin, zejména jílovitých. Toto napětí snižuje pevnost ve smyku. Nebezpečí vzrůstá rychlejším přitěžováním svahu.
- **Otřesy a vibrace** – příčinou jsou zemětřesení, výbuchy silných trhavých náloží nebo pracovní stroje. Ve svahu pak působí a porušují rovnováhu přechodné změny napětí. Ve spraších a nepříliš soudržných píscích otřesy porušují vnitřní granulární vazby a tím zmenšují soudržnost. V jemnozrnných zvodnělých píscích a citlivých jílech můžou otřesy způsobit pootočení nebo přemístění zrn a výsledkem může být nenadálá tekutost zeminy.
- **Změny obsahu vody** – v období vydatných dešťových srážek nebo při tání sněhu voda zatéká do puklin v zemině a vyvolává v ní hydrostatický tlak čímž se v pórech zvyšuje napětí vody a klesá pevnost ve smyku. Naopak v suchém období dochází v jílovitých zeminách k vysychání a smršťování. Tvoří se v nich trhliny zmenšující na svazích soudržnost hornin a umožňují do zeminy vniknutí vody.
- **Působení podzemní vody** – stabilitu svahu zhoršuje podzemní proudící voda, která na částice zeminy vyvíjí tlak. Podzemní proudící voda vyplavuje ze svahu rozpustný tmel a částice zeminy. Díky tomu mohou vznikat dutiny, snižuje se soudržnost, pevnost a následně dochází k porušení stability svahu. Jako vztlak také působí na nadložní nepropustné vrstvy napjatá hladina vody v zemině.

- **Činnost mrazu** – zmrzlá voda v trhlinách zvětšuje svůj objem čímž se rozšiřují starší trhliny a nové trhliny vznikají. Takto rozpraskané horniny mají menší pevnost. U jílovitopísčitých a jílovitých zemin dochází k tvorbě ledových vrstviček, při jejichž roztávání je navyšován v povrchové vrstvě obsah vody, která následně rozbředne.
- **Zvětrávání hornin** – porušení soudržnosti hornin způsobené mechanickým a chemickým zvětráváním. Ohroženější jsou oblasti s výskytem glaukonitických pískovců a jílu.
- **Změny ve vegetačním pokryvu** – kořenová soustava stromů mechanicky přispívá ke stabilitě svahu a zároveň pomáhá spotřebou části podpovrchové vody svah vysušovat. Odstraněním stromů ze svahu dochází ke změnám ve vodním režimu v povrchových vrstvách.

### 3.2 Eroze

Řada autorů se zmiňuje o erozi jako přirozeném procesu, který je spjatý s naší planetou tisíce let a historicky se podílel na utváření zemského reliéfu. Proces erodování stál za většinou nynějších topografických znaků (vodní koryta, údolí, kaňony). Tato přirozená eroze přispěla k vytvoření zemin a jejich rozprostření na povrchu země. Avšak díky činnostem člověka (zemědělství, odlesňování, stavební činnosti) přirozenou erozi doplnila nově také eroze zrychlená, která je pro půdu, ale i vodu, velkým ohrožením (Holý, 1978; Schwab et al., 1993; Holý, 1994; Vrána et al., 1998; Morgan, 2005; Janeček et al., 2008).

Pojem „eroze“ vychází z latinského slova erodere, což znamená v překladu rozhlodávat. Jedná se o proces, kterým je rozrušován zemský povrch za přispění vody, větru, ledu a antropogenní činnosti člověka. Rozrušené částice půdy jsou následně za pomoci především vody a větru odnášeny a při poklesu energie ukládány na jiném místě (Cáblík, Jůva, 1964; Holý, 1978; Holý, 1994; Morgan, 2005; Janeček et al., 2008).

Holý (1994) i Morgan (2005) shodně rozdělují půdní erozi do tří fází. V první fázi se od půdní hmoty oddělují jednotlivé půdní částice, ve druhé fázi jsou transportovány erozivními činidly (voda, vítr, ledovce), a konečně ve třetí fázi deponovány.

Předcházet erozi půdy, jinými slovy snížit míru ztráty půdy na to, co by se vyskytovalo v přírodních podmínkách, závisí na vhodné volbě strategie pro ochranu půdy. Pro správně zvolenou strategii ochrany je důležité pochopit procesy eroze. Mezi faktory ovlivňující rychlost eroze můžeme zahrnout energii, odolnost a ochranu. Skupina energie obsahuje potenciální schopnost srážek (odtoku, větru) způsobit erozi. Tuto schopnost nazýváme „erozivita“. Mezi tuto skupinu zahrnujeme i faktory přímo ovlivňující sílu erozivních činidel např. snížení délky odtoku či přerušení větru. Skupina odolnosti závisí na mechanických a chemických vlastnostech půdy. Schopnost odolnosti nazýváme „erodibilita“. Skupina ochrany se zaměřuje na faktory zahrnující pokryv rostlin. Rostliny chrání před erozí tím, že zachycují srážky a snižují rychlost odtoku a větru. Odlišné rostlinné pokryvy poskytují různou míru ochrany, a proto člověk může do určité míry ovlivňovat i rychlost eroze (Morgan, 2005).

### 3.2.1 Druhy eroze

Erozi rozdělujeme do několika skupin na základě erozních činitelů, které ji vyvolávají (Cáblík, Jůva, 1964; Zachar, 1970; Holý, 1978; Holý, 1994; Janeček et al., 2008, Janeček et al., 2012).

- **Vodní eroze** – způsobují ji dopadající dešťové kapky na půdní povrch, který rozrušují a následně povrchovým odtokem půdní částice odnášejí. Povrchový odtok nastává po dlouhotrvajících nebo přivalových deštích, ale i po jarním tání sněhu s potenciálně velkou transportní kapacitou či koncentrací vody v hydrografické síti a vyplavováním půdních částic při podpovrchovém odtoku.
- **Ledovcová eroze** – vyvolávají ji pohybující se ledovce ze svahu do údolí. Ledovec strhává horninové zvětraliny a ty unáší do níže položených míst, kde jsou ukládány ve formě tzv. morén. Jak uvádí Kukal (1964), na našem území se ledovcová eroze vyskytovala v čtvrtohorní době ledové a zanechala po sobě morénové sedimenty v Krkonoších.
- **Sněhová eroze** – je vyvolána jednak pohybujícím se sněhem v podobě lavin, kdy tlak a rychlost sněhu devastuje zasažený pás území, ale i pomalu pohybující se vrstvou sněhu při jarním tání po nezmrzlém půdním povrchu. Sněhovou erozi může doprovázet zvláštní jev v podobě tvorby písečných

pánví na povrchu půdního mikroreliefu v místech odtoku přes pokrývku sněhu.

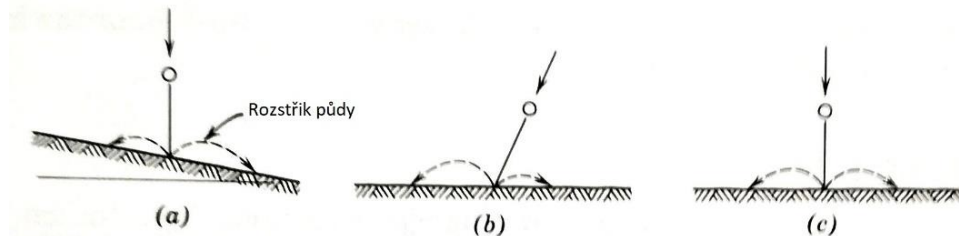
- **Větrná eroze** – jde o větrem mechanicky rozrušený pudní povrch a půdní částice jsou větrem přenášeny na různě velké vzdálenosti a při poklesu síly větru ukládány. Přenos půdních částic může probíhat třemi způsoby:
  - Unášení nejjemnějších částic jako suspenze na velké vzdálenosti.
  - Pohyb skokem, při kterém se přemísťuje největší množství půdních částic.
  - Sunutím větších a těžších půdních částic po povrchu.
- **Zemní eroze** – je způsobena suťovými proudy prosycenými vodou. Při svém pohybu rozrušují půdu a její podklad a tvoří hluboké rýhy.
- **Antropogenní eroze** – je nepřímo i přímo vyvolaná člověkem jako významným činitelem pro vznik zrychlené eroze.
  - Nepřímá je způsobena ničením vegetačního pokryvu a jeho záměnou za vegetační kryt s malým ochranným efektem, poklesem biologických, chemických a fyzikálních vlastností půdy, znečišťováním půdy odpady apod.
  - Přímá je způsobena hlavně intenzivním obhospodařováním zemědělských pozemků, výstavbou komunikací a jiných technických staveb a urbanizací.

### 3.2.2 Třídění erozních činitelů

Řada autorů se víceméně shoduje na nejvýznamnějších činitelích, které svým vzájemným spolupůsobením ovlivňují erozní procesy (Cáblík, Jůva, 1964; Holý, 1978; Schwab et al., 1993; Holý, 1994; Vrána et al., 1998; Morgan, 2005; Janeček et al., 2008; Janeček et al., 2012).

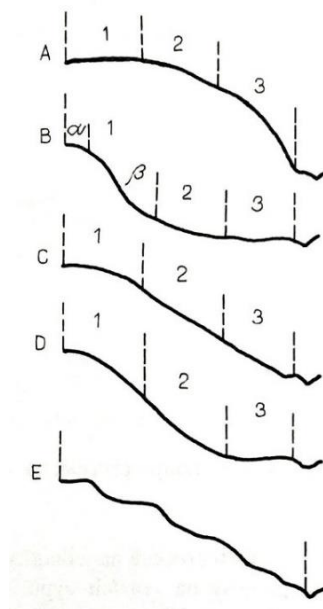
- **Klima a hydrologie** – do této skupiny radíme srážky, teplotu, sluneční záření, větrnost, zeměpisnou polohu a nadmořskou výšku. Intenzita dešťových srážek a míra jejich infiltrace do půdy ovlivňuje rychlost povrchového odtoku a je rozhodující pro vznik a průběh erozních procesů. Z uvedeného vyplývá, že rozhodující jsou srážky přívalové díky jejich vysoké intenzitě a destruktivnímu vlivu kinetické energie kapek na půdní povrch. V České

republiky trvají největší přivalové deště průměrně mezi 15 – 20 minutami (Cáblík, Jůva, 1963). Teplota a vítr jsou zase nejvíce zřetelné díky jejich působení na evaporaci a transpiraci, ale také na změnu rychlosti a úhlu dopadu dešťových kapek (Obr. 5). Sluneční záření je spojeno s teplotou a má vliv na vlhkost půdy.



Obr. 5: Diferenciální pohyb půdy způsobený rozstříkem dešťových kapek. a) svah, b) nakloněné dešťové srážky, c) vertikální dešťové srážky (Kohnke, Bertrand, 1959)

- **Morfologie území** – určujícími faktory jsou sklon území, délka a tvar svahu a expozice ke světovým stranám. Sklon území má prokazatelně na vodní erozi největší vliv. Ostatními činiteli může být zmírněn, nikoli však zcela potlačen. Se zvyšujícím se sklonem a délkou svahu narůstá v přímé úměře rychlost a destrukční účinek stékající vody na půdní povrch. Zároveň také tvar svahu ovlivňuje průběh a intenzitu erozního procesu (Obr. 6). Expozice svahu ke světové straně ovlivňuje rychlost tání sněhu a odtok vod z roztáleného sněhu. Na osluněných jižních a západních svazích taje sníh rychleji a dochází tak k většímu rozrušování půdy v důsledku většího povrchového odtoku.

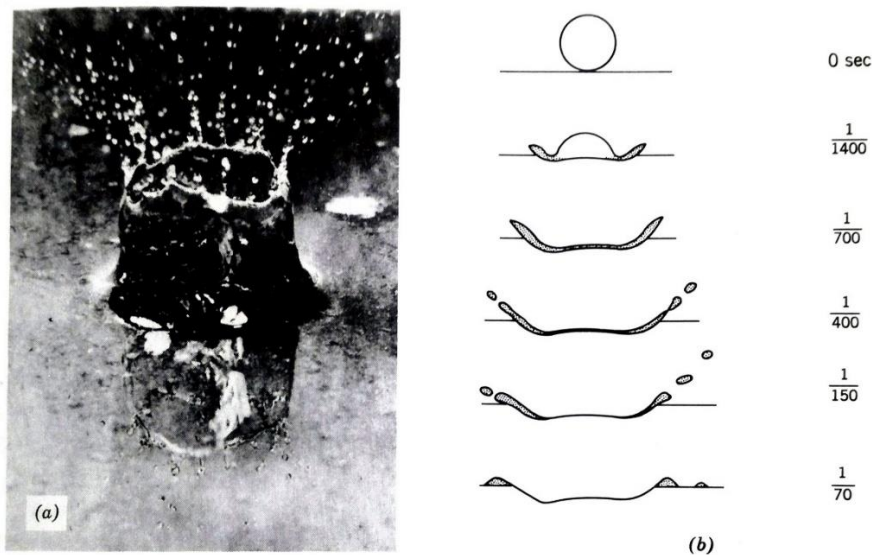


Obr. 6: Tvar svahu: A – vypuklý, B – vydutý, C – přímý, D – vypuklo-vydutý, E – stupňovitý (Holý, 1994)

- **Geologické a půdní poměry** – fyzikální vlastnosti půdy mají vliv na objem infiltrované vody a množství oddělených a přepravovaných částic půdy. Geologické poměry ovlivňují odolnost půdy a jsou závislé od půdního druhu a typu a povaze hornin. Půdní poměry jsou souhrnem jednotlivých půdních vlastností. Zahrnují strukturu a texturu půdy, obsah organické hmoty (humusu), vlhkost a zvrstvení. Například jílovité částice jsou hůře oddělitelné, naproti tomu sprašové hlíny jsou snadněji transportovány. Dalším důsledkem dešťové infiltrace na svazích, jak uvádí Lei et al. (2017), je migrace jemných půdních částic uvnitř svahu, které mění pórovitost a hydraulické vlastnosti půdy a jsou tak možnou příčinou selhání soudržnosti svahu.
- **Vegetace** – na průběh a při snižování erozních procesů hraje vegetace významnou roli. Chrání půdní povrch před kinetickou energií přímo dopadajících dešťových kapek (zvláště při přívalových deštích) a snižuje rychlost povrchového odtoku. Lépe chrání hustější a déletrvající vegetační kryt. Také kořenový systém vegetace, jeho hustota a hloubka dosahu, působí příznivě na pórovitost a propustnost půdy a zpevňuje ji. Avšak vliv vegetace na erozní procesy není stejný. Liší se podle druhu a stavu vegetace, podle období, druhu půdy, podnebí apod. Nejvyšší protierozní účinky má les, dále travní porost, obiloviny a nejmenší okopaniny.
- **Způsob využívání půdy** – je především chápán z pohledu hospodářsko-technického. Vstupují sem faktory jako směr obdělávání, volba a rozmístění plodin, osevnické postupy, střídání plodin, technické zásahy, tak i poloha a tvar pozemků. Obecně zemědělské půdy jsou erozí ohroženy více, jelikož tato půda byla zbavena původního vegetačního krytu a je intenzivně člověkem obdělávána a vystavena intenzivním erozním procesům. Proto je v oblastech s erozní ohrožeností důležité uplatňovat důsledně vhodnou protierozní organizaci území. Dobře provedená opatření – rekultivace, závlahy, odvodnění – zlepšují vlastnosti půdy a odtokové poměry, a tak snižují intenzitu erozních procesů. Rizikem jsou svahové cesty s velkým sklonem a nevhodným příčným profilem. Jestliže nejsou dostatečně zpevněné a vybavené příkopy pro zachytávání a odvádění stékajících povrchových vod, soustřeďují odtok z okolních ploch. Účinkem takového odtoku je vznik cestních úvozů následně se měnící na výmoly až strže.

### 3.2.3 Typy vodní eroze

Vodní erozi lze definovat jako oddělení a přepravu půdních částic za pomoci vody, včetně odtoku z roztátého ledu a sněhu (Schwab et al., 1993). Vodní eroze působí na půdní částice výběrově, tj. nejdříve jsou odnášeny nejjemnější a nejlehčí částice (Vrána et al., 1998). Nejvýznamnějším faktorem při oddělování půdních částic je rozstřík dešťových kapek. Po dopadu kapky na povrch půdy mohou být půdní částice vyhozeny vzduchem až do vzdálenosti několika centimetrů (Morgan, 2005). Schwab et al. (1993) uvádí dokonce 0,6 m vysoko a 1,5 m daleko na rovných plochách. Účinek dopadu dešťové kapky je možné vidět na obrázku (Obr. 7). Na povrchu i pod povrchem se následně tvoří odtok, který rozrušuje zemský povrch a dochází k selekci půdních částic a vzniku odtokových tras (Janeček et al., 2008; Janeček et al., 2012; Morgan, 2005; Zachar, 1970). Vodní eroze bývá též původcem sesouvání půdy jako souběžný projev eroze (Cáblík, Jůva, 1964).



Obr. 7: Charakteristika dešťové kapky při střetu s vlhkou půdou (Mihara, 1952)

Rozeznáváme následující typy vodní eroze z pohledu účinku vody na povrch půdy (Cáblík, Jůva, 1963; Holý, 1978; Schwab et al., 1993; Holý, 1994; Morgan, 2005; Janeček et al., 2008).

- **Děšťová (kapková)** – uvolnění půdních částic z nechráněného půdního povrchu vlivem kinetické energie dopadajících dešťových kapek je prvotní podmínkou vzniku eroze. Účinky dešťových kapek na holou půdu nezpůsobují jen rozstřík půdních částic, ale také snižují agregaci a zhoršují



struktury půdy. Pokud však dešťové kapky dopadnou na rostlinný pokryv nebo zbytky plodin, energie se absorbuje a sníží se rozstřík půdy. Charakteristickým projevem kapkové eroze jsou drobné dolíky v povrchu půdy.

- **Plošná (mezirýhová)** – je charakteristická rozrušováním půdy a odnosem půdní hmoty z celé plochy oblasti. Když není půda schopna pojmout více vody, přebytečná voda způsobuje povrchový odtok a selektivně odnáší jemné částice půdy. Dle Morgan (2005) jsou nejnáze oddělovány a odnášeny částice s průměrnou velikostí zrna 0,063 – 0,250 mm. Jestliže má povrchově stékající voda větší kinetickou energii, smývá půdní hmotu ve vrstvách buď na celé svahové ploše, nebo v závislosti na reliéfu povrchu pouze širokými pruhy. Zpravidla je tak odnesena celá orniční vrstva (Obr. 8).



Obr. 8: Plošná eroze (Špindler, 2016)

- **Výmolná** – vzniká soustředěním odtoku stékající vody z půdního povrchu následkem jeho nerovnosti, ve kterém časem vymílá postupně se prohlubující zářezy. Jde o převládající formu eroze. Nejméně závažnější je v oblastech se silným výskytem bouřek na půdních plochách s velkým odtokem a značně erodovatelnou ornou půdou. V rýhách jsou transportovány oddělené půdní částice pohybem po dně a v suspenzi.
  - **Rýžková** – je prvotním stupněm výmolné eroze a na svahu tvoří hustou síť z drobných zářezů (Obr. 9).



Obr. 9: Rýžková eroze (Kadeřávková, 2013)

- **Rýhová** – vzniká pokračujícím soustředěným odtokem v rýžkách, které se níže po svahu spojují a prohlubují (Obr. 10).



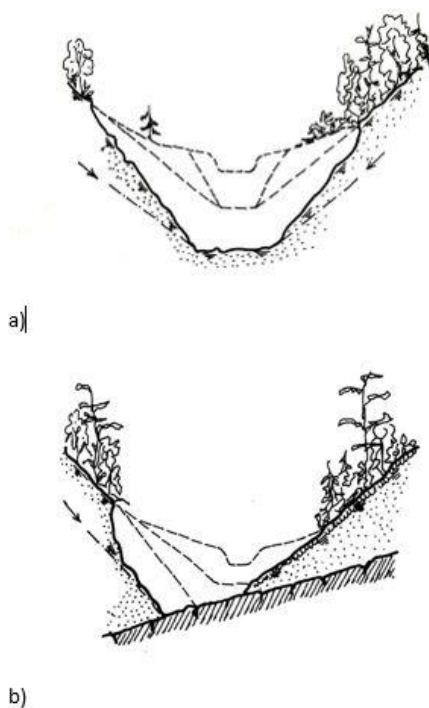
Obr. 10: Rýhová eroze (Mendelova univerzita v Brně)

- **Výmolvá / stržová** – jedná se o nebezpečné formy, které již devastují území. Jejich výsledkem jsou hluboké výmoly a strže a podle geologického podloží mohou být v příčném profilu tvaru V nebo U (Obr. 11). Procesy vyhlubující výmol či strž mohou působit současně nebo v různých etapách jeho růstu. Výmoly a strže jsou vždy spojeny se zrychlenou erozí, a tudíž s krajinnou nestabilitou.



Obr. 11: Výmolná eroze (<http://mapio.net/pic/p-64237629/>)

- **Proudová** – odehrává se na dně a při březích vodních toků (Obr. 12). V bystřinách se projevuje výrazněji a obvykle splavuje velké množství půdy. Přesto jí Schwab et al. (1993) přisuzuje menší závažnost, než je tomu u eroze půdního povrchu. Ke zvýšení proudové eroze přispívá i odstraňování vegetace, úprava břehů nebo přítomnost překážek ve vodním toku.



Obr. 12: Proudová eroze a) dnová b) břehová (Holý, 1994)

### 3.3 Protierozní opatření strmých svahů

Na svazích, které vznikají v důsledku antropogenní činnosti vznikají obvykle plochy s nechráněnou zeminou, na které dešťové a větrné erozní procesy působí mnohonásobně více, než na svahy přírodní (Janeček et al., 2008). Protierozní opatření mají za cíl eliminovat vznik samotného procesu eroze tak, že omezí vliv přírodních a antropogenních činitelů. Mezi nejúčinnější opatření se řadí ta, která omezují účinek dopadu dešťových kapek (Morgan, 2005). Dalším účelem ochranných protierozních opatření je podpora vsaku vody do půdy, zlepšení soudržnosti půdy, omezení unášecí vodní síly a soustředěného povrchového odtoku, neškodné odvedení povrchových vod a zachycení smývané půdní hmoty (Janeček et al., 2008).

Jak popisuje Řejha (2007), erozní vlivy na zemní tělesa, především vody, působí během celé jejich dlouhé životnosti a negativní působení vody se projevuje snížením funkčnosti staveb. Před stanovením technologie protierozní ochrany je potřeba analyzovat úroveň a míru erozního rizika. Vhodným řešením protierozního zabezpečení svahů mohou být z ekonomického hlediska geosyntetické produkty společně s vhodně zvolenou technologií. Důležité je dodržování technologických postupů a kvalita provedení zabezpečení, jelikož se kladou vysoké protierozní požadavky na odolnost např. proti dynamickému proudění vody podél vrstevnic svahu.

Brabenec (2007) také upozorňuje, že k dosažení maximální protierozní ochrany před srážkami je nutné její vybudování co nejdříve, kdy vrstva zeminy na svahu není schopna v dostatečné míře odolávat povrchové vodě, zejména v období přívalových dešťů. Předchází se tím ke vzniku mikro sesuvů, erozních rýh, splavování zeminy nebo v horším případě k velkým sesuvům celých svahů. Zvlášť je potřeba věnovat pozornost zabezpečení horní hrany svahů, která je často narušována soustředěným odtokem vody, a tak vystavena vzniku rýhové eroze (Kudrna, 2011).

Pro výběr souboru a návrh prvků protierozní ochrany je třeba vycházet z průzkumu hydrologických poměrů dotčeného území a stanovení jeho erozní ohroženosti. Průzkum zároveň tvoří podklad jako pojítka mezi protierozními úpravami, pozemkovými úpravami, zájmy v krajině a jinými vodohospodářskými či ekologickými zásahy (Janeček et al., 2008). Podstatou protierozních opatření je přistupovat k řešení problematice komplexně (Holý, 1978; Holý, 1994; Vrána et al., 1998) a pro řešené území vytvořit několik variant, z kterých se zvolí nejvhodnější

varianta s ohledem na zábor půdy, finanční nákladnost, následný provoz a účelnost protierozních opatření (Vrána et al., 1998). Na toto již upozorňují Cáblik a Jůva (1963), kteří uvádí, že osamoceně provedené sebelepší opatření negarantuje zdárný výsledek.

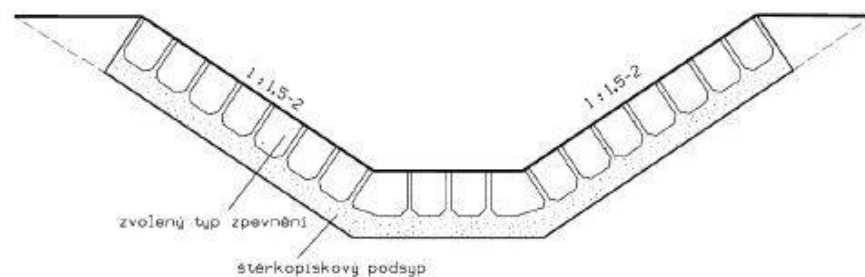
### 3.3.1 Technická protierozní opatření

Technická protierozní opatření (TPEO) se budují obvykle jako základní doplněk k dalším protierozním opatřením a za základní principy TPEO je možné považovat změnu sklonu svahu, přerušení délky svahu s neškodným odvedením povrchového odtoku a zachycení povrchového odtoku a splavenin s jeho zdržením do doby vsaku. Do skupiny zemních úprav ke změně sklonu se řadí terénní urovnávky, terasy a meze. Do skupiny hydrotechnických prvků pak příkopy, průlehy, ochranné hrázky a nádrže (Cáblik, Jůva, 1964; Holý, 1978; Holý, 1994; Morgan, 2005; Janeček et al., 2008; Janeček et al., 2012; Kadlec et al., 2014). Při návrhu i tvorbě TPEO, jelikož se jedná o stavbu, je potřeba se řídit stavebním zákonem č. 183/2006 Sb., případně vodním zákonem č. 254/2001 Sb. pokud se jedná o vodní dílo.

Mezi další technická opatření, používaná pro odvod vody nebo odvodnění zamokřené půdy na strmých svazích (např. antropogenní násypové či zářezové svahy nebo svahy náchylné k sesouvání), můžeme zařadit inženýrské konstrukce (Cáblik, Jůva, 1964; Morgan, 2005) jako různé odvodňovací příkopy, drenážní žebra, drény, horizontální odvodňovací vrty a odvodňovací štolky (Cáblik, Jůva, 1964; Záruba, Mencl, 1987; MŽP, ©1999; MD, ©2003; Kudrna, 2011).

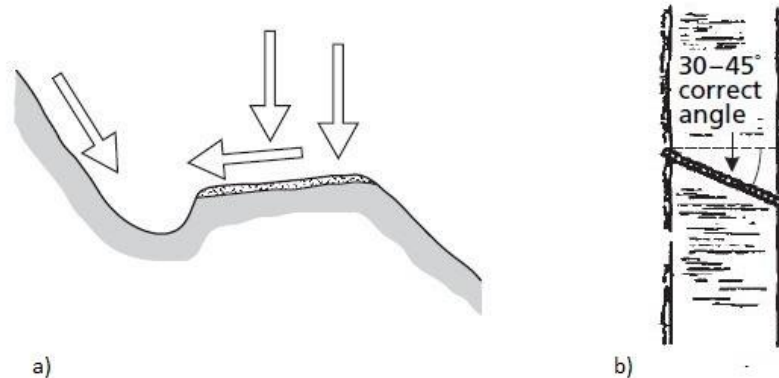
- **Terénní urovnávky** – tkví primárně v odstranění místních nerovností terénu a zmenšení sklonu svahu v příčném profilu, které zásadním způsobem ovlivňují soustředování a směr povrchového odtoku. Opatření je prováděno přemístováním zeminy, pokud možno rovnou na pozemku a na hlubokých půdách nebo za pomoci navážek.
- **Protierozní příkopy** – záchytné, sběrné, svodné. Jde o liniový prvek, který se buduje v místě nezbytného přerušení svahu a lze jej zkombinovat s jinými liniovými krajinnými prvky např. cestou, mezí, biokoridorem apod. Příkopy slouží k zachycení a neškodnému odvedení povrchové vody a splavenin. Budují se zpravidla otevřené, nejčastěji ve tvaru lichoběžníku se sklonem

svahů 1 : 1,5 až 1 : 2 a mohou být zpevněné i nezpevněné (Obr.13). Svodné příkopy při odvádění vody do recipientu většinou překonávají větší sklony, a proto musí být vždy opevněné. Ke zpomalení odtoku a snížení sklonu je možné v jejich dně vybudovat např. skluzy nebo umístit kaskádovitě žlabovky. Druh opevnění i celkové parametry protierozních příkopů je potřeba navrhovat na podkladě hydraulických a hydrologických dat. Podle vyžadované úrovně ochrany pozemku jsou dimenzovány na průtok vody  $Q_5$  –  $Q_{50}$ , výjimečně až  $Q_{100}$ .



Obr. 13: Příčný řez svodným příkopem (Janeček et al., 2012)

- **Protierozní cesta** – jde o kombinované opatření, kdy se místní cesta, která je opatřena příkopem nebo rigolem, plánovitě vede erozně ohroženým svahem a záměrně se tak přerušuje dlouhý povrchový odtok. Vedení cesty je proto podřízeno prioritně protierozní funkci a je nejvhodnější vést ji v mírném sklonu zhruba po vrstevnici. Souběžný cestní příkop je veden na vnitřní straně cesty směrem ke svahu (ČSN 75 4500) a zachytává vodu nejen ze samotné cesty, ale také ze svahu ležícího nad cestou (Obr. 14 a) a dimenzuje se obdobně jako protierozní příkop. Pro větší sklony cestních příkopů a tím větší rychlost odtoku se navrhuje opevnění polovegetačními tvárniciemi nebo betonovými žlabovkami a svah nad příkopem se opevní travním osetím. Pro ochranu samotné cesty před vodní erozí je dobré pro přerušování odtoku na ní v určitých intervalech umístit příčnou svodnici v úhlu 30 – 45° (Obr. 14 b). Jak uvádí Vrána et al. (1998) počet svodnic a jejich vzdálenost od sebe se doporučuje v závislosti na podélném sklonu cesty. Pro sklony 6 – 8 % 50 až 100 m, pro sklony 8 % 25 až 50 m a pro sklony nad 12 % 25 m. Dle ČSN 73 6109 je doporučováno pro sklony 6 % 40 až 60 m, 8 % 35 až 50 m, 10 % 25 až 40 m, 12 % 22 až 32 m, 14 % 18 až 28 m, a pro 15 % 14 až 25 m.



Obr. 14: Protierozní opatření na cestách a) odvodnění z cesty b) svodnice (Agate, 1983)

- **Drenážní žebra** – jsou považována za účinnou metodu pro sanování svahů a sesuvů. Drenážní žebro je tvořeno vykopanou rýhou po spádnicí vyplněnou štěrkem. Proti zanášení splaveninami jej lze ochránit geotextilií a ve dně lze doplnit jedno či více drenážních potrubí. Žebro funguje buď jen jako drenážní snižováním hladiny podzemní vody nebo, když zasahuje až pod smykovou plochu jako kombinované drenážní zvyšováním odporu na smykové ploše. Vzdálenost mezi jednotlivými žebry se řídí podle požadovaného účinku a na základě stabilitního výpočtu, obvykle činí 6 m. Hloubka žeber je podmíněna na použité technologii hloubení, např. pomocí bagru je to cca 3 – 5 m.
- **Drény** – mohou být haťové, proutěné, tyčkové, trubkové nebo nejčastěji kamenné. Zakládají se v hloubkách 6 – 8 m i více, jednotlivě jako obvodové drény nebo v soustavě souběžných sběrných drénů, které zaústí do svodných drénů. Zachycují cizí podzemí vody, odvodňují místní prameny apod. V případě delších drénů je doporučeno jejich přerušení po 30 – 50 m revizními šachticemi pro kontrolu odtoku.
- **Horizontální odvodňovací vrty** – jejich zřizování je poměrně rychlé. Jsou tvořeny maloprofilovým cca 150 mm vrtem v mírném dovrchním úklonu, do kterého se vloží ocelová (odolnější tlaku, ale podléhá korozi) nebo PVC či polyetylenová (trvanlivější, ale méně odolné tlaku) perforovaná výpažnice.

### 3.3.2 Vegetační protierozní opatření

Vegetace hraje extrémně důležitou roli při řízení vodní eroze. Prospěšné účinky bylinné vegetace a travin v prevenci vodních srážek jsou především jímací, zádržný,

zpomalující a infiltrační. Zeleň a rostlinné zbytky absorbují dešťovou energii a zabráňují oddělování půdy stříkajícími dešťovými kapkami. Kořenový systém fyzicky váže nebo omezuje půdní částice, zatímco nadzemní části filtrují sedimenty z odtoku. Stonky a listy zvyšují drsnost povrchu a zpomalují rychlost odtoku. Rostliny a jejich zbytky pomáhají udržovat pórovitost a propustnost půdy, což oddaluje nástup odtoku (Gray, Sotir, 1996).

Podle Janečka et al. (2012) je nejlepší protierozní ochranou optimálně zapojený travní porost v drahách soustředěného povrchového odtoku. U protierozních opatření zejména liniového charakteru jsou upřednostňovány výběžkaté trávy, které tvoří pevné drny. A jak doplňuje Cáblik a Jůva (1964), pro dobře zapojený travní porost je důležitá půdní vláh.

Stejný názor má i Kudrna (2011), který uvádí, že za základ vegetačních protierozních úprav je považována vegetace a humusování. Vegetační úpravy plní například funkce biotechnické, kdy vegetace zpevňuje svahy a zabezpečuje je proti sesouvání. Byliny a dřeviny s vysokou spotřebou vody půdu odvodňují a ochraňují tak půdu na svazích před vodní erozí. Díky transpiraci se snižuje vlhkost půdy a tím i hmotnost půdní masy, která může zatěžovat smykovou plochu. Pozitivem může být v konečném důsledku posílená stabilita svahu (Gray, Sotir, 1996; Morgan, 2005). Vegetační pokryvy omezují vliv nežádoucích klimatických jevů i tím, že chrání před větrem a zachycují sníh. Biologické a ekologické funkce spočívají ve vytvoření optimálního objemu aktivní hmoty, zvyšují ekologickou stabilitu a pomáhají k začlenění dotčené krajiny do územního systému ekologické stability a spoluurčují krajinný ráz (Kudrna, 2011).

Druhy rostlin pro výsadbu by měly být vybírány pro jejich vlastnosti rychlého růstu, houževnatost vůči chorobám a škůdcům, schopnost konkurovat méně žádoucím druhům a přizpůsobivost místním půdním a klimatickým podmínkám. Pokud je to možné, měly by být vybírány původní druhy. Obecně je nutná kombinace rostlinných druhů, protože není možné předpovědět úspěch jakéhokoli druhu v daném prostředí. Monokultura je také náchylnější k onemocnění. Druhovú směs by měla obsahovat traviny, dřeviny a dřeviny, jak keřů, tak i stromů, s výjimkou případů, kdy jsou specifické požadavky takovéto směsi nežádoucí, jako např. u některých druhů rekultivací strží (Morgan, 2005).



Podle De Ploey (1981) je jako metoda stabilizace svahů náchylných k sesuvnému pohybu doporučována výsadba stromů. Přestože přidání stromů do svahu může někdy vyvolat posun v důsledku nárůstu hmotnosti, tento efekt je obecně kompenzován zvýšením soudržnosti spojené s vazbou půdy v kořenové síti a pevností v tahu samotných kořenů. Kořeny působí v půdě jako kotvy, které mechanicky posilují nestabilní půdy, a pro výběr vhodných dřevin je třeba pochopit mechanické interakce mezi kořeny a půdou (Mickovski a kol., 2007). Stromy odnímají z povrchových půdních vrstev vodu, kterou potřebují ke svému růstu, a tím půdu vysušují. Pro tento efekt je nejvhodnější na sesuvech vysazovat stromy s velkou spotřebou vody a velkým výparem. To jsou obecně listnaté dřeviny, zejména pak topol, olše, jasan, vrba a bříza (Záruba, Mencl, 1987).

- **Travní výsev** – Janeček et al. (2008) uvádí, že k ošetřování ploch před erozní činností je vhodné používat směs trav, které vynikají dostatečně rychlým prvotním růstem, bohatým odnožováním, nízkou výškou vzrostlé trávy, odolností slunečnímu záření a suchu, nízkou náročností na živiny a vytrvalostí. Travní směs by mělo tvořit 40 – 60 % základních druhů trav např. vytrvalá, adaptabilní a hluboce kořenicí kostřava červená (*Festuca rubra*), dále doplňkové druhy s podílem 10 – 30 % např. lipnice luční (*Poa pratensis*), jílek vytrvalý (*Lulium perenne*), kostřava ovčí (*Festuca ovina*) a další, a speciální druhy v poměru 5 – 20 % např. lipnice hajní (*Poa nemoralis*), jetel plazivý (*Trifolium repens*), štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*) a další. Různé příklady a poměry travních směsí pro stanoviště s různými ekologickými podmínkami jsou např. uvedeny v TP53 pro erozně ohrožené svahy podél pozemních komunikací (MD, ©2003). Samotný výsev je možné provádět ručně, hydroosevem, drnováním či suchými travními rohožemi (Kudrna, 2011). Dle ČSN 83 9041 je potřeba travní směs vysévat rovnoměrně a je nutné také osít přilehlé vegetační plochy v šíři cca 1 m, hlavně nad korunou svahu.
  - **Ruční osévání** – provádí se na nízkých svazích s malým sklonem a opatřených vrstvou humusu.
  - **Hydroosev** – Hydroosev je speciální technika vyvinutá pro rychlé a levné osetí svahů. Jde o kombinovanou biologickou a chemickou protierozní techniku zatravnění svahu tělesa směsí vody, travního

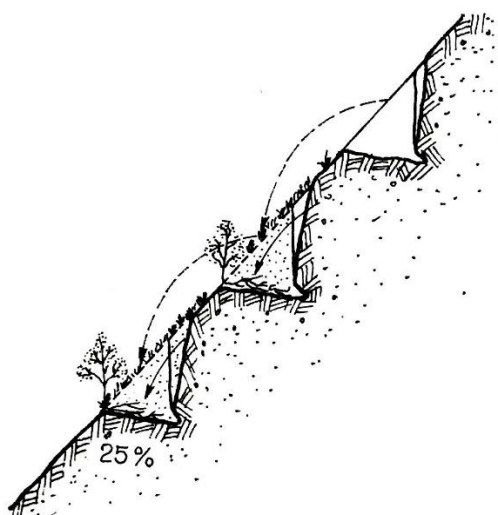
semene, hnojiva, mulče a speciální pojivé emulze pomocí silného čerpadla (Obr. 15). Dosah čerpadla je 15 – 20 m, a za příznivých podmínek až 25 m. Mulč sestává z látek organického původu, např. rašelina, lesní stelivo, řezanky ze slámy či sena, hobliny apod. Mulč zajišťuje vhodné podmínky pro lepší klíčivost zasetých rostlin a emulze zabezpečí dobré přilnutí osiva a mulče ke svahu a ochrání směs před vysycháním do doby zakořenění travin. Ve vegetační době lze hydroosev aplikovat za každého počasí (Morgan, Rickson, 1995). Hydroosev je vhodný zejména pro obtížně přístupné příkré plochy, kde poskytuje na svahu okamžitou ochranu proti erozi (Janeček et al. 2008).



Obr. 15: Svah ošetřený hydroosevem (<http://udrzba-zelene.kravinhrobice.cz/sluzby/hydroosev>)

- **Drnování** – podstatou drnování je pokládka srýpnutých drnových tabulí nebo drnových pásů celoplošně nebo diagonálně šachovnicově na vlhký svah. Travní koberce se dopravují na stavbu srolované. U drnových pásů je důležité zajištění na svahu sponami nebo kolíky. Po pokládce je nutné drny utužit a zavlažovat. Při kvalitním zavlažování je možné provádět pokládku po celou dobu vegetačního období. Technologie drnování vyžaduje velkou míru ruční práce, a proto je tento způsob ochrany vhodný pouze pro menší plochy svahů a využívá se spíše výjimečně. Drnové dlaždice lze využít i při zpevňování svahů terasováním tzv. čelní drnování. Výška u těchto čelních drnových stěn nemá překročit 1,3 m a sklon 3 : 1 až 8 : 1 (Kudrna, 2011).

- **Travní rohože** – tvoří je dvě, za pomoci organických lepidel lisované, vrstvy z trvanlivých organicky biodegradovatelných vláken, mezi kterými je umístěno travní semeno, případně semena travin a dřevin. Travními rohožemi se následně pokrývá zvlhčený svah, ke kterému se ukotvují pomocí spon. Ošetření svahu touto metodou je poměrně rychlé a ochrana před erozí okamžitá, ale je finančně nákladnější (Janeček et al. 2008; Kudrna, 2011).
- **Výsadba dřevin** – postup prací při výsadbě se řídí normou ČSN 83 9021 pokud nejsou nutné odchylky ze zvláštních půdních či terénních důvodů nebo klimatických poměrů. Norma mimo jiné uvádí, že při volbě způsobu výsadby (jamky, rýhy, plošně), je potřeba přihlídnout zejména k nebezpečí eroze, při výběru dřevin je potřeba dbát na jejich biotechnickou vhodnost nebo, že místa výsadby mají být poté zamulčovány. Dle ČSN 83 9041 a Janečka et al. (2008) je ke stabilizaci svahů možné využít i konstrukce ze živých částí rostlin např. hatě, zápletové plůtky, kordony z větví či sazenic, klejonáž, dřevité řízky apod. Výsadba může být pultová, rigolová (Kudrna, 2011) nebo kordonová (Holý, 1994).
  - **Pultová výsadba** – princip pultové výsadby spočívá ve vytvoření pultů z kvalitní zeminy na tělese svahu, do kterého se vysadí mladé dřeviny do výšky 0,5 m. V prostoru pultu dochází ke zpomalování toku vody po svahu, tím se sníží erozivní riziko a následný sesuv svahu a zvýší naopak prosakování vody ke kořenům dřevin.
  - **Rigolová (brázdová, jamková) výsadba** – obdoba pultové výsadby, při které se však dřeviny výšky 0,8 – 1 m sází do vyoraných brázd ve svahu. Vysazené dřeviny musí mít kořeny v kvalitní zemině.
  - **Kordonová výsadba** – používá se na mimořádně sklonitých svazích, obvykle nad 45°. Ve směru vrstevnic se odkope banket skloněný proti svahu, do kterého se položí kořeny sazenic listnáčů a zasypou se odkopem ze svislé stěny. Sazenice se při růstu časem vztyčí do svislé polohy (Obr. 16).



Obr. 16: Kordonová výsadba stromů (Holý, 1994)

### 3.3.3 Kombinovaná biotechnická opatření

Mezi kombinovaná biotechnická opatření, která kombinují vhodná technická opatření s vegetační ochranou, lze zařadit geotextilie, drátokamenné koše tzv. gabiony, celulární systémy, rošty, mříže, betonové prefabrikáty, ozeleněné kamenné dlažby, děrované plasty apod. (Janeček et al. 2008; Kudrna, 2011). Použití různých kombinovaných opatření se často využívá na svazích pozemních komunikací dle schválených TP 53 (MD, ©2003).

## 4. Charakteristika zájmového území

### 4.1 Geografie území

Řešené území se nalézá v intravilánu města Vlašim ve Středočeském kraji v okrese Benešov (Obr. 17). Město Vlašim leží 20 km jihovýchodně od okresního města Benešov u Prahy a náleží do katastrálního území 783544. Pod město spadá 7 obecních celků a souhrnná katastrální výměra je 41,43 km<sup>2</sup>. Nadmořská výška dosahuje 365 m n. m. Významnou dominantou Vlašimi je zámek s přílehlým zámeckým parkem a protékající řeka Blanice. Dle ČSÚ k 1.1.2017 má Vlašim 11641 obyvatel.



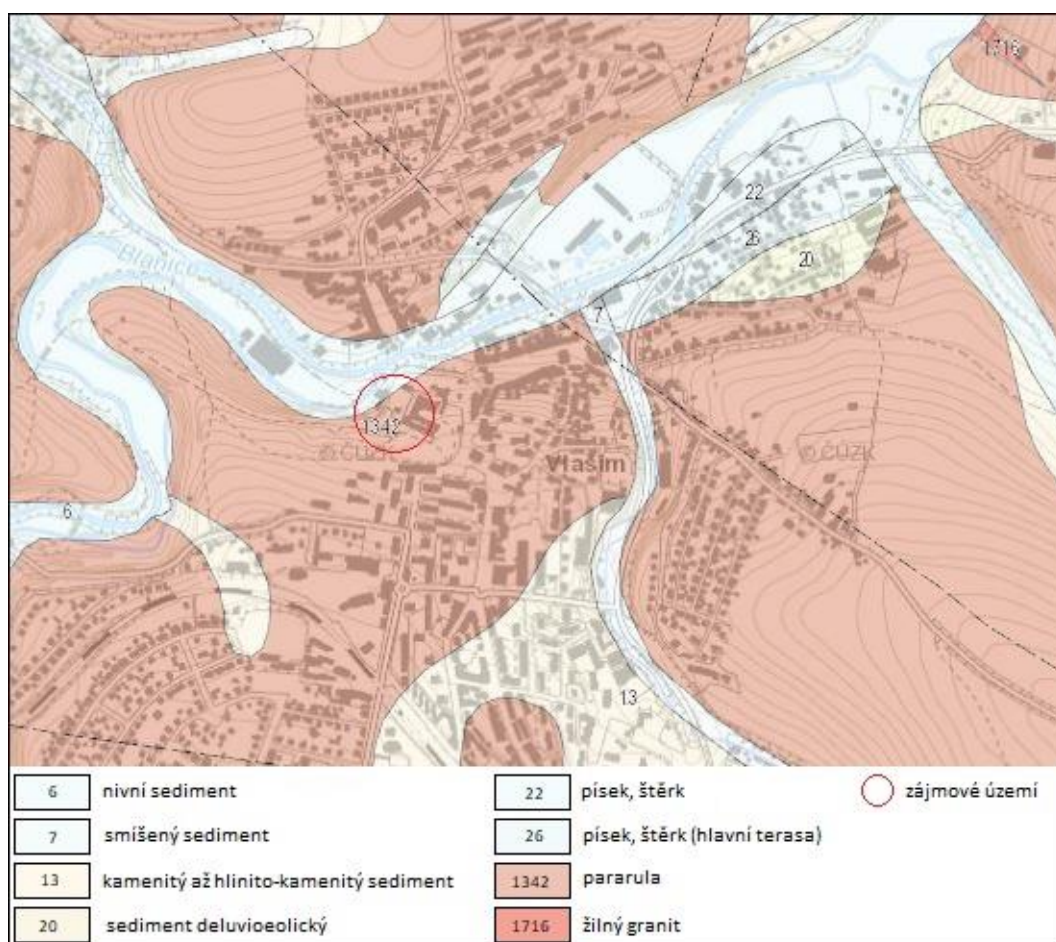
Obr. 17: Zájmové území v rámci ČR – Vlašim ([www.mapaceskerekrepubliky.cz](http://www.mapaceskerekrepubliky.cz))

### 4.2 Geomorfologické a geologické poměry

Území geomorfologicky spadá do Vlašimské pahorkatiny, jež je celkem v podsoustavě Středočeské pahorkatiny, Česko-moravské soustavy a provincie Česká vysočina. Nejvyšším vrcholem Vlašimské pahorkatiny je Javorová skála (723 m n.m.). a rozkládá se na ploše 1232 km<sup>2</sup>. Reliéf pahorkatiny je převážně členitý erozně denudační, tektonicky porušený, se strukturními hřbety a hluboce zaříznutými údolními Sázavy a Želivky. Blanická brázda s mělce zaříznutými údolními řeky Blanice jsou významným prvkem poskytující kontakt s jižními Čechami. Podél Blanice nad pahorkatiny vyčnívají nápadné ortorulové vrchy, z nichž je nejvyšší Velký Blaník (Demek et al., 2006; Culek et al., 2013).

Z regionálně geologického hlediska náleží širší zájmové území do oblasti moldanubika. Předkvartérní podklad zájmového území je tvořen silně metamorfovanými horninami pestré skupiny, zastoupené zde biotitickou a sillimantiticko-biotickou pararulou, místy magmatizovanou. Pararula je převážně středně až hrubě zrnitá, se střídajícími se polohami břidličné a masivní pararuly. Přírozené skalní výchozy pararul se nacházejí v prostoru letního kina přímo pod zámeckou zdí (Ochrana podzemních vod, 2017).

Kvartérní pokryv tvoří v zájmovém území aluviální sedimenty a antropogenní navážky, vzniklé v souvislosti s terénními úpravami, stavební činností a úpravou koryta řeky v minulosti. Aluviální náplavy vyplňují říční údolí, v hlubších partiích převažují štěrkovité a písčité sedimenty, ve svrchních polohách spíše hlinitopísčité a jílovité (povodňové) sedimenty. V prostoru letního kina jsou antropogenní navážky v různém stupni ulehlosti v převážné podobě písčitých hlín až hlinitých písků (Ochrana podzemních vod, 2017).



Obr. 18: Vlašim – geologická mapa (www.geology.cz)

### 4.3 Klimatické poměry

Zájmové území náleží k mírně teplé klimatické oblasti MT10 (Quitt, 1971). Oblast charakterizuje dlouhé léto, teplé a mírně suché, krátké přechodné období s mírně teplým jarem i podzimem, krátkou, mírně teplou, velmi suchou zimou, s krátkým trváním sněhové pokrývky. Dlouhodobý roční úhrn srážek se pohybuje kolem 692 mm a průměrná roční teplota je 7,9 °C (Culek et al., 2013).

#### Územní srážky v roce 2016 a 2017 pro Prahu a Středočeský kraj

Vysvětlivky:

S = úhrn srážek [mm]

N = dlouhodobý srážkový normál 1981 – 2010 [mm]

% = úhrn srážek v % normálu 1981 – 2010

| Rok  |   | Měsíc |     |    |     |    |     |     |     |    |     |     |     |
|------|---|-------|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|
|      |   | 1.    | 2.  | 3. | 4.  | 5. | 6.  | 7.  | 8.  | 9. | 10. | 11. | 12. |
| 2016 | S | 30    | 45  | 25 | 26  | 58 | 77  | 95  | 32  | 39 | 57  | 29  | 24  |
|      | N | 34    | 30  | 40 | 34  | 63 | 70  | 82  | 75  | 47 | 34  | 40  | 38  |
|      | % | 88    | 150 | 62 | 76  | 92 | 110 | 116 | 43  | 83 | 168 | 72  | 63  |
| 2017 | S | 26    | 19  | 39 | 71  | 36 | 82  | 81  | 75  | 36 | 75  | 37  | 28  |
|      | N | 34    | 30  | 40 | 34  | 63 | 70  | 82  | 75  | 47 | 34  | 40  | 38  |
|      | % | 76    | 63  | 98 | 209 | 57 | 117 | 99  | 100 | 77 | 221 | 93  | 74  |

Tab. 1: Územní srážky v roce 2016 a 2017 pro Prahu a Středočeský kraj (ČHMÚ, ©2016; ČHMÚ, ©2017)

#### Územní teploty v roce 2016 a 2017 pro Prahu a Středočeský kraj

Vysvětlivky:

T = teplota vzduchu [°C]

N = dlouhodobý normál teploty vzduchu 1981 – 2010 [°C]

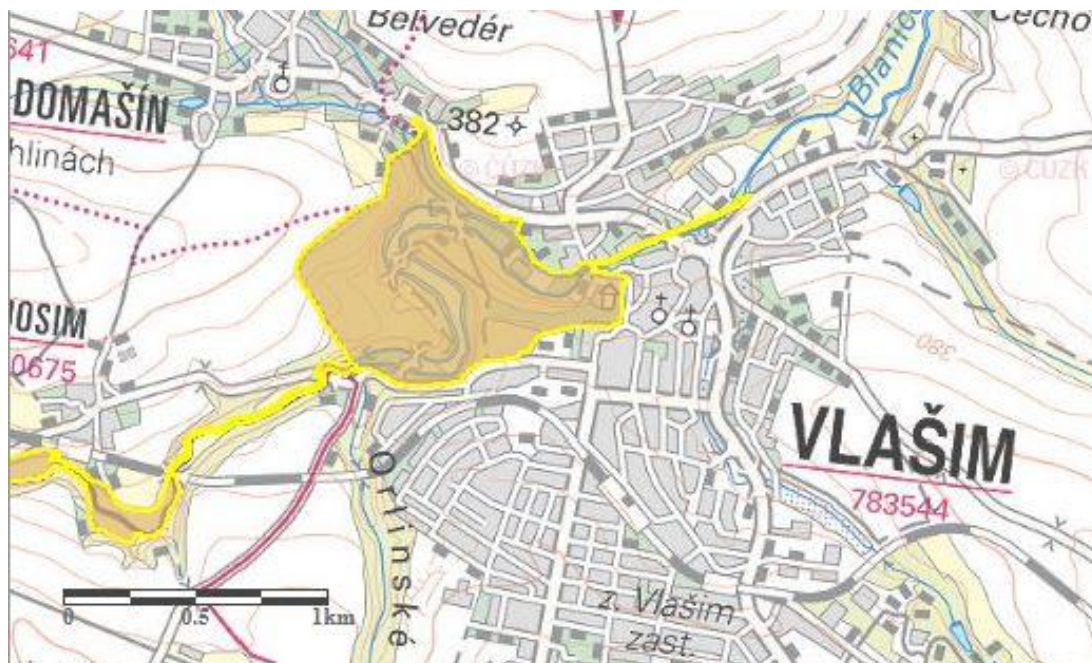
O = odchylka od normálu [°C]

| Rok  |   | Měsíc |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|---|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      |   | 1.    | 2.   | 3.  | 4.   | 5.   | 6.   | 7.   | 8.   | 9.   | 10.  | 11.  | 12.  |
| 2016 | T | -0,4  | 3,6  | 4,0 | 8,3  | 14,2 | 17,8 | 19,3 | 17,9 | 16,8 | 8,2  | 3,1  | 0,5  |
|      | N | -1,2  | -0,2 | 3,7 | 8,6  | 13,7 | 16,5 | 18,5 | 18,0 | 13,5 | 8,7  | 3,4  | -0,1 |
|      | O | 0,8   | 3,8  | 0,3 | -0,3 | 0,5  | 1,3  | 0,8  | -0,1 | 3,3  | -0,5 | -0,3 | 0,6  |
| 2017 | T | -5,0  | 1,8  | 6,6 | 7,7  | 14,5 | 18,8 | 19,2 | 19,2 | 12,4 | 10,4 | 4,5  | 1,7  |
|      | N | -1,2  | -0,2 | 3,7 | 8,6  | 13,7 | 16,5 | 18,5 | 18,0 | 13,5 | 8,7  | 3,4  | -0,1 |
|      | O | -3,8  | 2,0  | 2,9 | -0,9 | 0,8  | 2,3  | 0,7  | 1,2  | -1,1 | 1,7  | 1,1  | 1,8  |

Tab. 2: Územní teploty v roce 2016 a 2017 pro Prahu a Středočeský kraj (ČHMÚ, ©2016; ČHMÚ, ©2017)

## 4.4 Natura 2000

Soustava Natura 2000 a její ochrana je vymezena v zákoně č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny. Dělí se na ptačí oblasti a evropsky významné lokality (EVL). Zámecký park včetně zájmového území je součástí EVL CZ0213009 Vlašimská Blanice (Obr. 19) jejíž celková rozloha je 402,5722 ha a nadmořská výška je v rozmezí 344–455 m n.m. Lokalita zahrnuje, kromě parku, také cca 30 km dlouhý úsek toku řeky Blanice mezi Mladou Vožicí a Vlašimí a zároveň břehové porosty a nivní louky podél řeky. V EVL jsou předmětem ochrany populace veleruba tupého (*Unio crassus*), vydry říční (*Lutra lutra*), mihule potoční (*Lampetra planeri*) a páchníka hnědého (*Osmoderma eremita*). V samotném parku roste pestrá směsice listnatých i jehličnatých stromů, dubů, javorů, lip, smrků i cizokrajných dřevin. Starší porosty s duby a lipami, hájové i solitérní, jsou velmi významné pro hmyz (mj. páchník hnědý) a dutinové ptáky (AOPK ČR, ©2018).



Obr. 19: EVL Vlašimská Blanice – zámecký park (AOPK ČR, ©2018)



## 5. Metodika

Před vlastním návrhem variantních sanačních protierozních opatření bylo nezbytné prostudovat dokumentaci z inženýrskogeologického průzkumu provedeného v listopadu 2016, která byla získána od firmy Ochrana podzemních vod, s.r.o. se sídlem v Praze. Dalším podkladem byl geofyzikální průzkum pro vyhledání staré dešťové kanalizace provedený v prosinci 2016 firmou INSET s.r.o. rovněž se sídlem v Praze.

Dalším krokem bylo provedení místní rekognoskace terénu a odebrání 6 poloporušených půdních vzorků za asistence pracovníka OPV, s.r.o. Pro stanovení výškopisu provedených jednotlivých půdních vrtů byla využita aplikace ČÚZK (©2018a) pro analýzy výškopisu ČR nad daty DMR 5G.

Půdní vzorky byly následně vyhodnoceny ve dvou etapách, makroskopicky a laboratorně. Laboratorně byla stanovena vlhkost a zrnitost a zemina poté zaříděna dle platné ČSN EN ISO 14688-2.

### 5.1 Inženýrskogeologický průzkum

Cílem průzkumných prací bylo zjistit inženýrskogeologické a stabilitní poměry v prostoru sesuvu, tvořeném z podstatné části navážkami, a poskytnout projektantovi podklad pro návrh zajištění svahu a úpravy jeho geometrie tak, aby konečná úprava byla s dostatečnou rezervou dlouhodobě stabilní. Sanační práce byly prováděny s ohledem na rozhodnutí města, že kino, ani původní tvar svahu nebudou obnoveny (Ochrana podzemních vod, 2017).

#### 5.1.1 Inženýrskogeologické poměry

Pro zjištění inženýrskogeologických poměrů bylo na lokalitě realizováno šest průzkumných jádrových vrtů J 1 až J 6 (profilem 195/156 mm, vrtná souprava UGB 50M) do hloubky 8 – 16 m dle místních podmínek, celkem 68,8 m. Cíl dosažení pevného skalního podloží byl splněn pouze u tří průzkumných děl pro nepředpokládané velké mocnosti navážek a aluviálních sedimentů. Vrtný průzkum byl doplněn pěti sondami dynamické penetrace. Umístění průzkumných objektů zobrazuje příloha 1 a geologický řez příloha 2. Z jádrových vrtů byly provedeny náběry

poloporušených vzorků a laboratorně stanoveny indexové parametry zemin viz příloha 3 (Ochrana podzemních vod, 2017).

### **5.1.2 Hydrogeologické poměry**

Z hydrogeologického hlediska je zájmové území i jeho široké okolí součástí hydrogeologického rajónu č. 6320 „Krystalinikum v povodí Střední Vltavy“ a náleží ke stejnojmennému základnímu útvaru podzemních vod ID63201. Podzemní voda v zájmovém území je vázána v hlubším oběhu (10 – 15 m) v závislosti na morfologii terénu na rozvolněnou a rozpukanou zónu v horninách skalního podkladu s převažující puklinovou propustností. Objevuje se také při bázi navážek a svahových kvartérních uloženin. Vodní tok Blanice představuje v zájmovém území regionální erozní bázi a puklinový systém skalního podkladu v jejím blízkém okolí je zvodněn trvale břehovou infiltrací. Významná zvodně je i ve fluviálních sedimentech údolí Blanice, které mají proměnlivou průlinovou propustnost. Hladina podzemní vody je převážně volná a koresponduje s úrovní vody v korytě Blanice. Při bázi písčitéjších navážek či v deluviálních hlínách na svazích údolí se vytváří na jílovitě zvětralém povrchu skalního podloží hydraulicky často nesouvislé zvodně. V období větších atmosférických srážek se vytváří mělké, občasné, hydraulicky nesouvislé a často zavěšené zvodně v propustnějších hlinitopísčitých polohách navážek (Ochrana podzemních vod, 2017).

### **5.1.3 Průzkum dešťové kanalizace a geofyzikální průzkum**

Při zemních pracích ve střední části sesuvu bylo objeveno neevidované betonové potrubí, z kterého po odstranění zeminy došlo k dočasnému výronu vody. Mohlo se pravděpodobně jednat o starou dešťovou kanalizaci či odvod splaškových vod z bývalé konírny a kašen v parku (Ochrana podzemních vod, 2017). Pro určení průběhu trasy kanalizace byla použita kombinace geofyzikálních metod georadaru a dipólového elektromagnetického profilování. Byly zaznamenány indikace více historických podzemních vedení směřující do sesutého prostoru (příloha 4) (INSET, 2017). Lze předpokládat, že trasa historického odvedení vod ze zmíněných objektů kanalizací byla vedena do náhonu Starého mlýna o cca 20 výškových metrů níže pod zámek přes prostor aktivního sesuvu (Ochrana podzemních vod, 2017).

## 5.2 Vlastní rekognoskace zájmového území

Vlastní rekognoskace zájmového území byla provedena dne 3. března 2017 a byla při ní pořízena fotodokumentace, která je v příloze 5.

Veškeré dotčené pozemky jsou dle KN ve vlastnictví města Vlašim a náleží do k. ú. Vlašim (783544). Jedná se o pozemky č. 248/1, 358/1, 358/2 a 2911 (ČÚZK, ©2018b).

Zájmové území se nachází u severozápadní hradby vlašimského zámku v těsném napojení na zámecký park a nad areálem správy zámeckého parku, který leží ve vnějším ohybu pravého ramene řeky Blanice. V severovýchodní části zájmového území, přibližně v poloviční výšce svahu, stojí betonové pódium s promítací stěnou jako pozůstatek letního kina.

Na postiženém svahu proběhla prvotní havarijní sanace, při které byly odstraněny vzrostlé stromy a terénními úpravami byl svah upraven přibližně do sklonů 36 až 45 %. Stromy byly také odstraněny na svahu v úrovni betonového pódia. Zachován byl pouze podrost a ponechány pařezy. Upravené plochy byly ponechány prozatím bez protierozní ochrany, což se již projevilo v podobě tvorby erozních rýh. Z prostoru areálu správy parku byla vybudována provizorní cesta vedoucí šikmo svahem směrem k betonovému pódium v přibližném sklonu 12,7 %.

Sklony byly určeny ze vztahu:

$$s = h / l * 100 [\%]$$

h – výškový rozdíl v metrech

l – délka svahu v metrech

Hodnoty výšky i délky byly stanoveny za pomoci aplikace ČÚZK (©2018) s podkladem DMR 5G.

## 5.3 Odběr půdních vzorků

Vlastní odběr půdních vzorků proběhl dne 19. října 2017 za odborného vedení geologa z firmy OPV, s.r.o. viz fotodokumentace v příloze 6. Bylo provedeno celkem šest vrtů ruční pedologickou jehlou po spádnici svahu (Obr. 20). Odebrané vzorky byly

uloženy do pevného PE sáčku s popisem obsahující číslo vrtu, hloubku a místo odběru.



Obr. 20: Pozice průzkumných ručních vrtů V1 – V6 (<http://ags.cuzk.cz/dmr/>)

### 5.3.1 Makroskopická analýza

Pro všechny vrty byla provedena prvotní geologická dokumentace a vzorky makroskopicky popsány z hlediska barvy, vlhkosti, konzistence a obsahu příměsí (Tab. 3).



Obr. 21: Půdní vzorky pro makroskopickou analýzu (autor, 2017)

| Prvotní geologická dokumentace vrtu |                         |  |   |
|-------------------------------------|-------------------------|--|---|
| Datum hloubení:                     | Typ vzorku:             | Místo průzkumu:                                | Odběr provedl:  |
| 19.10.2017                          | poloporušený            | Vlašim – sesuv v zámeckém parku u letního kina | Bc. Robert Lebl   |
| Označení vrtu:                      | Nadmořská výška terénu: | Hloubka od – do:                               | Popis:  |
| V1                                  | 362,38 m n. m.          | 0,5 – 1,5 m                                    | Hlína písčité (navážka), světlehnědá, vlhká, středně ulehlá. Zemina obsahuje drobné ploché ostrohranné úlomky zvětralých pararul.   |
| V2                                  | 357,82 m n. m.          | 0,5 – 1,5 m                                    | Hlína písčité až jílovitý písek (navážka) s ojedinělými ostrohrannými úlomky zvětralých pararul, konzistence pevná, vlhká, světlehnědá, středně ulehlá.   |
| V3                                  | 353,72 m n. m.          | 0,5 – 1,5 m                                    | Hlína písčité až jílně písčité (navážka), silně slídnatý, místy s ojedinělými úlomky zvětralých pararul, konzistence pevná až tuhá, světlehnědá, vlhká, středně ulehlá.                                     |
| V4                                  | 352,71 m n. m.          | 0,5 – 1,5 m                                    | Hlína písčité (navážka), pevná, světlehnědá, vlhká, středně ulehlá, s ojedinělými drobnými ostrohrannými úlomky zvětralých pararul a křemene. Zemina obsahuje ojediněle kořínky.                            |
| V5                                  | 348,62 m n. m.          | 0,5 – 1,5 m                                    | Hlína písčité až jílně písčité (navážka), místy slídnatá, s ojedinělými ostrohrannými úlomky zvětralých pararul, konzistence pevná až tuhá, hnědá až světlehnědá, vlhká, středně ulehlá.                    |
| V6                                  | 344,94 m n. m.          | 0,5 – 1,5 m                                    | Hlína písčité až jílovitý písek (navážka), pevná až tuhá, hnědá, vlhká, středně ulehlá, místy slídnatá, s větším množstvím úlomků cihel velikosti 0,5 – 2 cm, ojediněle drobných úlomků zvětralých pararul. |

Tab. 3: Prvotní geologická dokumentace vrtů (autor, 2017)

### 5.3.2 Laboratorní analýza

Při laboratorních rozborech byla stanovena u půdních vzorků vlhkost a zrnitost u jemnozeme (fotodokumentace příloha 7).

- **Vlhkost** – voda, která je obsažena v zemině, jež se odstraní ze zeminy do stále hmotnosti vysušením při 105 °C. Je vyjádřena v procentech jako poměr hmotnosti vody v zemině k hmotnosti vysušené zeminy (Weiglová, 2005) dle vztahu:

$$w = m^w / m^d * 100 [\%]$$

$m^w$  – hmotnost vody ve vzorku

$m^d$  – hmotnost vzorku zeminy po vysušení

Pro samotnou analýzu bylo naváženo do suchých, čistých váženek šest vzorků, každý o hmotnosti 50 g a sušeny v sušárně 24 hodin při teplotě 105 °C. Následně byly

jednotlivě zváženy a zapsána hmotnost po vysušení a hmotnost vody ve vzorku. Výsledné procentuální hodnoty byly vypočítány dle výše uvedeného vztahu (Tab. 4).

| vzorek | navážka / g | hmotnost po vysušení / g | hmotnost vody ve vzorku / g | vlhkost hmotnostní / % |
|--------|-------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------|
| V1     | 50          | 45,874                   | 4,126                       | 8,994                  |
| V2     | 50          | 43,422                   | 6,578                       | 15,149                 |
| V3     | 50          | 42,609                   | 7,391                       | 17,346                 |
| V4     | 50          | 44,641                   | 5,359                       | 12,005                 |
| V5     | 50          | 43,161                   | 6,839                       | 15,845                 |
| V6     | 50          | 42,496                   | 7,504                       | 17,658                 |

Tab. 4: Stanovení vlhkosti (autor, 2017)

- **Zrnitost** – nebo také granulometrické složení určuje procento stanovených velikostních skupin zrn na souhrnném složení zeminy. Zrnitost je vyjádřena graficky křivkou zrnitosti v souřadnicovém systému, kde na ose vodorovné jsou průměry zrn v logaritmické stupnici a na ose svislé procentuální podíly vysušené zeminy v lineární stupnici. Uvedené vyjádření v logaritmické stupnici se používá proto, že na vlastnosti zemin mají menší zrna podstatně větší vliv než velká zrna (Weiglová, 2005).

Zrnitost byla stanovena hustoměrnou (areometrickou) metodou podle A. Casagrande jež se řadí mezi sedimentační metodu s nepřerušenu sedimentací, tj. všechna měření byla provedena během jednoho sedimentačního procesu. Podle Stokesova zákona odlišně velké půdní částice sedimentují různou rychlostí a dle toho klesá hustota suspenze. Hustota byla měřena v pravidelných intervalech speciálním hustoměrem.

Zemina byla nejdříve proseta přes síto s velikostí ok 2 mm. Z takto prosáté zeminy bylo naváženo do tenkostěnných misek šest vzorků V1 – V6, každý o hmotnosti 100 g. Dále bylo připraveno dispergační činidlo: (hexametafosforečnan sodný) 35,7 g ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub> + 7,94 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (uhličitan sodný) rozpuštěno v destilované vodě a doplněno do objemu 1000 ml. Vzorky zeminy byly zality 100 ml dispergačního činidla a zhruba stejným množstvím destilované vody. Takto připravené směsi byly přivedeny k varu ve vodní lázni na elektrickém vařiči za promíchávání skleněnou tyčinkou. Vychladlé směsi byly kvantitativně s pomocí destilované vody a stěrky převedeny do sedimentačních válců a doplněny vodou z vodovodu po rysku 1000 ml.

Těsně před vlastním hustoměrným měřením byla suspenze ve válci důkladně v celém objemu rozmíchána míchadlem. V momentě ukončení míchání bylo započato

měření času. Do suspenze byl pomalu, tak aby se suspenze nezvířila, vložen hustoměr, dokud nebyl cítit mírný protitlak a nechal se ustálit. Poté byly z hustoměru odečítány a zapisovány hodnoty hustoty jako tisícínové dílky v časech 1, 2, 5, 15, 45 minut a 2, 5, 24 hodin. Zároveň byla v mezičase měřena a zapisována i teplota suspenze. Průměrná velikost částic byla následně určena za pomoci nomogramu. Veškeré výsledky měření i výpočty byly zapisovány do tabulky (Tab. 5) kde:

T – doba sedimentace (min)

R – hustoměrné čtení (dílky)

t – teplota (°C)

$\Delta t$  – teplotní korekce hustoty (určena z nomogramu)

d – průměr půdních částic (určeno z nomogramu)

$\Sigma\%$  – kumulativní procento částic ještě se vznášející v čase T dle vztahu:

$$\Sigma\% = (100 / N_s) * [\rho_z / (\rho_z - 1)] * (R + \Delta t)$$

$N_s$  – navážka vysušené zeminy (g)

$\rho_z$  – specifická hmotnost zeminy ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )

Protože byly pro hustoměrnou zkoušku použity vzorky vlhké zeminy, bylo nezbytné provést nejdříve přepočítání na suchou zeminu z již dříve stanovené vlhkosti dle vztahu:

$$N_s = N / 1 + 0,01 * w \text{ [g]}$$

N – navážka zeminy (g)

w – vlhkost zeminy (%)

Příklad výpočtu pro vzorek V1 (výsledné hodnoty jsou zaokrouhleny):

$$N_s = 100 / 1 + 0,01 * 8,994 = 91,748 \text{ g}$$

$$\Sigma\% = (100 / 91,748) * [2,811 / (2,811 - 1)] * (15,6 - 0,5) = 25,54 \%$$

|           |  |      |       |         |        |        |           |  |       |         |       |        |        |
|-----------|--|------|-------|---------|--------|--------|-----------|--|-------|---------|-------|--------|--------|
| <b>V1</b> | Hm. vzorku N <sub>s</sub> (g)                    |      |       |         |        | 91,748 | <b>V2</b> | Hm. vzorku N <sub>s</sub> (g)                    |       |         |       |        | 86,844 |
|           | Specif. hm. ρ <sub>z</sub> (g.cm <sup>-3</sup> ) |      |       |         |        | 2,811  |           | Specif. hm. ρ <sub>z</sub> (g.cm <sup>-3</sup> ) |       |         |       |        | 2,619  |
|           | T  | R    | t     | Δt      | d      | Σ%     |           | T  | R     | t       | Δt    | d      | Σ%     |
|           | min  |      | °C    |         | mm     | %      |           | min  |       | °C      |       | mm     | %      |
|           | 1  | 15,6 | 17    | -0,5    | 0,049  | 25,54  |           | 1  | 18,2  | 17      | -0,5  | 0,05   | 32,97  |
|           | 2  | 14,8 | 17    | -0,5    | 0,035  | 24,19  |           | 2  | 16,8  | 17      | -0,5  | 0,037  | 30,36  |
|           | 5  | 12,2 | 18    | -0,35   | 0,0228 | 20,05  |           | 5  | 14,6  | 18      | -0,35 | 0,023  | 26,54  |
|           | 15   | 10,2 | 19    | -0,18   | 0,0138 | 16,95  |           | 15   | 12,2  | 19      | -0,18 | 0,0139 | 22,39  |
|           | 45   | 8,8  | 19    | -0,18   | 0,0075 | 14,58  |           | 45   | 10,4  | 19      | -0,18 | 0,0079 | 19,04  |
| 120       | 7,6  | 19   | -0,18 | 0,0047  | 12,55  | 120    | 8,6       | 19   | -0,18 | 0,0049  | 15,68 |        |        |
| 300       | 7  | 19   | -0,18 | 0,003   | 11,54  | 300    | 8         | 19   | -0,18 | 0,0032  | 14,57 |        |        |
| 1440      | 6,2  | 19   | -0,18 | 0,00148 | 10,18  | 1440   | 7,2       | 19   | -0,18 | 0,0015  | 13,08 |        |        |
| <b>V3</b> | Hm. vzorku N <sub>s</sub> (g)                    |      |       |         |        | 85,218 | <b>V4</b> | Hm. vzorku N <sub>s</sub> (g)                    |       |         |       |        | 89,282 |
|           | Specif. hm. ρ <sub>z</sub> (g.cm <sup>-3</sup> ) |      |       |         |        | 2,611  |           | Specif. hm. ρ <sub>z</sub> (g.cm <sup>-3</sup> ) |       |         |       |        | 2,613  |
|           | T  | R    | t     | Δt      | d      | Σ%     |           | T  | R     | t       | Δt    | d      | Σ%     |
|           | min  |      | °C    |         | mm     | %      |           | min  |       | °C      |       | mm     | %      |
|           | 1  | 20,8 | 17    | -0,5    | 0,048  | 38,61  |           | 1  | 18,8  | 17      | -0,5  | 0,05   | 33,20  |
|           | 2  | 19,2 | 17    | -0,5    | 0,0345 | 35,57  |           | 2  | 17    | 17      | -0,5  | 0,0352 | 29,94  |
|           | 5  | 16,2 | 18    | -0,35   | 0,0228 | 30,14  |           | 5  | 14,6  | 18      | -0,35 | 0,0233 | 25,86  |
|           | 15   | 13,6 | 19    | -0,18   | 0,0139 | 25,52  |           | 15   | 13    | 19      | -0,18 | 0,0139 | 23,26  |
|           | 45   | 11,8 | 19    | -0,18   | 0,0079 | 22,10  |           | 45   | 10,6  | 19      | -0,18 | 0,0079 | 18,91  |
| 120       | 10,2   | 19   | -0,18 | 0,0049  | 19,06  | 120    | 10,4      | 19   | -0,18 | 0,0048  | 18,54 |        |        |
| 300       | 9,2  | 19   | -0,18 | 0,0031  | 17,15  | 300    | 9,8       | 19   | -0,18 | 0,0031  | 17,45 |        |        |
| 1440      | 8  | 19   | -0,18 | 0,0015  | 14,87  | 1440   | 9         | 19   | -0,18 | 0,00149 | 16,00 |        |        |
| <b>V5</b> | Hm. vzorku N <sub>s</sub> (g)                    |      |       |         |        | 86,322 | <b>V6</b> | Hm. vzorku N <sub>s</sub> (g)                    |       |         |       |        | 84,992 |
|           | Specif. hm. ρ <sub>z</sub> (g.cm <sup>-3</sup> ) |      |       |         |        | 2,624  |           | Specif. hm. ρ <sub>z</sub> (g.cm <sup>-3</sup> ) |       |         |       |        | 2,852  |
|           | T  | R    | t     | Δt      | d      | Σ%     |           | T  | R     | t       | Δt    | d      | Σ%     |
|           | min  |      | °C    |         | mm     | %      |           | min  |       | °C      |       | mm     | %      |
|           | 1  | 24,2 | 17    | -0,5    | 0,046  | 44,36  |           | 1  | 19,2  | 17      | -0,5  | 0,047  | 33,88  |
|           | 2  | 19,2 | 17    | -0,5    | 0,037  | 35,00  |           | 2  | 17,6  | 17      | -0,5  | 0,0335 | 30,98  |
|           | 5  | 17,6 | 18    | -0,35   | 0,0221 | 32,29  |           | 5  | 16,4  | 18      | -0,35 | 0,021  | 29,08  |
|           | 15   | 15,4 | 19    | -0,18   | 0,0143 | 28,49  |           | 15   | 13,8  | 19      | -0,18 | 0,0129 | 24,68  |
|           | 45   | 13,8 | 19    | -0,18   | 0,0076 | 25,49  |           | 45   | 12    | 19      | -0,18 | 0,0073 | 21,42  |
| 120       | 12,2   | 19   | -0,18 | 0,0047  | 22,50  | 120    | 10,8      | 19   | -0,18 | 0,0045  | 19,24 |        |        |
| 300       | 10,4   | 19   | -0,18 | 0,003   | 19,13  | 300    | 9,4       | 19   | -0,18 | 0,0029  | 16,70 |        |        |
| 1440      | 9,4  | 19   | -0,18 | 0,00149 | 17,26  | 1440   | 8,2       | 19   | -0,18 | 0,00142 | 14,53 |        |        |

Tab. 5: Stanovení zrnitosti (autor, 2017)



## **6. Návrh protierozních opatření**

Z průzkumů vyplynulo, že dotčený svah je v prozatímní stabilizované úpravě a konečná úprava sklonu bude provedena na základě stabilitního výpočtu až po rozhodnutí zástupců města Vlašimi o konečném využití území.

Vzhledem ke skutečnosti, že kino již nebude obnoveno se naskýtají dvě možnosti konečného využití řešeného území. První možností je upravit dotčené území obdobným způsobem jako stávající park a druhou možností pak je vytvoření například růžové zahrady, která by na stávající park plynule navazovala. Na základě zvoleného konečného využití místa lze volit i způsob protierozního zabezpečení.

### **6.1 Variantní řešení 0 - současný stav**

Od vlastní rekognoskace území na počátku března 2017 se na dotčeném území k březnu 2018 stále nachází betonové pódium s promítací stěnou bývalého letního kina, které je na odkrytém svahu viditelné z poměrně velké dálky. Po stranách tohoto pódia stojí dva vysoké zrezivělé osvětlovací stožáry. U paty svahu byla vybudována jako ochranný prvek 1,5 m vysoká železobetonová opěrná zeď, která vede podél celého sanovaného svahu. Na samotném svahu již začal samovolně vyrůstat a zapojovat se travní porost a byla ponechána i provizorní cesta z prostoru areálu správy parku. Erozní rýhy, které vznikly brzy po havarijní sanaci, se na svahu stále nalézají, pouze částečně zarostly trávou.

### **6.2 Variantní řešení 1**

První variantou, jak by bylo možné řešit protierozní zabezpečení řešeného území jsou čistě vegetační úpravy. Při předpokladu využití území jako park, odstranění betonového pódia s osvětlovacími stožáry a po úpravě svahu do konečného sklonu zvláště v koruně svahu a zasypaní mezitím vzniklých erozních rýh, by bylo nezbytné provést v první fázi zatravnění. Protože již na svahu částečně zapojený travní porost je, stačilo by provést jeho doplnění na upravených odkrytých místech formou např. travních rohoží připevněných ke zvlhčenému svahu. Přestože je tato varianta dražší, nabízí okamžitou ochranu před erozním působením vody, což je u tohoto poměrně sklonitého svahu žádoucí. Na vodorovné ploše, která vznikne odstraněním pozůstatků

kina, by bylo dostačující ruční zatravnění do předem připravené půdy s obsahem humusu, případně použití travních koberců.

Druhá fáze vegetačních úprav by zahrnovala výsadbu listnatých stromů. Protože je snaha ponechat zámek viditelný, měla by být hustota výsadby volena tak, aby stromy navazovaly plynule na park, ale volit druhy s ohledem na jejich konečnou výšku. Volba druhů dřevin by však měla korespondovat s druhy rostoucími v zámeckém parku. Pro jejich výsadbu na sklonitém svahu by bylo vhodné volit metodu kordonovou a na vodorovných plochách klasickou metodu předpěstovaných mladých sazenic s kořenovým balem.

### **6.3 Variantní řešení 2**

Pro druhou variantu lze volit řešení vegetačními úpravami v kombinaci s technickými prvky. V případě vybudování růžové zahrady na vodorovné ploše vzniklé po odstraněném pódiu, by mohla být zachována provizorně vybudovaná cesta z prostoru areálu správy parku. Tato cesta by jednak plnila funkci obslužnou pro údržbu zahrady a zároveň i funkci protierozní tím, že rozděluje odtokovou délku svahu. Pro odvedení nadbytečných srážkových vod by byl podél cesty při patě svahu vybudován svodný příkop, případně rigol z důvodu úspory místa. Tento příkop by byl protažen až do nedalekého recipientu řeky Blanice (Obr. 20). Vzhledem k více jak 12% klesání by bylo nutné dno příkopu podél cesty opevnit. K tomuto účelu je vhodné použít betonové žlabovky skládané kaskádovitě do sebe. Na samotné cestě, která přesahuje délku 50 m, by byly vybudovány 1 – 2 příčné svodnice pod úhlem 30 – 45 °C. Svodnice by zabezpečovaly přerušení a odvedení povrchového odtoku z cesty do přilehlého příkopu. Vegetační ošetření svahu by bylo provedeno jako v první variantě travními rohožemi a následně výsadbou listnatých dřevin, které by byly ale použity v menším rozsahu.



Obr. 22: Navrhovaná trasa vedení svodného příkopu (<http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/>)

## 6.4 Vyhodnocení

Výsledné hodnoty z laboratorní analýzy pro průměr půdních částic  $d$  (mm) a kumulativní procento částic  $\Sigma\%$  (%) z tabulky 5 byly vyneseny do grafu ( $d$  – osa x,  $\Sigma\%$  – osa y) a pro každý vzorek vytvořena křivka zrnitosti (členěná na podíly jílu, prachových částic a písku) a zeminy na základě výsledného množství jednotlivých půdních podílů zatříděny a pojmenovány pomocí trojúhelníkového a čtvercového diagramu pro zařidování zeminy dle ČSN EN ISO 14688-2 (příloha 8 a 9). Podíly jednotlivých půdních frakcí ve zkoumaném svahu se pohybují mezi 50,4 – 70 % písku, 18,7 – 31,6 % prachu a 10,3 – 18 % jílu. Největší podíl pískových částic (70 %) a zároveň nejmenší podíl jílu (10,3 %) se nacházel ve vzorku V1, který byl nabrán na koruně svahu z původního sesuvem nezasaženého rostlého terénu.

Z výsledků výše uvedených průzkumů lze konstatovat, že zájmový svah je tvořen převážně antropogenními navážkami charakteru písčitých prachovitých jílu až jílovitých písků s příměsí stavební suti. Vlastní provedené analýzy půdních vzorků a stanovení zrnitosti prakticky potvrdily shodu s rozbory od firmy OPV. Z průzkumů je navíc patrné, že svah částečně leží na skalním podkladu, ale zároveň se pata svahu opírá o nepříliš stabilní zvodnělé aluviální sedimenty. Lze také předpokládat, že vnitřní

struktura svahu byla též dlouhodobě narušována erozními procesy vodou přitékající z nezdokumentovaných historických potrubí. Tato potrubí je nezbytné vyhledat a zamezit přitékání vody do prostoru svahu.

Na základě těchto poznatků lze zcela jistě říci, že obnovení kina na koruně svahu by nebylo bezpečné a je možné tuto alternativu vyloučit, což reflektuje s prohlášením zástupců města Vlašimi.

Dále je možné konstatovat, že pro trvalou stabilitu svahu je nezbytné v rámci návrhu protierozní ochrany volit prvky tak, aby byly nadbytečné dešťové srážky co nejméně infiltrovány do vnitřní struktury svahu, případně odváděny mimo svah do nedalekého recipientu řeky Blanice. K tomuto účelu se jeví nejvhodněji protierozní zabezpečení vegetací a v případě zachování cesty ještě doplněné odvodňovacím příkopem. Z těchto důvodů je určitě nejméně vhodnou variantou ponechat svah vlastnímu vývoji tak jak je nyní bez dalších úprav, což by se působením vody na půdní struktury s působením faktoru času nemuselo v budoucnu vyplatit.

## 7. Diskuze

Zamokřování půdy se řadí k hlavním příčinám svahových sesuvů, a proto základem ustalovacích prací bývá odvodnění. Odvodněním odstraníme nadbytek vody ze zeminy a co možná nejvíce omezíme vsakování povrchové vody. Vhodně navržené a vytvořené odvodnění má obvykle pozitivní účinek, protože svážné území pomáhá upevnit a ustálit a také pomáhá upravit stanoviště pro vegetaci. Před jakoukoliv úpravou svahu však musí být zajištěno jeho úpatí. Svah, který nemá úpatí zabezpečeno, se může opět sesouvat a jen povrchové upevnění tomu nezabrání. Naopak, je-li u úpatí zřízena náležitá opora, může být již jen tímto způsobem sesouvání svahu zadrženo (Cáblík, Jůva, 1964).

Z tohoto pohledu je vybudování železobetonové zdi u paty svahu, která již byla provedena, jistě správným krokem. Ovšem je možné jej považovat pouze jako jeden bod z komplexnějších úprav pro ochranu dotčeného svahu, které je vhodné provést.

Právě dalším takovým bodem jsou odvodňovací příkopy, které jsou nezbytným prvkem všech svahově nestabilních území. Jak píše Záruba a Mencl (1987), zřizují se po částečném zklidnění sesuvu a jejich trasy by měly být voleny tak, aby co nejrychleji odváděly zachycenou vodu stranou zasaženého území. Zároveň se u příkopů upravuje dno i jejich svahy, aby byly pevné a nenarušovala je eroze. Zřízení příkopů ve svážném území s sebou nese také jejich pravidelnou údržbu, jelikož porušený příkop, který neplní svou funkci a soustřeďuje se v něm voda, může být příčinou opětovně narušené stability svahu.

Firma OPV provádějící inženýrskogeologický průzkum a havarijní sanaci svahu také doporučovala zřízení šterkových odvodňovacích žeborů v akumulaci části svahu pro odvádění vod prosakující svahem. Jestliže, ale příčinou prosakování vody do prostoru svahu je historické podzemní vedení dešťových vod, jak upozorňovaly výstupy z geofyzikálního průzkumu, bylo by účelnější v prvé řadě zamezit pronikání vody z těchto vedení. Odvodňovací žebra by navíc nemohla efektivně odvádět vodu mimo svah vzhledem ke směřování svahu do areálu správy parku.

Po ustálení sesuvu se svah upevní vegetačními metodami a k poslední etapě se řadí vysazování dřevin. Na upevnění nejsou vhodné jehličnaté stromy pro jejich nepříliš velkou transpirační schopnost. Oproti tomu stromy listnaté odebírají z půdy

daleko více vody, než potřebují. Vhodné jsou hluboko kořenící druhy jako např. lípa srdčitá (*Tilia cordata*), dub letní (*Quercus robur*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*) apod. Alespoň 20 let starý souvislý listnatý les pomáhá chránit svážné území i jehož smyková plocha prochází hlouběji než 4 m (Cáblík, Jůva, 1964).

Protože se řešené území nalézá v těsném sousedství kulturní památky a krajinářsky hodnotného parku, ovlivňují okolní úpravy také hlediska a zásady památkové péče. Je tak nezbytné při vegetačních a případně dalších úpravách za použití kompozičních principů architektonické tvorby, pokud je to možné dodržovat okolní historický styl dle dobových dokumentů. Návrh okolních úprav tak, aby esteticky zapadaly do celku, mohou ovlivnit nejen další vlivy jako např. velikost upravované plochy, svažitost terénu, úroveň hladiny podzemní vody, respektování veřejných zájmů, ale také především hledisko výše nákladů na úpravu okolí (Sýkora, 2012).

## 8. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navržení možných variant sanování sesutého svahu při severozápadní straně vlašimského zámku na okraji zámeckého parku a jejich funkční a estetické porovnání.

Bylo provedeno 6 vlastních náběrů půdních vzorků z řešeného území ruční pedologickou jehlou, které byly podrobeny makroskopické a laboratorní analýze. Cílovým výstupem těchto vlastních analýz bylo zjištění zrnitostního složení a zatřídění půdních druhů a porovnání s dostupnými výsledky inženýrskogeologického průzkumu, aby bylo na jejich základě možné volit další postup při protierozním zabezpečení. Porovnáním uvedených výstupů byly zjištěny obdobné parametry zemin. Na základě literatury v rešeršní části, rekognoskace terénu, výsledků vlastních průzkumů a průzkumů firmy OPV byly navrženy tři varianty řešení, které se jeví pro řešené území za stávající situace jako možné.

Lze předpokládat, že v případě ponechání dotčeného svahu v nynějším stavu bez jakýchkoliv následných dalších úprav, by postupně se rozrůstající vegetační pokryv nejspíše ruderalními porosty před vodní erozí svah částečně ochránil. Je však oprávněné se domnívat, že již vzniklé erozní rýhy se mohou, zvláště v případě přívalových dešťů, časem prohlubovat a vytvářet prostor pro vnikání vody do vnitřní struktury svahu a narušovat opět jeho stabilitu. Navíc se rozrušená zemina z rýh bude splavovat do prostoru pod svahem a bylo by nutné beztak přistoupit k dodatečné protierozní ochraně. Z estetického hlediska by pohled na kulturně hodnotný zámek narušovala časem chátrající nevzhledná betonová promítací stěna s vedle stojícími rezavějícími osvětlovacími stožáry jako memento zaniklého letního kina.

Naproti tomu úprava vegetací, ať už do parkové úpravy nebo vybudováním zahrady s protierozními prvky, zabezpečí území před erozním působením dešťových srážek a z estetického hlediska bude hodnotně doplňovat zámek i zámecký park. Varianta s možností využít řešené území jako růžovou zahradu se také zamlouvá i zástupcům města Vlašimi.

Uvedené varianty mohou sloužit jako podklad zástupcům města a následně i projektantovi jako výchozí vodítko pro rozhodování a konkrétní postup při projektovém řešení obnovy krajiny této sesuvem zasažené lokality. Je zde i prostor pro architektonicky zajímavé řešení krajinné úpravy, která dodá místu na zajímavosti.

## 9. Použitá literatura a zdroje

- Agate E., 1983: Footpath. British Trust for Conservation Volunteers, Wallingford, 192 s.
- AOPK ČR, ©2018: Natura 2000 (online) [cit. 2018.03.16], dostupné z <http://www.nature.cz/natura2000-design3/hp.php>
- Brabenec P., 2007: Protierozní ochrana strmých svahů, dálnice D11, Praha – Hradec Králové. Geotechnika 1/2007: 41–42.
- Cáblik J., Jůva K., 1963: Protierozní ochrana půdy. 2. přepracované a rozšířené vydání. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 324 s.
- Culek M., Grulich V., Laštůvka Z., Divíšek J., 2013: Biogeografické regiony České republiky. Masarykova univerzita, Brno, 447 s.
- ČGS, 2017: Metodika určování sesuvného hazardu v prostředí ohroženém svahovými nestabilitami. ČGS, Praha, 40 s.
- ČSN 73 6109: Projektování polních cest. Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2013. 36 s.
- ČSN 75 4500: Protierozní ochrana zemědělské půdy. Český normalizační institut, Praha, 1996. 16 s.
- ČSN 83 9021: Technologie vegetačních úprav v krajině – Rostliny a jejich výsadba. Český normalizační institut, Praha, 2006. 12 s.
- ČSN 83 9041: Technologie vegetačních úprav v krajině – Technicko-biologické způsoby stabilizace terénu – Stabilizace výsevy, výsadbami, konstrukcemi ze živých a neživých materiálů a stavebních prvků, kombinované konstrukce. Český normalizační institut, Praha, 2006. 28 s.
- ČSN EN ISO 14688-2: Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídování zemin – Část 2: Zásady pro zařídování. Český normalizační institut, Praha, 2005. 16 s.
- ČSÚ, ©2017: Počet obyvatel v obcích k 1.1.2017 (online) [cit. 2018.03.12], dostupné z <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-112017>
- ČÚZK, ©2018 a): Analýzy výškopisu (online) [cit. 2018.03.17], dostupné z <http://ags.cuzk.cz/dmr/#>
- ČÚZK, ©2018 b): Nahlížení do katasru nemovitostí (online) [cit. 2018.03.20], dostupné z <http://nahlizeniidokn.cuzk.cz/>



- Demek, J., Mackovčín, P. [eds.], Balatka B., Buček A., Cibulková P, Culek M., Čermák P., Dobiáš D., Havlíček M., Hrádek M., Kirchner K., Lacina J., Pánek T., Slavík P., Vašátko J., 2006: Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČR. 2. upravené vydání. AOPK ČR, Brno, 582 s.
- De Ploey J., 1981: The ambivalent effects of some factors of erosion. *Mémoires, Institute de Géologie, l'Université de Louvain* 31: 171–81.
- Flat Z., Kačo I., Hýbal L., 1989: *Dopravné staviteľstvo II. Alfa*, Bratislava, 277 s.
- Gray D. H., Sotir R. B., 1996: *Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: a practical guide for erosion control*. John Wiley & Sons, New York 378 s.
- Holý M., 1978: *Protierozní ochrana*. SNTL/ALFA, Bratislava, 288 s.
- Holý M., 1994: *Eroze a životní prostředí*. ČVUT, Praha, 383 s.
- INSET, 2017: *Geofyzikální průzkum. Vyhledání průběhu staré kanalizace*. Praha, 12 s. „nepublikováno“. Dep.: Městský úřad Vlašim.
- Janeček M. a kol., 2008: *Základy erodologie*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 180 s.
- Janeček M. a kol., 2012: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 117 s.
- Kadlec V., Dostál T., Vrána K., Kavka P., Krása J., Devátý J., Podhrázká J., Pochop M., Kulířová P., Heřmanovská D., Novotný I., Papaj V., Řeháček D. [ed.], 2014: *Navrhování technických protierozních opatření*. Metodika. VÚMOP, v.v.i., Praha, 100 s.
- Kohnke H., Bertrand A. R., 1959: *Soil conservation*. McGraw-Hill, New York, 298 s.
- Kudrna J., 2011: *Zemní práce* (online) [cit. 2018.02.05] [http://www.vzdelavanimkekvalite.cz/PDFs/Zemni\\_prace.pdf](http://www.vzdelavanimkekvalite.cz/PDFs/Zemni_prace.pdf)
- Kukul Z., 1964: *Geologie recentních sedimentů*. Československá akademie věd, Praha, 441 s.
- Lei X., Yang Z., He S., Liu E., Wong H., Li X., 2017: Numerical investigation of rainfall-induced fines migration and its influences on slope stability. *Acta Geotechnica* 12. 1431 – 1446.

- Mareš S., Karous M., Landa I., Mazáč O., Müller K., Müllerová J., 1983: Geofyzikální metody v hydrogeologii a inženýrské geologii. SNTL/ALFA, Praha, 200 s.
- MD, ©2003: Protierozní opatření na svazích pozemních komunikací. TP 53 (online) [cit. 2018.02.25], dostupné z <http://www.pjpk.cz/technicke-podminky-tp/>
- Mencl V., 1966: Mechanika zemin a skalních hornin. Academia, Praha, 329 s.
- Mickovski S. B., Bengough A. G., Bransby M. F., Davies M. C. R., Hallett P. D., Sonnenberg R., 2007: Material stiffness, branching pattern and soil matric potential affect the pullout resistance of model root systems. European Journal of Soil Science 58/2007: 1471 – 1481.
- Mihara Y., 1952: Effect of raindrops and grass on soil erosion. In: Proceedings, 6th international grassland congress, 987 – 990.
- Morgan R. P. C., 2005: Soil erosion and conservation. 3rd ed. Blackwell Publishing Ltd, 304 s.
- Morgan R. P. C., Rickson R. J., 1995: Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach. E & FN Spon, London, 274 s.
- MŽP, ©1999: Obecné zásady postupů směřujících ke stabilizaci sesuvů (online) [cit. 2018.02.25], dostupné z [https://www.mzp.cz/cz/obecne\\_zasady\\_1](https://www.mzp.cz/cz/obecne_zasady_1)
- Němčok A., 1982: Zosuvy v slovenských Karpatoch. VEDA, Bratislava, 320 s.
- Němčok A., Pašek J., Rybář J., 1974: Dělení svahových pohybů. Sborník geologických věd. Hydrogeologie a inženýrská geologie, 11, Praha. 77-97.
- Ochrana podzemních vod s.r.o., 2017: Vlašim – sesuv. Inženýrskogeologický průzkum sesuvu pod zámekem. Praha, 20 s. „nepublikováno“. Dep.: Městský úřad Vlašim.
- Popov I. V., 1951: Inženernaja geologia. Gosudarstvennoje izdatelstvo geologičeskoj literatury, Moskva, 442 s.
- Quitt E., 1971: Klimatické oblasti Československa. Academia, Praha, 73 s.
- Rybář J., 2004: Sesuvy a jiné nebezpečné svahové pohyby na území České republiky. Československý časopis pro fyziku 4/2004: 254–257.
- Řejha M., 2007: Protierozní ochrana zemních těles a svahů. Geotechnika 1/2007: 38–41.
- Schwab G. O., Fangmeier D. D., Eliot W. J., Frevert R. K., Cheney S. [ed.], 1993: Soil and water conservation engineering. 4th ed. Wiley, New York, 507 s.

- Sklenička P., 2003: Základy krajinného plánování. Naděžda Skleničková, Praha, 321 s.
- Sýkora J., 2012: Ateliérová tvorba 1 a 2. Navrhování zeleně a úprava okolí staveb. ČVUT, Praha, 68 s.
- Vrána K., Dostál T., Zuna J., Kender J., 1998: Krajinné inženýrství. Český svaz stavebních inženýrů pro ČKAIT, Praha, 200 s.
- Weiglová K., 2005: Mechanika zemin. Modul BF02-M02. Vlastnosti zemin. VUT Brno, Brno, 43 s.
- Weiglová K., 2007: Mechanika zemin. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 186 s.
- Zachar D., 1970: Erózia pôdy. 2 vyd. Slovenská akadémia vied, Bratislava, 527 s.
- Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.
- Zákon č. 183 / 2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (Stavební zákon), v platném znění.
- Zákon č. 254 / 2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (Vodní zákon), v platném znění.
- Záruba Q., Mencl V., 1974: Inženýrská geologie. 3. doplněné vydání. Academia, Praha, 380 s.
- Záruba Q., Mencl V., 1987: Sesuvy a zabezpečování svahů. 2. přepracované a doplněné vydání. Academia, Praha, 340 s.

## 10. Seznam obrázků, tabulek a příloh

### Obrázky

Obr. 1: Rozlámané bloky ploužením (online) [cit. 2018.02.19], dostupné z

<http://www.zemnisesuvy.cz/cs/rychle-vyhodnoceni>

Obr. 2: Sesuv podél válcové smykové plochy (Záruba, Mencl, 1987)

Obr. 3: Stékání (online) [cit. 2018.02.19], dostupné z

<http://www.zemnisesuvy.cz/cs/rychle-vyhodnoceni>

Obr. 4: Řízení (Němčok; Pašek; Rybář, 1974)

Obr. 5: Diferenciální pohyb půdy způsobený rozstříkem dešťových kapek (Kohnke, Bertrand, 1959)

Obr. 6: Tvar svahu (Holý, 1994)

Obr. 7: Charakteristika dešťové kapky při střetu s vlhkou půdou (Schwab et al. 1993)

Obr. 8: Plošná eroze (Špindler J., 2016: Monitoring eroze zemědělské půdy (online)

[cit. 2018.02.21], dostupné z

[http://me.vumop.cz/dbajax/dbtool\\_back.php?project=monitor\\_sprava&request=file&oid=730050&mime=image/jpeg](http://me.vumop.cz/dbajax/dbtool_back.php?project=monitor_sprava&request=file&oid=730050&mime=image/jpeg)

Obr. 9: Rýžková eroze (Kadeřávková L., 2013: Monitoring eroze zemědělské půdy (online) [cit. 2018.02.22], dostupné z

[http://me.vumop.cz/dbajax/dbtool\\_back.php?project=monitor\\_sprava&request=file&oid=58269&mime=image/jpeg](http://me.vumop.cz/dbajax/dbtool_back.php?project=monitor_sprava&request=file&oid=58269&mime=image/jpeg)

Obr. 10: Rýhová eroze (Mendelova univerzita v Brně (online) [cit. 2018.02.22],

dostupné z [https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz\\_cast.pl?cast=55050](https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=55050)

Obr. 11: Výmolná eroze (online) [cit. 2018.02.23], dostupné z [http://mapio.net/pic/p-](http://mapio.net/pic/p-64237629/)

[64237629/](http://mapio.net/pic/p-64237629/)

Obr. 12: Proudová eroze (Holý, 1994)

Obr. 13: Příčný řez svodným příkopem (Janeček et al., 2012)

Obr. 14: Protierozní opatření na cestách (Agate, 1983)

Obr. 15: Svah ošetřený hydroosevem (online) [cit. 2018.03.08], dostupné z

<http://udrzba-zelene.kravinhrobice.cz/sluzby/hydroosev>

Obr. 16: Kordonová výsadba stromů (Holý, 1994)

Obr. 17: Zájmové území v rámci ČR – Vlašim (online) [cit. 2018.03.11], dostupné z

<http://www.mapaceskerekrepubliky.cz/slepa-mapa-cr>

Obr. 18: Vlašim – geologická mapa (online) [cit. 2018.03.14], dostupné z [http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show\\_map.php?mapa=g50&y=714773&x=1089455&s=1](http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=714773&x=1089455&s=1)

Obr. 19: EVL Vlašimská Blanice – zámecký park (AOPK ČR, ©2018 (online) [cit. 2018.03.16], dostupné z [http://www.nature.cz/natura2000-design3/web\\_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=1000135864](http://www.nature.cz/natura2000-design3/web_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=1000135864)

Obr. 20: Pozice průzkumných ručních vrtů V1 – V6 (online) [cit. 2018.03.31], dostupné z <http://ags.cuzk.cz/dmr/>

Obr. 21: Půdní vzorky pro makroskopickou analýzu (autor, 2017)

Obr. 22: Navrhovaná trasa vedení svodného příkopu (online) [cit. 2018.03.31], dostupné z <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/>

## **Tabulky**

Tab. 1: Územní srážky v roce 2016 a 2017 pro Prahu a Středočeský kraj (ČHMÚ, ©2016; ČHMÚ, ©2017) dostupné z <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>

Tab. 2: Územní teploty v roce 2016 a 2017 pro Prahu a Středočeský kraj (ČHMÚ, ©2016; ČHMÚ, ©2017) dostupné z <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>

Tab. 3: Prvotní geologická dokumentace vrtů (autor, 2017)

Tab. 4: Stanovení vlhkosti (autor, 2017)

Tab. 5: Stanovení zrnitosti (autor, 2017)

## **Přílohy**

Příloha 1: Podrobná situace lokality s průzkumnými objekty (Ochrana podzemních vod, 2017)

Příloha 2: Geologický řez (Ochrana podzemních vod, 2017)

Příloha 3 a: Indexové parametry zemin (Ochrana podzemních vod, 2017)

Příloha 3 b: Indexové parametry zemin (Ochrana podzemních vod, 2017)

Příloha 3 c: Indexové parametry zemin (Ochrana podzemních vod, 2017)

Příloha 3 d: Indexové parametry zemin (Ochrana podzemních vod, 2017)

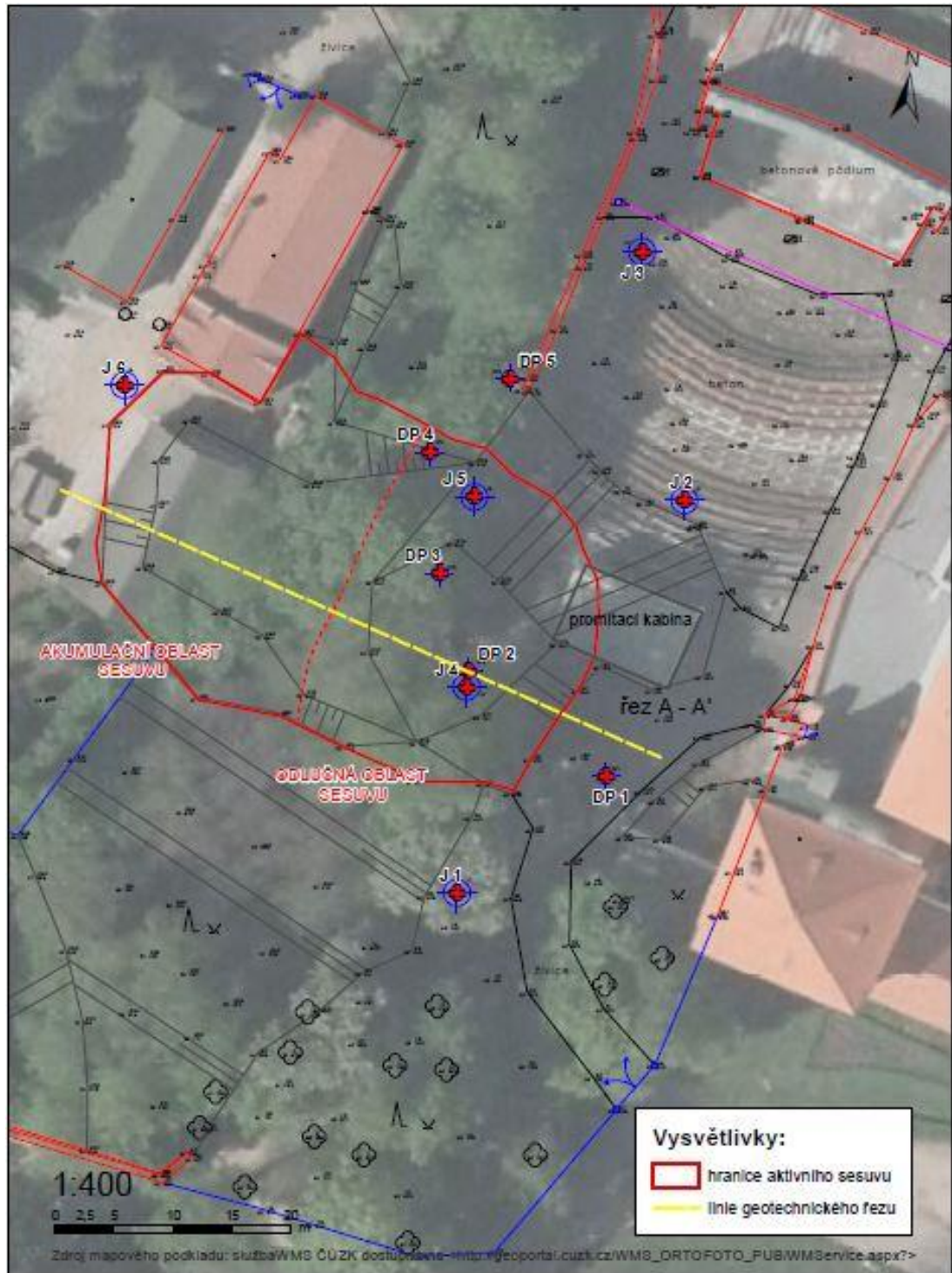
Příloha 3 e: Indexové parametry zemin (Ochrana podzemních vod, 2017)

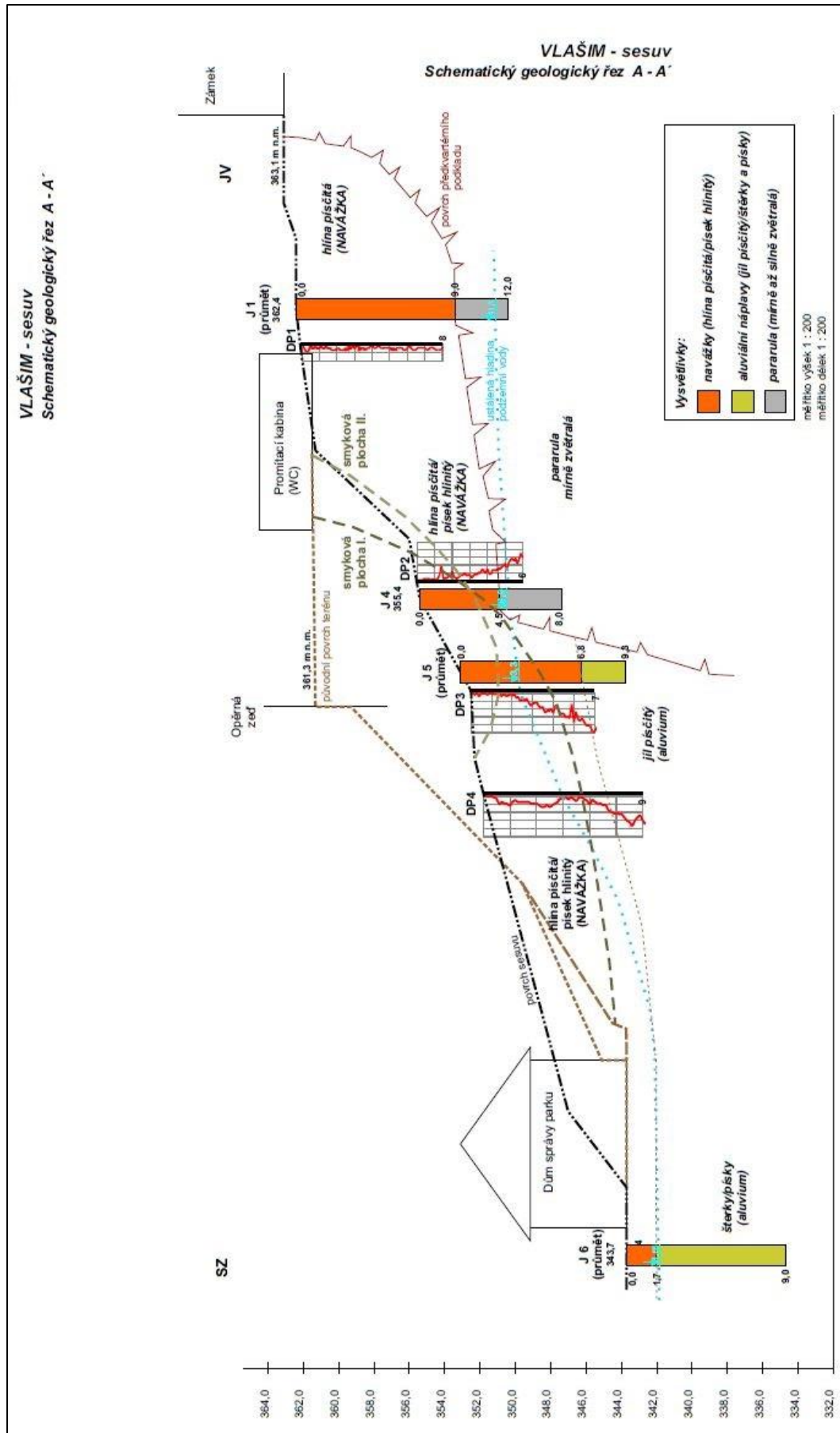
Příloha 3 f: Indexové parametry zemin (Ochrana podzemních vod, 2017)

- Příloha 3 g: Indexové parametry zemin (Ochrana podzemních vod, 2017)
- Příloha 4: Geofyzikální průzkum (INSET, 2017)
- Příloha 5: Fotodokumentace z rekognoskace zájmového území (autor, 2017)
- Příloha 6: Fotodokumentace z odběru půdních vzorků (autor, 2017)
- Příloha 7: Fotodokumentace laboratorních analýz (autor, 2017)
- Příloha 8: Diagramy pro zatřídění zemin (ČSN EN ISO 14688-2)
- Příloha 9 a: Křivka zrnitosti V1 (autor, 2017)
- Příloha 9 b: Křivka zrnitosti V2 (autor, 2017)
- Příloha 9 c: Křivka zrnitosti V3 (autor, 2017)
- Příloha 9 d: Křivka zrnitosti V4 (autor, 2017)
- Příloha 9 e: Křivka zrnitosti V5 (autor, 2017)
- Příloha 9 f: Křivka zrnitosti V6 (autor, 2017)

# 11. Přílohy

Příloha 1: Podrobná situace lokality s průzkumnými objekty (Ochrana podzemních vod, 2017)







Příloha 3 a: Stanovení indexových parametrů zemín (Ochrana podzemních vod, 2017)



**STANOVENÍ INDEXOVÝCH PARAMETRŮ ZEMÍN**  
dle ČSN EN ISO 17892-1 a ČSN CEN ISO/TS 17892-4 a 12

4G consite s.r.o., Zkušební laboratoř, Šlikova 406/29, 169 00 Praha 6

číslo protokolu: **16 04G / 10**

označení vzorku: J1 (3,8-4,0)  
laboratorní číslo: 16-3079

název akce: **Vlašim - sesuv**  
místo odběru vzorku: vrt J1, hloubka 3,8-4,0 m \*)

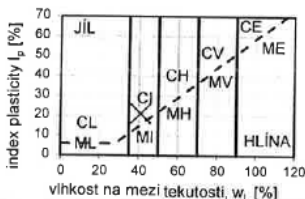
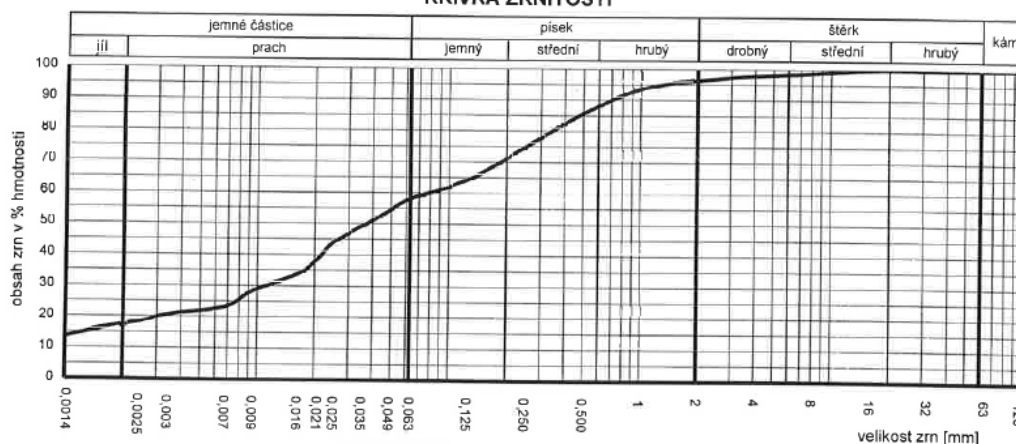
kód zakázky: 16 040  
datum odběru: 21.11.2016 \*)  
datum provedení zk: 23.11.2016-30.11.2016  
zkoušku provedl: L. Šrédl  
barva vzorku: hnědá

zkoušený prvek: zemina  
vizuál. popis materiálu: jíl písčítý

| zastoupení frakcí ve vzorku |      |       |       |       |       |
|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| složka:                     | jíl  | prach | písek | štěrk | kámen |
| podíl frakce [%]:           | 18,1 | 40,1  | 38,2  | 3,6   | 0,0   |
| podíl frakce [%]:           | 58,2 |       | 41,8  |       |       |

|                       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |
|-----------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| rozměr oka síta [mm]: | < 0,063 | 0,063 | 0,125 | 0,250 | 0,500 | 1     | 2     | 4     | 8     | 16     | 31,5   | 63     | 125    |
| propad sítím [%]:     | 58,17   | 58,17 | 64,05 | 74,78 | 85,79 | 93,41 | 96,38 | 97,96 | 98,85 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

**KŘIVKA ZRNITOSTI**



| KLASIFIKACE <sup>6)</sup> |        |                                  |
|---------------------------|--------|----------------------------------|
| ČSN EN ISO 14688-2        | sasiCI | jíl písčítý hlinitý (prachovitý) |
| ČSN 73 6133, Příloha A    | F4 CS  | písčítý jíl                      |

| ostatní vlastnosti a doplňující údaje                   |  |       |
|---|--|-------|
| koeficient filtrace <sup>2)</sup>                       | přírozená vlhkost w [%]:                             | 15,5  |
| dle Carman-Kožený [m.s <sup>-1</sup> ):                 | 2,17E-09   |       |
| dle Bayera [m.s <sup>-1</sup> ):                        | 3,13E-09   |       |
| zdánlivá hustota částic <sup>1) 2)</sup>                | konzistenční meze <sup>3)</sup>                      |       |
| [kg.m <sup>-3</sup> ):                                  | mez tekutosti w <sub>L</sub> [%]:                    | 41,0  |
| 2650  | mez plasticity w <sub>p</sub> [%]:                   | 20,1  |
| číslo nestejnzrnnosti C <sub>u</sub> <sup>5)</sup> [-]: | index plasticity I <sub>p</sub> <sup>5)</sup> [%]:   | 21,0  |
| 87,9  | stupeň konzistence I <sub>c</sub> <sup>5)</sup> [-]: | 1,2   |
| číslo křivosti C <sub>e</sub> <sup>5)</sup> [-]:        | konzistence vypočtená <sup>4)</sup> :                | pevná |
| 1,7   |  |       |

poznámky: \*) odběr vzorků provedl zákazník, údaje o vzorku byly předány zákazníkem

<sup>1)</sup> pro danou zeminu stanoveno odhadem; <sup>2)</sup> doplňující údaje stanovené mimo rozsah akreditace zkušební laboratoře jsou pouze informativní; nejsou-li uvedeny, stanovení se neprovádělo; <sup>3)</sup> konzistence a plasticita směsných zemín platí pouze pro výplň;

<sup>4)</sup> dle ČSN 73 6133, Příloha A, tabulka A.3; <sup>5)</sup> dle ČSN EN ISO 14688-2, čl. 3; <sup>6)</sup> interpretace zkušební zařízení: sada kontrolních sítí dle ISO 3310; hustoměr podle Casagrandeho; kuželový přístroj (kužel 60°/60g) použitý postup přípravy vzorku pro konzistenční meze: prosévání za mokra

Příloha 3 b: Stanovení indexových parametrů zemín (Ochrana podzemních vod, 2017)



**STANOVENÍ INDEXOVÝCH PARAMETRŮ ZEMÍN**  
dle ČSN EN ISO 17892-1 a ČSN CEN ISO/TS 17892-4 a 12

4G consite s.r.o., Zkušební laboratoř, Šlikova 406/29, 169 00 Praha 6

číslo prbtokolu: **16 040 / 10**

označení vzorku: J2 (5,4-5,6)

laboratorní číslo: 16-3084

název akce: **Vlašim - sesuv**  
místo odběru vzorku: vrt J2, hloubka 5,4-5,6 m \*)

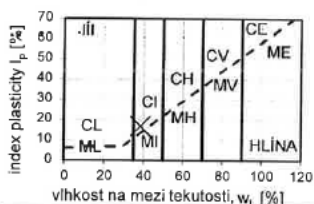
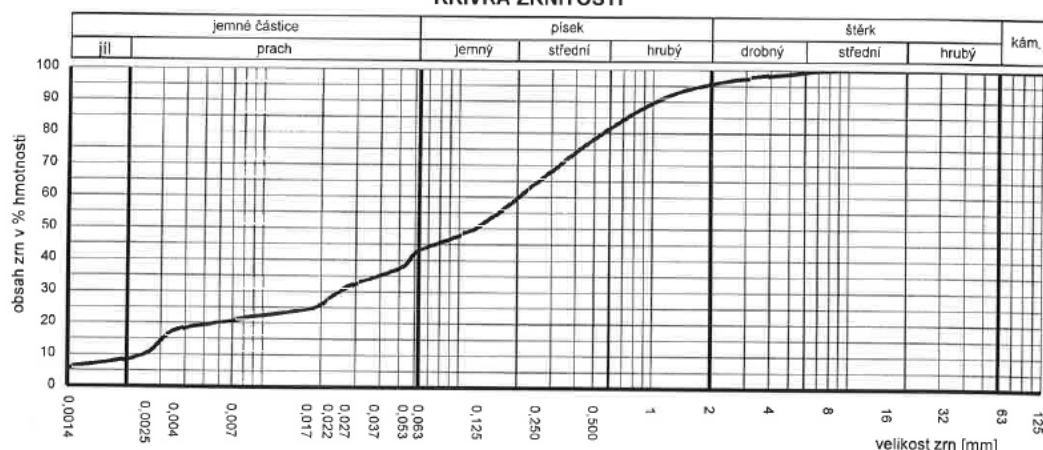
kód zakázky: 16 040  
datum odběru: 21.11.2016 \*)  
datum provedení zk.: 22.11.2016-1,12,2016  
zkoušku provedl: L. Šrédí  
barva vzorku: hnědá

zkoušený prvek: **zemina**  
vizuál. popis materiálu: jílní písčité

| zastoupení frakcí ve vzorku |      |       |       |       |       |
|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| složka:                     | jíl  | prach | písek | štěrk | kámen |
| podíl frakce [%]:           | 10,3 | 32,8  | 52,6  | 4,3   | 0,0   |
| podíl frakce [%]:           | 43,1 |       | 56,9  |       |       |

| rozměr oka síta [mm]: | < 0,063 | 0,063 | 0,125 | 0,250 | 0,500 | 1     | 2     | 4     | 8      | 16     | 31,5   | 63     | 125    |
|-----------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| propad sítím [%]:     | 43,11   | 43,11 | 50,46 | 64,43 | 78,39 | 89,56 | 95,66 | 98,23 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

**KŘIVKA ZRNITOSTI**



| KLASIFIKACE <sup>1)</sup> |        |                                  |
|---------------------------|--------|----------------------------------|
| ČSN EN ISO 14688-2        | sasiCI | jíl písčité hlinítý (prachovitý) |
| ČSN 73 6133, Příloha A    | F4 CS  | písčité jílní                    |

| ostatní vlastnosti a doplňující údaje                   |  |                   |
|---|--|-------------------|
| koeficient filtrace <sup>2)</sup>                       | přirozená vlhkost w [%]:                             | 20,4              |
| dle Carman-Kozeny [m.s <sup>-1</sup> ]: 1,42E-08        | konzistenční meze <sup>3)</sup>                      |                   |
| dle Bayera [m.s <sup>-1</sup> ]: 2,06E-08               | mez tekutosti w <sub>L</sub> [%]:                    | 38,4              |
| zdná hustota částic <sup>1) 2)</sup>                    | mez plasticity w <sub>p</sub> [%]:                   | 21,6              |
| [kg.m <sup>-3</sup> ]: 2650                             | index plasticity I <sub>p</sub> <sup>5)</sup> [%]:   | 16,8              |
| číslo nestejnzrnnosti C <sub>u</sub> <sup>5)</sup> [-]: | stupeň konzistence I <sub>c</sub> <sup>5)</sup> [-]: | 1,1               |
| číslo křivosti C <sub>c</sub> <sup>6)</sup> [-]:        | konzistence vypočtená <sup>4)</sup> :                | pevná             |
|   | užitelnost zeminy dle ČSN 73 6133 <sup>6)</sup>      |                   |
|   | do násypu:   | podmínečně vhodná |
|   | do aktivní zóny:                                     | podmínečně vhodná |
|   | namrzavost zeminy                                    |                   |
|   | dle ČSN 73 6133, Příloha A                           |                   |
|   | nebezpečně namrzavé                                  |                   |

poznámky: \*) odběr vzorků provedl zákazník, údaje o vzorku byly předány zákazníkem

<sup>1)</sup> pro danou zeminu stanoveno odhadem; <sup>2)</sup> doplňující údaje stanovené mimo rozsah akreditace zkušební laboratoře jsou pouze informativní, nejsou-li uvedeny, stanovení se neprovádělo; <sup>3)</sup> konzistence a plasticita směsných zemín platí pouze pro výplň;

<sup>4)</sup> dle ČSN 73 6133, Příloha A, tabulka A,3; <sup>5)</sup> dle ČSN EN ISO 14688-2, čl. 3; <sup>6)</sup> interpretace zkušební zařízení: sada kontrolních sítí dle ISO 3310; hustotér podle Casagrandeho; kuželový přístroj (kužel 60°/60g) použitý postup přípravy vzorku pro konzistenční meze: prosévání za mokra

Příloha 3 c: Stanovení indexových parametrů zemín (Ochrana podzemních vod, 2017)



**STANOVENÍ INDEXOVÝCH PARAMETRŮ ZEMÍN**

dle ČSN EN ISO 17892-1 a ČSN CEN ISO/TS 17892-4 a 12

4G consite s.r.o., Zkušební laboratoř, Šlikova 406/29, 169 00 Praha 6

číslo protokolu: **16 040 / 10**

označení vzorku: J2 (7,7-7,9)

laboratorní číslo: 16-3082

název akce: **Vlašim - sesuv**  
místo odběru vzorku: vrt J2, hloubka 7,7-7,9 m \*)

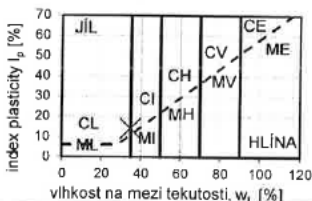
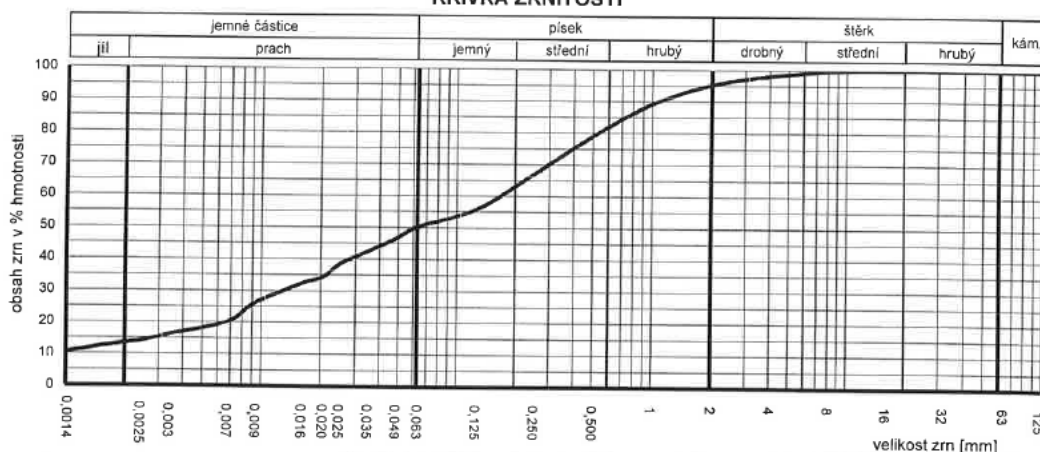
kód zakázky: 16 040  
datum odběru: 21.11.2016 \*)  
datum provedení zk.: 23.11.2016-1.12.2016  
zkoušku provedl: L. Šrédř  
barva vzorku: hnědá

zkoušený prvek: zemina  
vizuál. popis materiálu: jíl písčitý

| zastoupení frakcí ve vzorku |      |       |       |       |       |
|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| složka:                     | jlil | prach | písek | štěrk | kámen |
| podíl frakce [%]:           | 14,0 | 36,2  | 45,1  | 4,7   | 0,0   |
| podíl frakce [%]:           | 50,2 |       | 49,8  |       |       |

|                       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |
|-----------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| rozměr oka síta [mm]: | < 0,063 | 0,063 | 0,125 | 0,250 | 0,500 | 1     | 2     | 4     | 8     | 16     | 31,5   | 63     | 125    |
| propad sítím [%]:     | 50,21   | 50,21 | 55,70 | 67,01 | 79,06 | 89,20 | 95,27 | 98,03 | 99,66 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

**KŘIVKA ZRNITOSTI**



| KLASIFIKACE <sup>5)</sup> |        |                                   |
|---------------------------|--------|-----------------------------------|
| ČSN EN ISO 14688-2        | sasiCl | jlil písčitý hlinitý (prachovitý) |
| ČSN 73 6133, Příloha A    | F4 CS  | písčitý jlil                      |

| ostatní vlastnosti a doplňující údaje                  |  |   |
|--|--|---|
| koeficient filtrace <sup>2)</sup>                      | přirozená vlhkost w [%]:                             | 21,4  |
| dle Carman-Kožený [m.s <sup>-1</sup> ):                | konzistenční meze <sup>3)</sup>                      |   |
| dle Bayera [m.s <sup>-1</sup> ):                       | mez tekutosti w <sub>L</sub> [%]:                    | 34,7  |
| zdánlivá hustota částic <sup>1) 2)</sup>               | mez plasticity w <sub>p</sub> [%]:                   | 20,8  |
| [kg.m <sup>-3</sup> ):                                 | index plasticity I <sub>p</sub> <sup>5)</sup> [%]:   | 14,0  |
| číslo nestejnornosti C <sub>u</sub> <sup>5)</sup> [-]: | stupeň konzistence I <sub>c</sub> <sup>5)</sup> [-]: | 1,0   |
| číslo křivosti C <sub>c</sub> <sup>5)</sup> [-]:       | konzistence vypočtená <sup>4)</sup> :                | tuhá  |
|  |  | užitelnost zeminy dle ČSN 73 6133 <sup>6)</sup> |
|  |  | do násypu: podmíněčně vhodná                    |
|  |  | do aktivní zóny: podmíněčně vhodná              |
|  |  | namrzavost zeminy                               |
|  |  | dle ČSN 73 6133, Příloha A                      |
|  |  | nebezpečně namrzavé                             |

poznámky: \*) odběr vzorků provedl zákazník, údaje o vzorku byly předány zákazníkem

<sup>1)</sup> pro danou zeminu stanoveno odhadem; <sup>2)</sup> doplňující údaje stanovené mimo rozsah akreditace zkušební laboratoře jsou pouze informativní; nejsou-li uvedeny, stanovení se neprovádělo; <sup>3)</sup> konzistence a plasticita směsných zemín platí pouze pro výplň;

<sup>4)</sup> dle ČSN 73 6133, Příloha A, tabulka A.3; <sup>5)</sup> dle ČSN EN ISO 14688-2, čl. 3; <sup>6)</sup> interpretace zkušební zařízení: sada kontrolních sít dle ISO 3310; hustoměr podle Casagrandeho; kuželový přístroj (kužel 60°/60g) použitý postup přípravy vzorku pro konzistenční meze: prosévání za mokra

Příloha 3 d: Stanovení indexových parametrů zemín (Ochrana podzemních vod, 2017)



**STANOVENÍ INDEXOVÝCH PARAMETRŮ ZEMÍN**

dle ČSN EN ISO 17892-1 a ČSN CEN ISO/TS 17892-4 a 12

4G conste s.r.o., Zkušební laboratoř, Šlikova 406/29, 169 00 Praha 6

číslo protokolu: **16 040 / 10**

označení vzorku: J2 (12,2-12,4)

laboratorní číslo: 16-3083

název akce: **Vlašim - sesuv**  
místo odběru vzorku: vrt J2, hloubka 12,2-12,4 m \*)

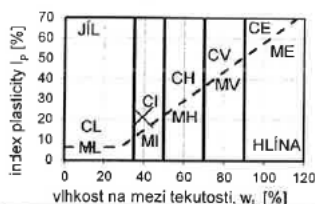
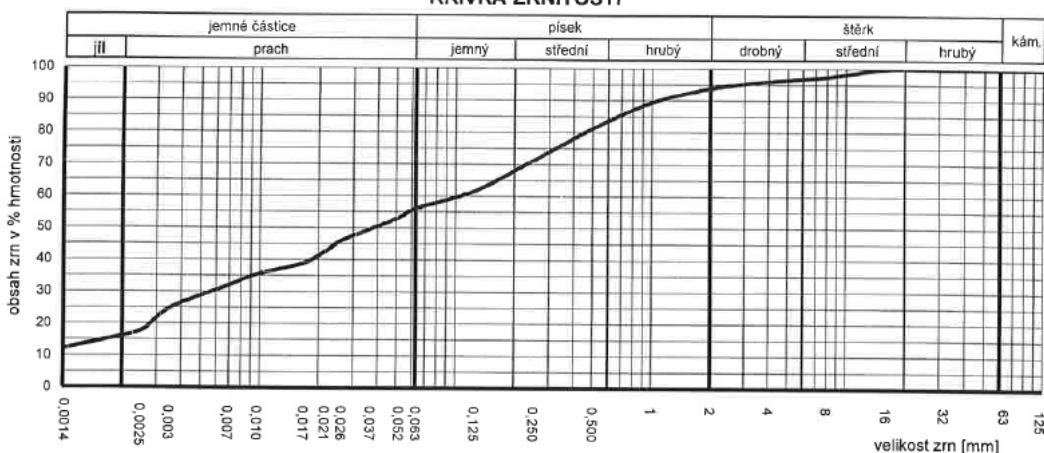
kód zakázky: 16 040  
datum odběru: 21.11.2016 \*)  
datum provedení zk.: 22.11.2016-29.11.2016  
zkoušku provedl: L. Šrédí  
barva vzorku: hnědá

zkoušený prvek: zemina  
vizuál. popis materiálu: jíl písčité

| zastoupení frakcí ve vzorku |      |       |       |       |       |
|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| složka:                     | jíl  | prach | písek | štěrk | kámen |
| podíl frakce [%]:           | 17,7 | 38,5  | 37,7  | 6,1   | 0,0   |
| podíl frakce [%]:           | 56,2 |       | 43,8  |       |       |

|                       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |
|-----------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| rozměr oka síta [mm]: | < 0,063 | 0,063 | 0,125 | 0,250 | 0,500 | 1     | 2     | 4     | 8     | 16     | 31,5   | 63     | 125    |
| propad sítem [%]:     | 56,17   | 56,17 | 61,64 | 71,33 | 81,31 | 89,43 | 93,90 | 96,08 | 97,52 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

**KŘIVKA ZRNITOSTI**



| KLASIFIKACE <sup>6)</sup> |        |                                  |
|---------------------------|--------|----------------------------------|
| ČSN EN ISO 14688-2        | sasíci | jíl písčité hlinitý (prachovité) |
| ČSN 73 6133, Příloha A    | F4 CS  | písčité jíly                     |

| ostatní vlastnosti a doplňující údaje                   |  |   |
|---|--|---|
| koeficient filtrace <sup>2)</sup>                       | přirozená vlhkost w [%]:                             | 20,5  |
| dle Carman-Kožený [m.s <sup>-1</sup> ):                 | 2,42E-09   |   |
| dle Bayera [m.s <sup>-1</sup> ):                        | 3,79E-09   |   |
| zdánlivá hustota částic <sup>1) 2)</sup>                | konzistenční meze <sup>3)</sup>                      | 20,5  |
| [kg.m <sup>-3</sup> ):                                  | mez tekutosti w <sub>L</sub> [%]:                    | 39,3  |
| 2650  | mez plasticity w <sub>p</sub> [%]:                   | 18,3  |
| číslo nestejnzrnnosti C <sub>u</sub> <sup>5)</sup> [-]: | index plasticity I <sub>p</sub> <sup>5)</sup> [%]:   | 21,0  |
| 101,6   | stupeň konzistence I <sub>c</sub> <sup>5)</sup> [-]: | 0,9   |
| číslo křivosti C <sub>c</sub> <sup>5)</sup> [-]:        | konzistence vypočtená <sup>4)</sup> :                | tuhá  |
| 0,3   |  |   |
|   |  | užitelnost zeminy dle ČSN 73 6133 <sup>6)</sup> |
|   |  | do násypu: podmíněčně vhodná                    |
|   |  | do aktivní zóny: podmíněčně vhodná              |
|   |  | namrzavost zeminy                               |
|   |  | dle ČSN 73 6133, Příloha A                      |
|   |  | nebezpečně namrzavé                             |

poznámky: \*) odběr vzorků provedl zákazník, údaje o vzorku byly předány zákazníkem

<sup>1)</sup> pro danou zeminu stanoveno odhadem; <sup>2)</sup> doplňující údaje stanovené mimo rozsah akreditace zkušební laboratoře jsou pouze informativní; nejsou-li uvedeny, stanovení se neprovádělo; <sup>3)</sup> konzistence a plasticita směsných zemín platí pouze pro výplň;

<sup>4)</sup> dle ČSN 73 6133, Příloha A, tabulka A.3; <sup>5)</sup> dle ČSN EN ISO 14688-2, čl. 3; <sup>6)</sup> interpretace zkušební zařízení: sada kontrolních sít dle ISO 3310; hustoměr podle Casagrandeho; kuželový přístroj (kužel 60°/60g) použitý postup přípravy vzorku pro konzistenční meze: prosévání za mokra

Příloha 3 e: Stanovení indexových parametrů zemín (Ochrana podzemních vod, 2017)



**STANOVENÍ INDEXOVÝCH PARAMETRŮ ZEMÍN**

dle ČSN EN ISO 17892-1 a ČSN CEN ISO/TS 17892-4 a 12

4G consite s.r.o., Zkušební laboratoř, Šlikova 406/29, 169 00 Praha 6

číslo protokolu: **16 040 / 10**

označení vzorku: J3 (10,1-10,3)

laboratorní číslo: 16-3078

název akce: **Vlašim - sesuv**  
místo odběru vzorku: vrt J3, hloubka 10,1-10,3 m \*)

kód zakázky: 16 040  
datum odběru: 21.11.2016 \*)  
datum provedení zk.: 23.11.2016-30.11.2016

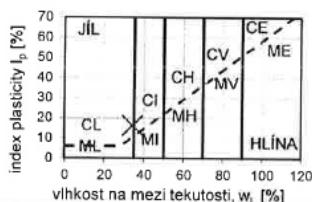
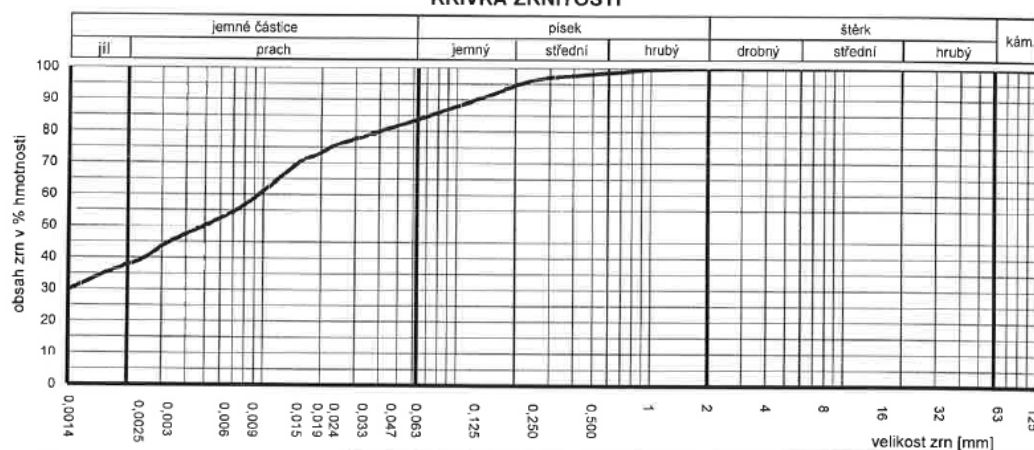
zkoušený prvek: zemina  
vizuál. popis materiálu: jíl

zkoušku provedl: L. Šrédl  
barva vzorku: šedá

| zastoupení frakcí ve vzorku |      |       |       |       |       |
|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| složka:                     | jíl  | prach | písek | štěrk | kámen |
| podíl frakce [%]:           | 39,2 | 44,5  | 16,3  | 0,0   | 0,0   |
| podíl frakce [%]:           | 83,7 |       | 16,3  |       |       |

|                       |         |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| rozměr oka síta [mm]: | < 0,063 | 0,063 | 0,125 | 0,250 | 0,500 | 1     | 2      | 4      | 8      | 16     | 31,5   | 63     | 125    |
| propad sítím [%]:     | 83,73   | 83,73 | 90,00 | 96,33 | 98,24 | 99,99 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

**KŘIVKA ZRNITOSTI**



| KLASIFIKACE <sup>6)</sup> |       |                          |
|---------------------------|-------|--------------------------|
| ČSN EN ISO 14688-2        | CI    | jíl                      |
| ČSN 73 6133, Příloha A    | F6 CL | jíl s nízkou plasticitou |

| ostatní vlastnosti a doplňující údaje                   |                                   |  |                              |
|---|-----------------------------------|--|------------------------------|
| koeficient filtrace <sup>2)</sup>                       | přirozená vlhkost w [%]:          | 28,9   |                              |
| dle Carman-Kožený [m.s <sup>-1</sup> ]:                 | 2,98E-10                          | konzistenční meze <sup>3)</sup>                      |                              |
| dle Bayera [m.s <sup>-1</sup> ]:                        | 1,12E-09                          |  |                              |
| zdránilivá hustota částic <sup>1) 2)</sup>              | mez tekutosti w <sub>L</sub> [%]: | 34,3   |                              |
| [kg.m <sup>-3</sup> ):                                  | 2650                              | mez plasticity w <sub>P</sub> [%]:                   | 18,1                         |
| číslo nestejnzrnnosti C <sub>u</sub> <sup>5)</sup> [-]: | 20,3                              | index plasticity I <sub>p</sub> <sup>5)</sup> [%]:   | 16,2                         |
| číslo křivosti C <sub>e</sub> <sup>5)</sup> [-]:        | 0,3                               | stupeň konzistence I <sub>c</sub> <sup>5)</sup> [-]: | 0,3                          |
|   |                                   | konzistence vypočtená <sup>4)</sup> :                | měkká                        |
|   |                                   | užitelnost zeminy dle ČSN 73 6133 <sup>6)</sup>      | do násypu: podmíněčně vhodná |
|   |                                   |  | do aktivní zóny: nevhodná    |
|   |                                   |  | namrzavost zeminy            |
|   |                                   |  | dle ČSN 73 6133, Příloha A   |
|   |                                   |  | vysoce namrzavé              |

poznámky: \*) odběr vzorků provedl zákazník, údaje o vzorku byly předány zákazníkem

<sup>1)</sup> pro danou zeminu stanoveno odhadem; <sup>2)</sup> doplňující údaje stanovené mimo rozsah akreditace zkušební laboratoře jsou pouze informativní; nejsou-li uvedeny, stanovení se neprovádělo; <sup>3)</sup> konzistence a plasticita směsných zemín platí pouze pro výplň;

<sup>4)</sup> dle ČSN 73 6133, Příloha A, tabulka A.3; <sup>5)</sup> dle ČSN EN ISO 14688-2, čl. 3; <sup>6)</sup> interpretace

zkušební zařízení: sada kontrolních sít dle ISO 3310; hustoměr podle Casagrandeho; kuželový přístroj (kužel 60°/60g)  
použitý postup přípravy vzorku pro konzistenční meze: prosévání za mokra

Příloha 3 f: Stanovení indexových parametrů zemin (Ochrana podzemních vod, 2017)



**STANOVENÍ INDEXOVÝCH PARAMETRŮ ZEMIN**  
dle ČSN EN ISO 17892-1 a ČSN CEN ISO/TS 17892-4 a 12

4G consite s.r.o., Zkušební laboratoř, Šlikova 406/29, 169 00 Praha 6

číslo protokolu: **16 040 / 10**

označení vzorku: J6 (2,0-2,5)  
laboratorní číslo: 16-3085

název akce: **Vlašim - sesuv**  
místo odběru vzorku: vrt J6, hloubka 2,0-2,5 m \*)

kód zakázky: 16 040  
datum odběru: 21.11.2016 \*)  
datum provedení zk.: 21.11.2016-1.12.2016

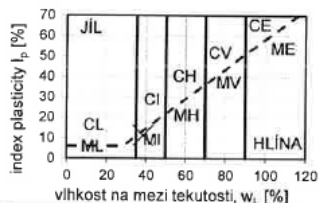
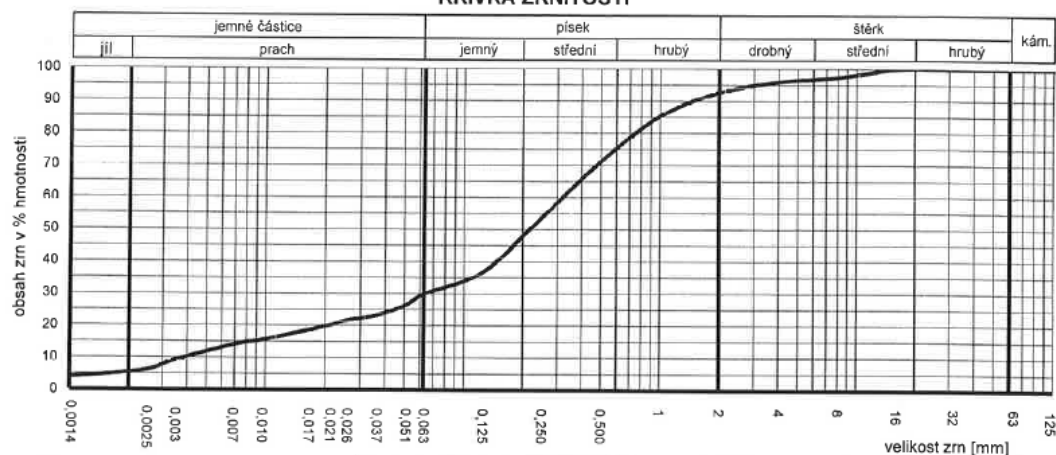
zkoušený prvek: zemina  
vizuál. popis materiálu: písek jílovitý

zkoušku provedl: L. Šrédl  
barva vzorku: šedohnědá

| zastoupení frakcí ve vzorku |      |       |       |       |       |
|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| složka:                     | jíl  | prach | písek | štěrk | kámen |
| podíl frakce [%]:           | 6,2  | 23,8  | 62,7  | 7,3   | 0,0   |
| podíl frakce [%]:           | 30,0 |       | 70,0  |       | 0,0   |

|                       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |
|-----------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| rozměr oka síta [mm]: | < 0,063 | 0,063 | 0,125 | 0,250 | 0,500 | 1     | 2     | 4     | 8     | 16     | 31,5   | 63     | 125    |
| propad sítím [%]:     | 29,98   | 29,98 | 36,87 | 53,79 | 71,22 | 85,34 | 92,70 | 95,99 | 97,36 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

**KŘIVKA ZRNITOSTI**



| KLASIFIKACE <sup>6)</sup> |       |                |
|---------------------------|-------|----------------|
| ČSN EN ISO 14688-2        | ciSa  | písek jílovitý |
| ČSN 73 6133, Příloha A    | S4 SM | písek hlinitý  |

| ostatní vlastnosti a doplňující údaje                   |                                   |  |   |      |
|---|-----------------------------------|--|---|------|
| koeficient filtrace <sup>2)</sup>                       | přirozená vlhkost w [%]:          | 28,9   | použitelnost zeminy dle ČSN 73 6133 <sup>6)</sup>           |      |
| dle Carman-Kozený [m.s <sup>-1</sup> ):                 | 4,83E-08                          | do násypu: podmíněčně vhodná<br>do aktivní zóny: podmíněčně vhodná |   |      |
| dle Bayera [m.s <sup>-1</sup> ):                        | 5,71E-08                          |  |   |      |
| zdanlivá hustota částic <sup>1)2)</sup>                 | mez tekutosti w <sub>L</sub> [%]: | 38,6   | namrzavost zeminy<br>dle ČSN 73 6133, Příloha A<br>namrzavé |      |
| [kg.m <sup>-3</sup> ):                                  | 2650                              | mez plasticity w <sub>p</sub> [%]:                                 |   | 27,2 |
| číslo nestejnzrnnosti C <sub>u</sub> <sup>5)</sup> [-]: | 85,1                              | index plasticity I <sub>p</sub> <sup>5)</sup> [%]:                 |   | 11,3 |
| číslo křivosti C <sub>c</sub> <sup>5)</sup> [-]:        | 3,0                               | stupeň konzistence I <sub>c</sub> <sup>5)</sup> [-]:               | 0,9   |      |
|   |                                   | konzistence vypočtená <sup>4)</sup> :                              | tuhá  |      |

poznámky: \*) odběr vzorků provedl zákazník, údaje o vzorku byly předány zákazníkem ve vzorku příměs organiky

<sup>1)</sup> pro danou zeminu stanoveno odhadem; <sup>2)</sup> doplňující údaje stanovené mimo rozsah akreditace zkušební laboratoře jsou pouze informativní; nejsou-li uvedeny, stanovení se neprovádělo; <sup>3)</sup> konzistence a plasticita směsných zemin platí pouze pro výplň;

<sup>4)</sup> dle ČSN 73 6133, Příloha A, tabulka A.3; <sup>5)</sup> dle ČSN EN ISO 14688-2, čl. 3; <sup>6)</sup> interpretace zkušební zařízení: sada kontrolních sít dle ISO 3310; hustoměr podle Casagrandeho; kuželový přístroj (kužel 60°/60g) použitý postup přípravy vzorku pro konzistenční meze: prosévání za mokra

Příloha 3 g: Stanovení indexových parametrů zemín (Ochrana podzemních vod, 2017)



**STANOVENÍ INDEXOVÝCH PARAMETRŮ ZEMÍN**  
dle ČSN EN ISO 17892-1 a ČSN CEN ISO/TS 17892-4 a 12

4G consite s.r.o., Zkušební laboratoř, Šlikova 406/29, 169 00 Praha 6

číslo protokolu: **16 040 / 10**

označení vzorku: J6 (6,0-6,8)  
laboratorní číslo: 16-3080

název akce: **Vlašim - sesuv**  
místo odběru vzorku: vrt J6, hloubka 6,0-6,8 m \*)

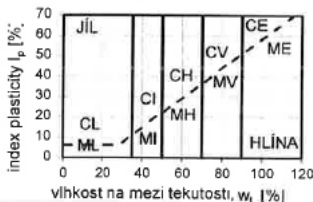
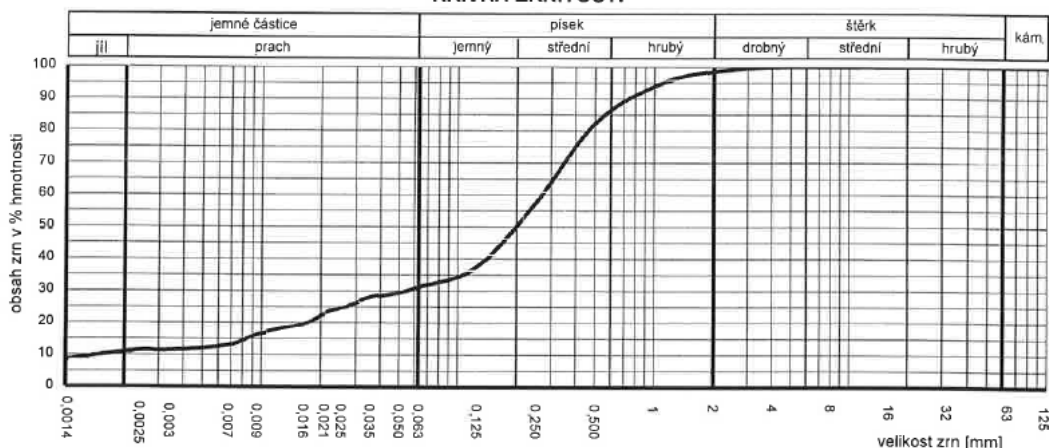
kód zakázky: 16 040  
datum odběru: 21.11.2016 \*)  
datum provedení zk.: 23.11.2016-1.12.2016  
zkoušku provedl: L. Šrédl  
barva vzorku: šedá

zkoušený prvek: **zemina**  
vizuál. popis materiálu: písek

| zastoupení frakcí ve vzorku |      |       |       |       |       |
|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| složka:                     | jíl  | prach | písek | štěrk | kámen |
| podíl frakce [%]:           | 11,4 | 19,9  | 67,3  | 1,5   | 0,0   |
| podíl frakce [%]:           | 31,3 |       | 68,7  |       |       |

|                       |         |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
|-----------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| rozměr oka síta [mm]: | < 0,063 | 0,063 | 0,125 | 0,250 | 0,500 | 1     | 2     | 4     | 8      | 16     | 31,5   | 63     | 125    |
| propad sítím [%]:     | 31,25   | 31,25 | 37,36 | 57,61 | 82,38 | 93,96 | 98,52 | 99,89 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

**KŘIVKA ZRNITOSTI**



| KLASIFIKACE <sup>6)</sup> |       |                |
|---------------------------|-------|----------------|
| ČSN EN ISO 14688-2        | ciSa  | písek jílovitý |
| ČSN 73 6133, Příloha A    | S4 SM | písek hlinitý  |

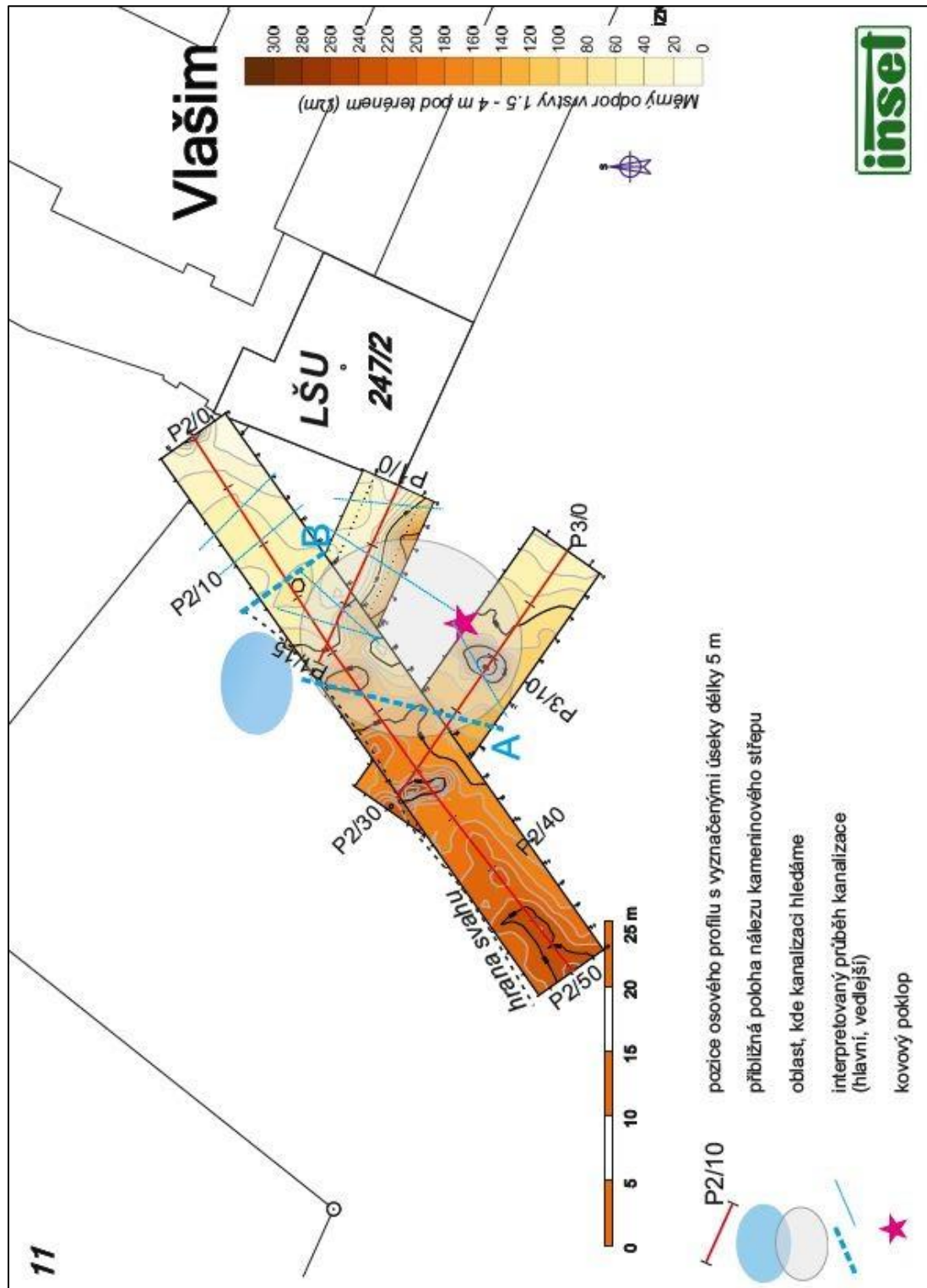
| ostatní vlastnosti a doplňující údaje                        |  |   |
|--|--|---|
| koeficient filtrace <sup>2)</sup>                            | přírozená vlhkost w [%]: 26,5                                  | použitelnost zeminy dle ČSN 73 6133 <sup>6)</sup> |
| dle Carman-Kozeny [m.s <sup>-1</sup> ): 9,41E-09             | konzistenční meze <sup>3)</sup>                                | do násypu: podmíněčně vhodná                      |
| dle Deyera [m.s <sup>-1</sup> ): 8,76E-09                    | mez tekutosti w <sub>L</sub> [%]: NEPLASTICKÝ                  | do aktivní zóny: podmíněčně vhodná                |
| zdánlivá hustota částic <sup>1) 2)</sup>                     | mez plasticity w <sub>P</sub> [%]: NEPLASTICKÝ                 |   |
| [kg.m <sup>-3</sup> ): 2650                                  | index plasticity I <sub>P</sub> <sup>5)</sup> [%]: NEPLASTICKÝ | namrzavost zeminy                                 |
| číslo nestejnornosti C <sub>u</sub> <sup>5)</sup> [-]: 163,0 | stupeň konzistence I <sub>c</sub> <sup>5)</sup> [-]: NELZE     | dle ČSN 73 6133, Příloha A                        |
| číslo křivosti C <sub>c</sub> <sup>5)</sup> [-]: 6,4         | konzistence vypočtená <sup>4)</sup> : NELZE                    | nebezpečně namrzavé                               |

poznámky: \*) odběr vzorků provedl zákazník, údaje o vzorku byly předány zákazníkem

<sup>1)</sup> pro danou zeminu stanoveno odhadem; <sup>2)</sup> doplňující údaje stanovené mimo rozsah akreditace zkušební laboratoře jsou pouze informativní; nejsou-li uvedeny, stanovení se neprovádělo; <sup>3)</sup> konzistence a plasticita směsných zemín platí pouze pro výplň;

<sup>4)</sup> dle ČSN 73 6133, Příloha A, tabulka A.3; <sup>5)</sup> dle ČSN EN ISO 14688-2, čl. 3; <sup>6)</sup> interpretace

zkušební zařízení: sada kontrolních sít dle ISO 3310; hustoměr podle Casagrandeho; kuželový přístroj (kužel 60°/60g) použitý postup přípravy vzorku pro konzistenční meze: prosévání za mokra





Příloha 5: Fotodokumentace z rekognoskace zájmového území (autor, 2017)



Pohled na zájmové území a promítací stěnu z prostoru parku.



Pohled na zájmové území od ramene řeky Blanice.



Pohled na zájmové území přes areál správy parku.



Pohled na zájmové území od vjezdu do areálu správy parku.



Pohled na patu svahu.

Příloha 6: Fotodokumentace z odběru půdních vzorků (autor, 2017)



Pomůcky pro náběr vzorků – pedologická jehla, PE sáčky.



Detail na pedologickou jehlu s nabráným vzorkem.



Náběr vzorku V1 na koruně svahu.



Připravená váženka pro navážku vzorku.

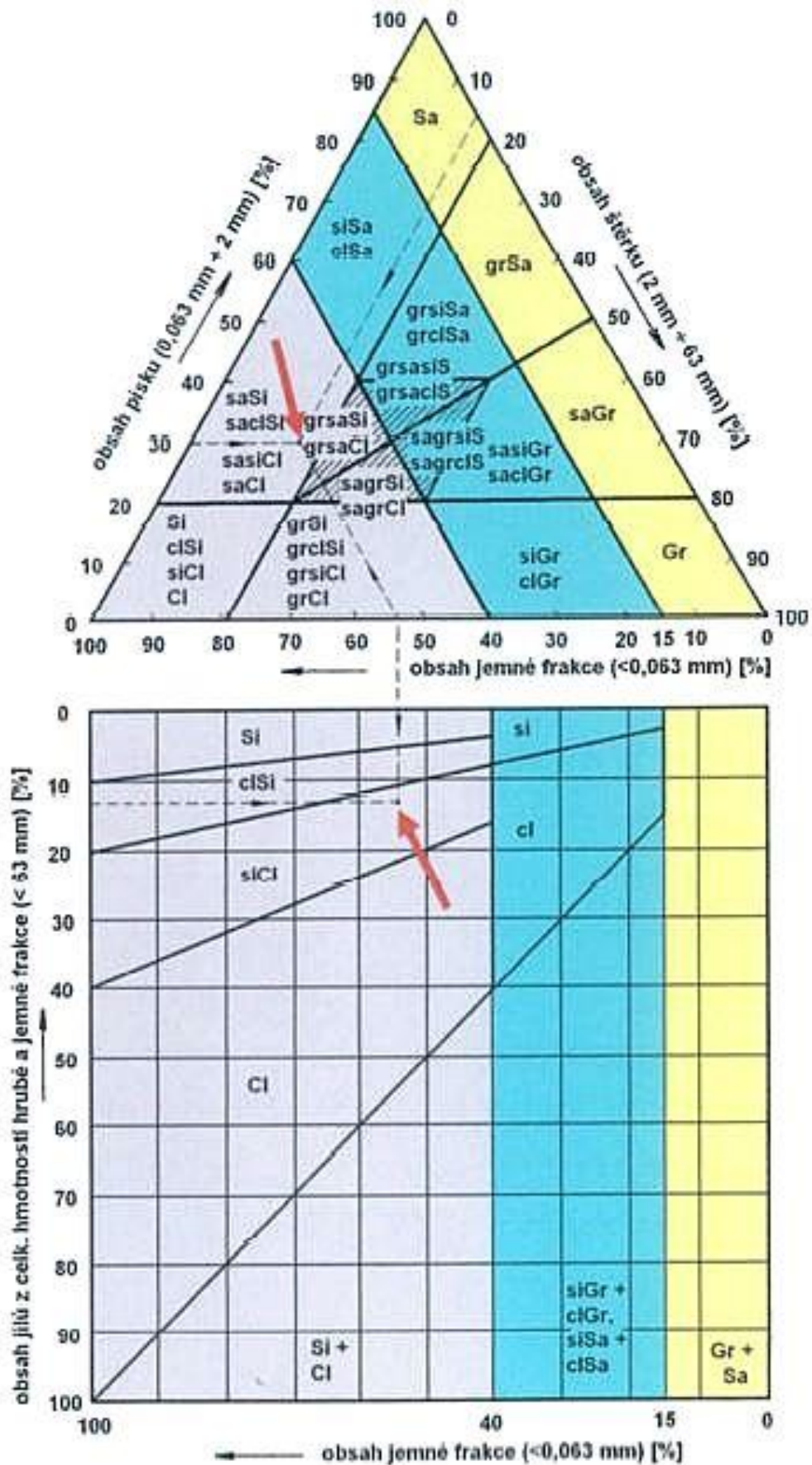


Zahřívání vzorků s dispergačním činidlem.

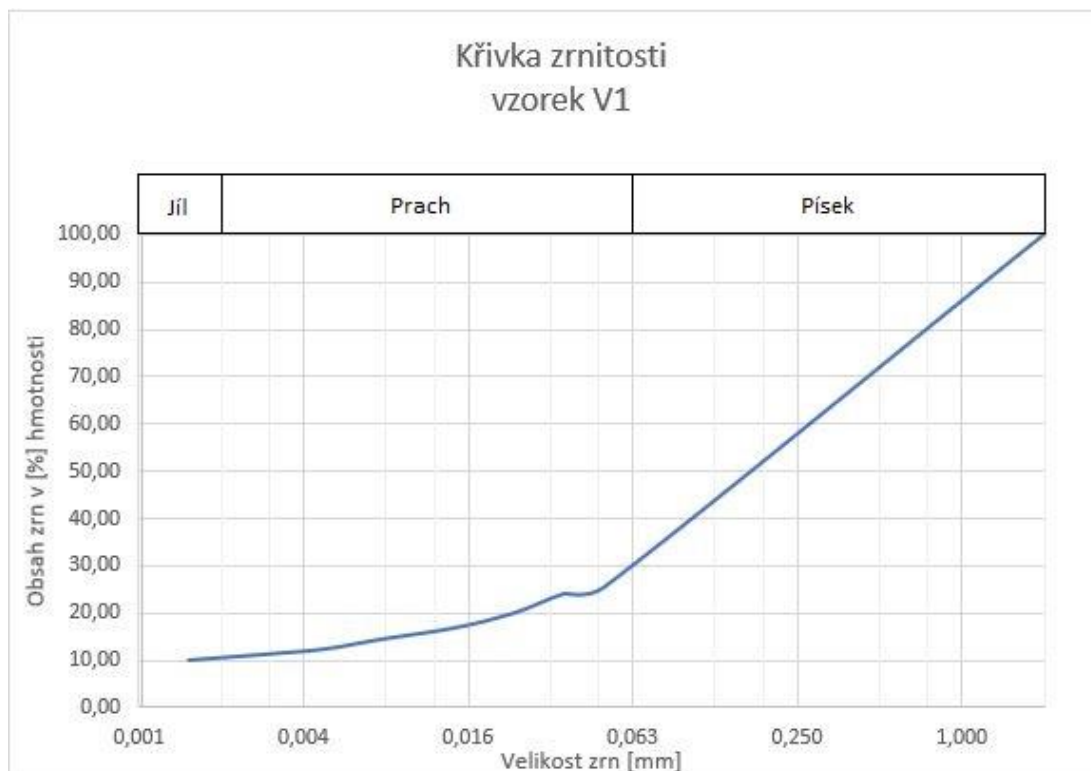


Měření v sedimentačních válcích.

Příloha 8: Diagramy pro zařídování zemín (ČSN EN ISO 14688-2)



Příloha 9 a: Křivka zrnitosti V1 (autor, 2017)

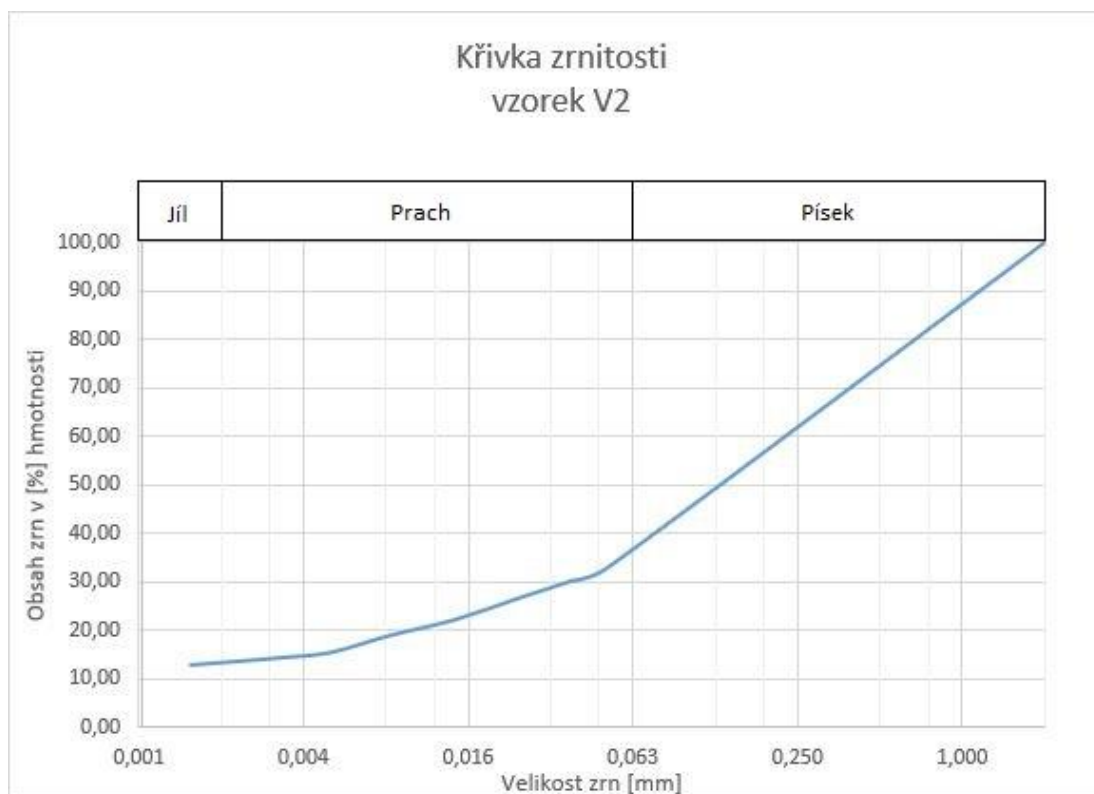


| Zastoupení frakcí ve vzorku |           |                     |                 |
|-----------------------------|-----------|---------------------|-----------------|
|                             | Jíl       | Prach               | Písek           |
| Složka                      | <0,002 mm | 0,002 mm - 0,063 mm | 2 mm - 0,063 mm |
| Podíl frakce [%]            | 10,3      | 18,7                | 70              |
| Podíl frakce jemnozem [%]   | 30        |                     |                 |

| Klasifikace        |      |                |
|--------------------|------|----------------|
| ČSN EN ISO 14688-2 | cISa | jílovitý písek |



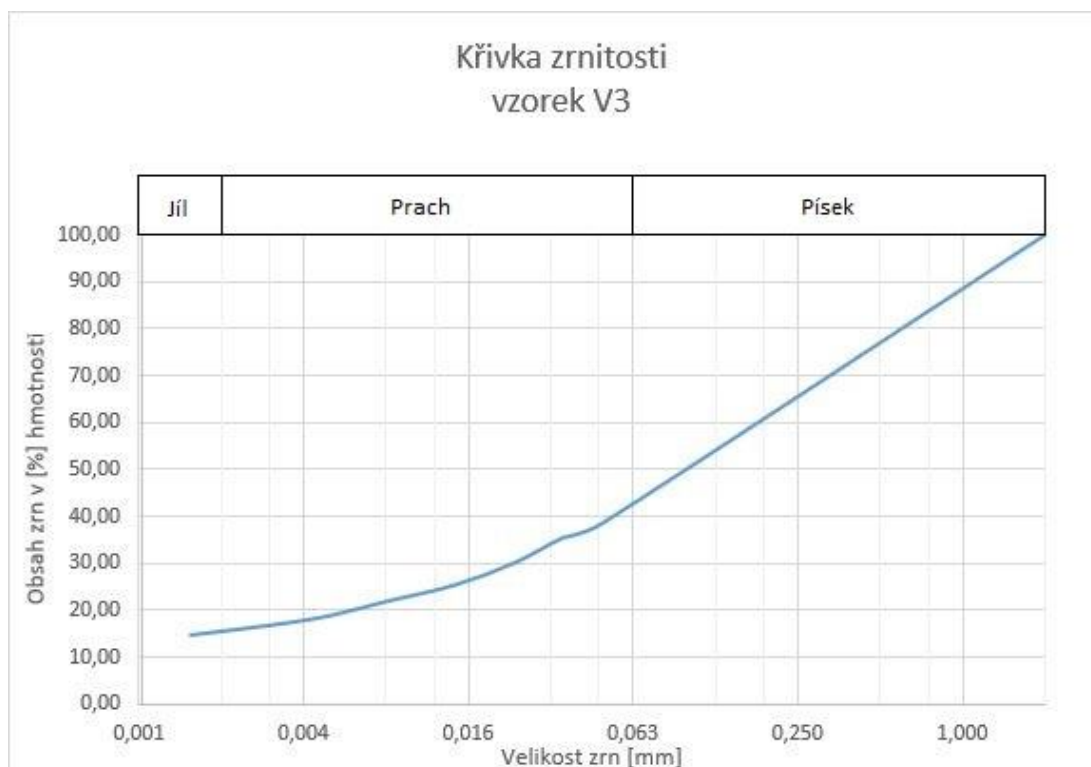
Příloha 9 b: Křivka zrnitosti V2 (autor, 2017)



| Zastoupení frakcí ve vzorku |           |                     |                 |
|-----------------------------|-----------|---------------------|-----------------|
|                             | Jíl       | Prach               | Písek           |
| Složka                      | <0,002 mm | 0,002 mm - 0,063 mm | 2 mm - 0,063 mm |
| Podíl frakce [%]            | 14        | 22,5                | 63,5            |
| Podíl frakce jemnozem [%]   | 36,5      |                     |                 |

| Klasifikace        |      |                |
|--------------------|------|----------------|
| ČSN EN ISO 14688-2 | clSa | jílovitý písek |

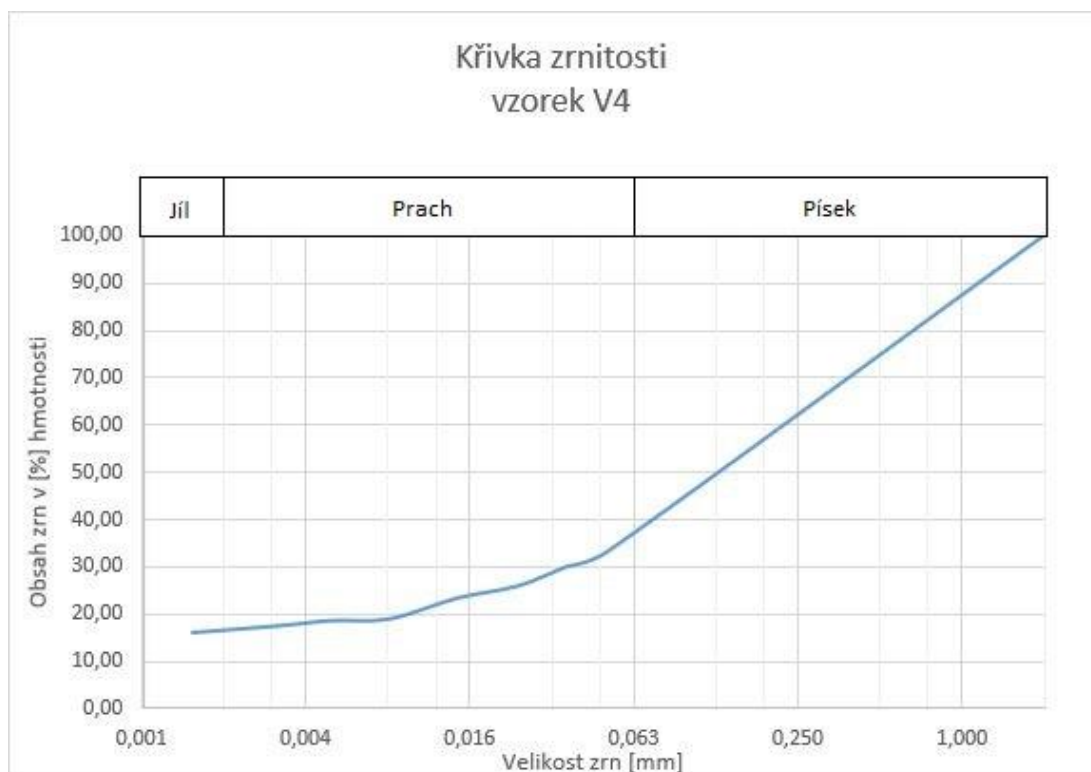
Příloha 9 c: Křivka zrnitosti V3 (autor, 2017)



| Zastoupení frakcí ve vzorku |           |                     |                 |
|-----------------------------|-----------|---------------------|-----------------|
|                             | Jíl       | Prach               | Písek           |
| Složka                      | <0,002 mm | 0,002 mm - 0,063 mm | 2 mm - 0,063 mm |
| Podíl frakce [%]            | 16        | 27                  | 57              |
| Podíl frakce jemnozem [%]   | 43        |                     |                 |

| Klasifikace        |        |                         |
|--------------------|--------|-------------------------|
| ČSN EN ISO 14688-2 | sasiCl | písčité prachovité jíly |

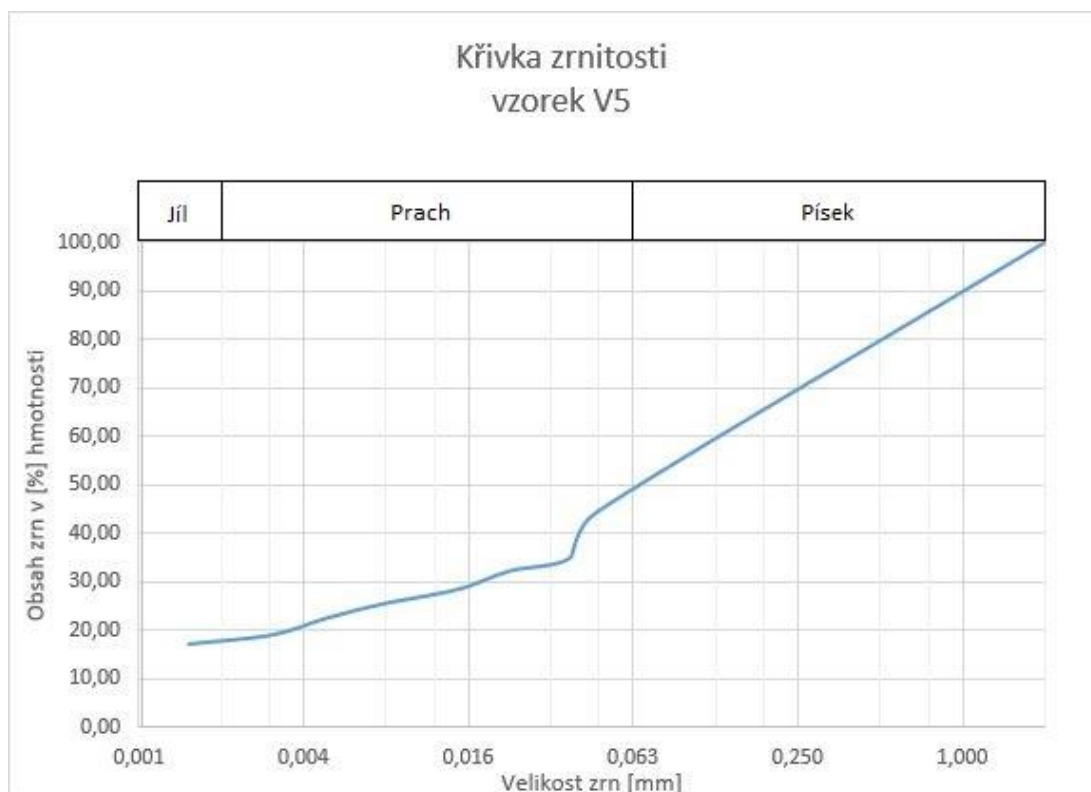
Příloha 9 d: Křivka zrnitosti V4 (autor, 2017)



| Zastoupení frakcí ve vzorku |           |                     |                 |
|-----------------------------|-----------|---------------------|-----------------|
|                             | Jíl       | Prach               | Písek           |
| Složka                      | <0,002 mm | 0,002 mm - 0,063 mm | 2 mm - 0,063 mm |
| Podíl frakce [%]            | 16,3      | 20,2                | 63,5            |
| Podíl frakce jemnozem [%]   | 36,5      |                     |                 |

| Klasifikace        |      |                |
|--------------------|------|----------------|
| ČSN EN ISO 14688-2 | clSa | jílovitý písek |

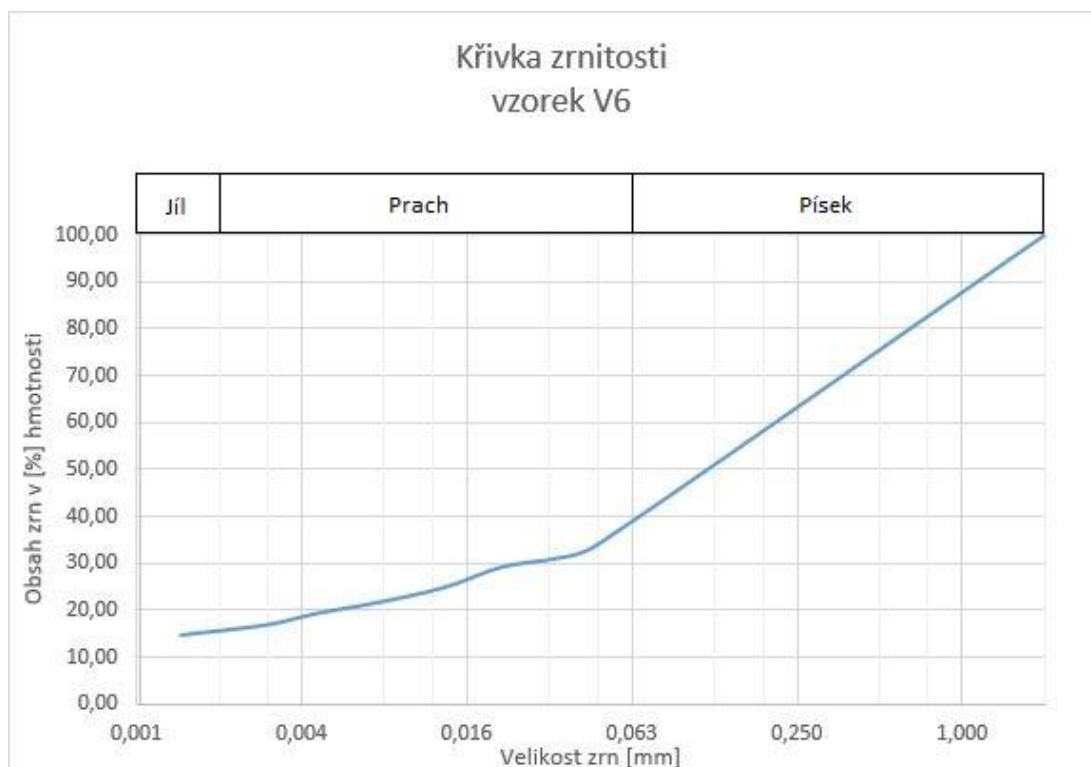
Příloha 9 e: Křivka zrnitosti V5 (autor, 2017)



| Zastoupení frakcí ve vzorku |           |                     |                 |
|-----------------------------|-----------|---------------------|-----------------|
|                             | Jíl       | Prach               | Písek           |
| Složka                      | <0,002 mm | 0,002 mm - 0,063 mm | 2 mm - 0,063 mm |
| Podíl frakce [%]            | 18        | 31,6                | 50,4            |
| Podíl frakce jemnozem [%]   | 49,6      |                     |                 |

| Klasifikace        |        |                        |
|--------------------|--------|------------------------|
| ČSN EN ISO 14688-2 | sasiCl | písčítý prachovitý jíł |

Příloha 9 f: Křivka zrnitosti V6 (autor, 2017)



| Zastoupení frakcí ve vzorku |           |                     |                 |
|-----------------------------|-----------|---------------------|-----------------|
|                             | Jíl       | Prach               | Písek           |
| Složka                      | <0,002 mm | 0,002 mm - 0,063 mm | 2 mm - 0,063 mm |
| Podíl frakce [%]            | 14,9      | 24,5                | 60,6            |
| Podíl frakce jemnozem [%]   | 39,4      |                     |                 |

| Klasifikace        |      |                |
|--------------------|------|----------------|
| ČSN EN ISO 14688-2 | clSa | jílovitý písek |