

OBSAH :

1.	Úvodní slovo ke sprašovým a jílovitým zeminám	3
2.	Jílovité zeminy, seznámení s problematikou vlivu vegetace na smršťování jílu	3
2.1	Vznik jílových částic.....	3
2.2	Základní charakteristiky jílu	4
2.3	Mechanické vlastnosti jílu	4
2.4	Smršťování, podstata smršťování	4
2.4.1	Průběh smršťování jílovitých zemin	5
2.4.1.1	Obecné závislosti	4
2.5	Vliv vegetace na smršťování jílu	5
2.5.1	Vliv vegetace na jíl pod základy budov a na vznik poruch na budovách	5
2.5.1.1	Vodní režim v půdě.....	5
2.5.1.2	Spotřeba vody stromy	6
2.5.1.3	Vliv evaporace, vliv transpirace	6
2.5.1.4	Faktory zvětšující účinky transpirace	6
2.5.1.5	Časový průběh porušování budov, příznaky vedoucí ke vzniku trhlin.....	7
2.5.1.6	Mechanismus porušování budov.....	7
2.5.1.7	Základní typy poruch vzniklých přítomností stromů v blízkosti objektů	8
2.5.1.8	Bobtnání.....	9
2.5.1.9	Inženýrsko-geologický průzkum pro stavby založené na vysoceplastických jílech	9
2.5.1.10	Rekonstrukce budov porušených smršťováním podzákladových jílu	10
2.5.2	Závěrečné zhodnocení a doporučení při zakládání objektů na objemově nestálých vysoceplastických jílech	10
3.	Sprašovité zeminy	12
3.1	Vznik Spraší.....	12
3.2	Fyzikální a mechanické vlastnosti spraší	12

3.2.1	Fyzikální vlastnosti	13
3.2.1.1	Granulometrické složení	13
3.2.1.2	Obsah uhličitanu vápenatého CaCO_3	13
3.2.1.3	Obsah humusu.....	13
3.2.1.4	Plasticita ve smyslu geotechniky	13
3.2.1.5	Přirozená vlhkost w_n	13
3.2.1.6	Číslo konzistence I_C	14
3.2.1.7	Stupeň nasycení S_r	14
3.2.1.8	Hustota pevných částic ρ_s	14
3.2.1.9	Hustota suché zeminy ρ_d	14
3.2.1.10	Pórovitost n	14
3.2.2	Mechanické vlastnosti.....	15
3.2.2.1	Prosedavost	15
3.3	Závěrečné zhodnocení a doporučení při zakládání objektů na spraších	17
4.	Příklady objektů postižených poruchami v důsledku založení na objemově nestálých zeminách. Přílohy jsou zpracovány na základě podkladů pana doc. Ing. Antonína Paseky, CSc.	18
4.1	Příklady poruch objektů založených na jílovité zemině	18
4.1.1	Bytová výstavba Brno – Lesná, ulice Jurkovičova a Loosova	18
4.1.1.1	Úvod.....	18
4.1.1.2	Přehled přírodních poměrů	18
4.1.1.3	Přehled příčin poruch objektů	19
4.1.1.4	Rozbor jedné z příčin poruch objektů – vliv vegetace.....	19
4.1.1.5	Návrh na náhradu vegetace	20
4.2	Příklady poruch objektů založených na spraších	24
4.2.1	Havárie rodinného domu v Moravských Bránicích	24
4.2.1.1	Geologie a hydrogeologie	26
5.	Seznam použitých zdrojů – Výběr ze seznamu	29
6.	Seznam použitých zkratk a symbolů - Výběr ze seznamu	31

1. ÚVODNÍ SLOVO KE SPRAŠOVÝM A JÍLOVITÝM ZEMINÁM.

Disertační práce se věnuje zakládání budov a následně vzniklých poruch staveb, které jsou založeny na objemově nestálých zeminách. Ve své práci se zaměřím na studium jílovitých a sprašovitých zemin.

Jílovité zeminy, v oblasti geotechnické praxe jsou jíly a jílovité zeminy pokládány za jednu z rizikových skupin z důvodů jejich specifického mechanického chování. V dalším textu přiblížím jejich mechanické vlastnosti související se smršťováním těchto zemin a upozorním na nebezpečí smrštění i vlivem odebrání vlhkosti kořeny stromů.

Spraše vznikaly v pleistocénu, do jejichž blízkosti dosahovalo kontinentální zalednění. Rozdrcené horniny, které po sobě zanechal ustupující ledovec, se v suché krajině bez vegetace staly snadnou kořistí větru, který vyval jemné částice na velké vzdálenosti. K usazování spraší docházelo především na závětrné straně hřbetů a údolí. Spraše jsou známé svým prosedáním při přístupu vody.

2. JÍLOVITÉ ZEMINY, SEZNÁMENÍ S PROBLEMATIKOU VLIVU VEGETACE NA SMRŠŤOVÁNÍ JÍLŮ

Jako jíl označujeme nepevněný pelitický sediment, který obsahuje vysoký podíl částic o velikosti pod 0,004 mm, většinou reprezentované jílovými minerály. Částice cementačního charakteru nepřevyšují 10 % a prachová nebo písková zrna jsou zastoupena pod 20 %. Ve složení převládají různé typy fylosilikátů, méně jsou zastoupeny karbonáty, křemen, živce nebo organické látky. Textura je nejčastěji masivní. Jílovité zeminy jsou skupinou zemin, která je charakterizována velkými objemovými změnami - při vysychání zmenšují svůj objem, smršťují se. Přirozeně toto smrštění není pod základy budov všude stejné, proto dochází k nerovnoměrným poklesům domů a v důsledku toho k poruchám, potrhání zdiva.

2.1 Vznik jílových částic

Svým vznikem jsou jílovité částice někdy nepřemístěným (v eluviích, např. v kaolinu), zpravidla však přemístěným produktem větrání horninových nerostů (živců, slíd apod.). Při větrání se uplatňují mechanické procesy, jako rozpad horniny účinkem nízkých teplot, mělníci účinek vody, u vzniku jílovitých částic je třeba i chemických změn nerostů.

Jíly můžeme rozdělit podle několika kritérií.

- **Z mineralogického hlediska můžeme podle převládajícího fylosilikátu rozlišit např. tyto horniny :** Kaolinový jíl, illitový jíl, montmorillonitový jíl (adsorpční a výměnná schopnost tohoto jílu je mimořádně vysoká. Jíly, které obsahují velké procento částic skupiny montmorillonitu, jsou význačné bobtnáním a smršťováním).

- **Podle mechanismu vzniku můžeme jíly rozdělit na dvě velké skupiny :**

Reziduální jíly - vznikají zvětráváním hornin na místě, zpravidla v podmínkách subtropického a tropického klimatu.

Přemístěné jílové sedimenty - vznikají přenosem jílových klastů do sedimentační pánve, zpravidla spolu s prachovitým nebo písčitém materiálem a významně zastoupenou chemogenní a biogenní složkou.

2.2 Základní charakteristiky jílu

Jílovité zeminy a jejich hlavní představitel jíly, jsou zeminy, u nichž převážná část zrn je menší než 0,005 mm. U zrn menších než 0,05 mm se začínají uplatňovat povrchové elektromolekulární síly a jejich účinek vzrůstá s klesajícím rozměrem zrn. Kromě rozměru zrna se však významně uplatňuje i mineralogické složení (jíly při stejném zrnitostním složení a stejné vlhkosti se mohou chovat odlišně).

2.3 Mechanické vlastnosti jílu

Jílovité zeminy mají určitou soudržnost, tvárlost, která se zmenšuje s klesající vlhkostí a u suché zeminy zaniká. Obecně je možné říci, že jílovitá zemina je tím pevnější, čím méně vody obsahuje a také její stlačitelnost bude menší. Proto nejdůležitější vlastností těchto zemín je jejich vlhkost.

2.4 Smršťování, podstata smršťování

Smršťování lze označit jako jednu z výrazných vlastností jílu. Smršťování je přisuzováno vlivu podtlaku pórové vody, tento jev může být způsoben **evaporací** (= výpar vody ze zeminy) nebo **transpirací** (= odsání vody kořeny). Celý proces objemových změn je velice složitý a při jeho řešení musíme zjišťovat změnu vlhkosti, hloubkový účinek, časový faktor.

2.4.1 Průběh smršťování jílovitých zemin

2.4.1.1 Obecné závislosti

Smršťování zemin je zmenšování jejich objemu při snižování vlhkosti za normálních podmínek (teploty a tlaku) a je vysvětlováno existencí podtlaku v pórové vodě. Na smršťování mají vliv částice nejmenší, tj. částice o rozměru koloidů. Zmenšování vlhkosti zemin je tedy provázáno zvyšováním stupně konzistence.

Zároveň je však u jílu provázáno i smršťováním, které je charakterizováno změnou objemu a mezi smršťování. Tato mez ve srovnání s Attebergovými konzistenčními mezemi představuje zcela odlišnou charakteristiku a neexistují mezi nimi přímé vazby.

2.5 Vliv vegetace na smršťování jílu

Vzrostlá zeleň ve městech plní celou řadu funkcí, které jsou významné pro lidský organizmus. Na jedné straně je možné zmínit funkci kulturní čili například estetickou, na straně druhé funkci biologickou. Příznivé vlastnosti vzrostlé zeleně na člověka se ovšem mohou uplatňovat jen tehdy, jestliže zeleň v bytové výstavbě je v dobrém funkčním stavu.

Projekt každé výstavby, se zelení nově vysazovanou nebo již dříve existující, by měl obsahovat část zabývající se zajištěním existenčních podmínek dřevin a to s ohledem na stabilitu systému strom – budova, je-li předpoklad, že se zeleň bude vyskytovat v blízkosti stavby. Zásadní je zejména zajištění nezbytného životního prostoru, dostatku živin a srážkové vody. To vše musí být řešeno s ohledem na růstovou dynamiku dřevin.

2.5.1 Vliv vegetace na jíl pod základy budov a na vznik poruch na budovách

V této kapitole se zaměřím na problémy, které jsou spojené s vysoušením jílu kořeny stromů a tímto vyvolaným změnám – smršťování. Chci poukázat na často zanedbávanou skutečnost související s umístěním zeleně, tedy jejich uspořádání ve vztahu k objektům.

2.5.1.1 Vodní režim v půdě

Fyzikální a mechanické vlastnosti jílu jsou výrazně závislé na vlhkosti. Vlastnosti nejsou stálé a jejich proměnlivost lze orientačně posoudit z vodního režimu půdy, stanoveného na základě vodní bilance.

Úbytek vody v půdě nastává tedy primárně evaporací, transpirací, povrchovým a podzemním odtokem vody. Sekundárně pak zmenšením srážek a snížením dotace z jiných povrchových a podzemních zdrojů.

2.5.1.2 Spotřeba vody stromy

Vzrostlé stromy potřebují ke svému vegetačnímu růstu značné množství vody. Vegetační období trvá v našich podmínkách zhruba od druhé poloviny dubna do konce října. Průměrná denní spotřeba vody stromem je odhadována na 150 l, tato hodnota je vztažena na 1 m³ zeminy, a číslo představuje snížení vlhkosti o 10 %. Jestliže maximální denní spotřeba vody stromu v průběhu vegetačního období činí zhruba dvojnásobek průměrné, tedy 300 l/den, pak odsáním tohoto množství vody lze za jeden den vysušit až na mez smrštění okolo 1,67 m³ zeminy.

Na základě výše uvedeného je patrné, že v případě, kdy se stromy nacházejí v blízkosti budov, může dojít k významnému odebrání vody kořeny z podzákladí a tímto k ohrožení statické funkce samotné konstrukce stavby.

2.5.1.3 Vliv evaporace, vliv transpirace

Všeobecně se uvádí, že vliv evaporace v našich klimatických a geologických podmínkách dosahuje zhruba do hloubky **1,5 až 2,0 m**, hlouběji jen zcela výjimečně.

Transpirace stromů způsobuje podstatně intenzivnější vysychání zeminy. Hloubka, do které se může uplatňovat vliv transpirace, tedy odsání vody kořeny, se pohybuje v hodnotách i **okolo 10 m**.

2.5.1.4 Faktory zvětšující účinky transpirace

Poruchy, které se na budovách vyskytují vlivem transpirace stromů, jejich rozsah a velikost jsou závislé především na druhu stromů, jejich vzrůstu, fyziologickém stavu, jejich koncentraci a uspořádání v blízkosti budov a na řadě dalších faktorů :

1. Geologické poměry
2. Umělé zásahy do stavu hladiny podzemní vody
3. Evaporace
4. Charakter povrchu terénu u objektů a stromů - jedná se o případ, kdy část okolního terénu je upravena nepropustným krytem. V tomto případě mám na mysli asfalt, beton, zpevněné plochy například chodníky.

5. Klimatické období

6. Vliv činnosti člověka - jedná se o problém, kdy dochází například k vysoušení zeminy v místě tepelného vedení – teplovody.

7. Vliv konstrukčního uspořádání objektů - objekty bez řádně vyztužených ztužujících obvodových věnců se porušují trhlinami podstatně dříve a více než budovy, které tímto věncem jsou ztuženy

2.5.1.5 Časový průběh porušování budov, příznaky vedoucí ke vzniku trhlin

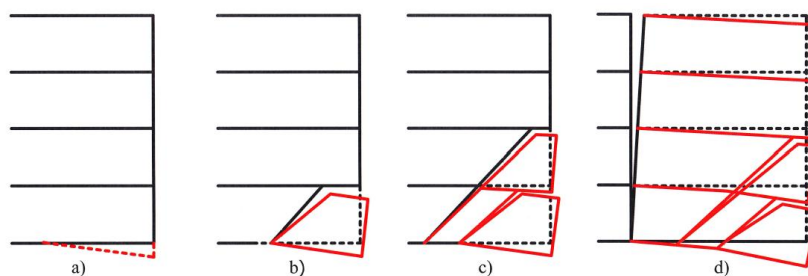
Poklesy, rozevírání trhlin a vodorovné posuny, probíhají ve vegetačním období a mimo toto období zůstávají trhliny ustálené, aby s následujícím vegetačním období a snížené dotaci vody (srážek), znovu mohly narůstat. Nejedná se o rychlé deformace a samotný proces lze označit jako dlouhodobý.

Jestliže vezmeme v úvahu následky poklesu staveb, sanace trhlin, celkové opravy objektů, nabízí se přirozená otázka, zda je možné těmto poruchám zabránit. Na základě praktických zkušeností z Brněnské oblasti lze některé znaky rozpoznat a tímto se snažit následným poruchám předejít vhodným opatřením.

2.5.1.6 Mechanismus porušování budov

Nachází-li se stavební objekt přímo v oblasti vznikající poklesové kotliny, dochází k poklesu a případně k rozevření základové spáry s následným porušením budovy (obr. 1).

Obr. 1 Mechanismus porušování objektu v důsledku smrštění podzákladové zeminy:



a .. původní stav objektu, rozevřená základová spára

b .. poruchy v nejnižším podlaží, pokles a pootočení nejnižší části

c .. šíření poruch do vyšších podlaží

d .. vznik průběžné svislé trhliny objektem

Poklesová kotlina v celém plošném rozsahu a celé hloubce nevzniká naráz, ale postupně. Jakmile poklesová kotlina přesáhne obrys půdorysu domu, jeho část včetně základů se vynáší nad poklesovou kotlinou a rozevřenou základovou spáru jako konzola.

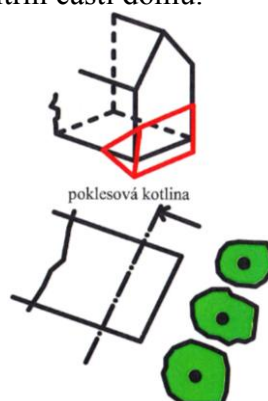
V konstrukci vzniká kombinace ohybu s tahem, jemuž samotná konstrukce vzdoruje svou pevností. Jakmile dojde k takovému posunu okraje poklesové kotliny pod budovou, že konstrukce objektu svou pevností není schopna přenášet namáhání od konzolovitě vyložení, poruší se roztržením v rovině největšího namáhání. Jestliže se rozsah poklesové kotliny dále zvětšuje, dochází ke stavu, že se konstrukce v staticky nejslabším místě roztrhne průběžnou svislou trhlinou ve stěnách i střepech, která způsobí naklonění celé utržené části objektu.

2.5.1.7 Základní typy poruch vzniklých přítomností stromů v blízkosti objektů

1. Osamělý strom nebo skupina stromů u nároží budovy způsobí jeho utržení v šikmých trhlínách v obou stýkajících se stěnách



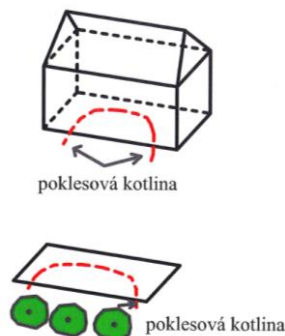
2. Skupina stromů podél celé jedné stěny budovy způsobuje utržení a následně poklesy této stěny a přilehlé vnitřní části domu.



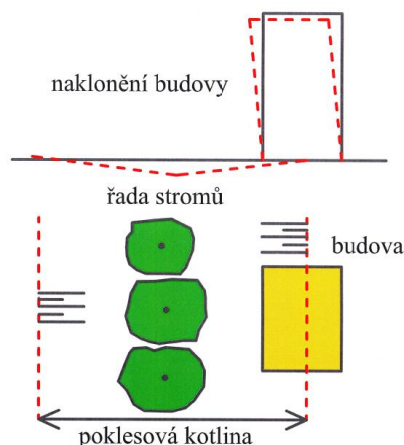
3. Skupina stromů se nachází v blízkosti obou štítových stěn domu.



4. Skupina stromů je vysazena podél části jedné budovy. Toto uspořádání způsobuje pokles této části budovy, šikmé trhliny v příčných stěnách a charakteristické vysunutí spodního utrženého zdiva ven z budovy.



5. Dalším příkladem je případ, kdy je budova umístěna rovnoběžně s liniově uspořádanou skupinou stromů.



2.5.1.8 Bobtnání

Bobtnání není jako smršťování přímo způsobováno stromy, ale může k němu dojít například v souvislosti s vykácením stromů z míst, kde stromy snižují nepotřebnou vlhkost v zemině.

Vliv bobtnání na vznik poruch na budovách je však podstatně menší než vliv smršťování. Z technického hlediska, ale zatížené jíly bobtnají teprve tehdy, až bobtnací tlak překoná napětí od zatížení budovou.

2.5.1.9 Inženýrsko-geologický průzkum pro stavby založené na vysoceplastických jílech

V Českých podmínkách, může dojít ke smrštění základové půdy popřípadě k jejímu bobtnání, jen v případě, že se v podzákladí nachází jíl s vysokou plasticitou. V oblastech, kde se nacházejí smršťitelné základové půdy, je třeba standartní inženýrskogeologický průzkum rozšířit o řadu zkoušek. Vliv vegetace je třeba posuzovat individuálně.

2.5.1.10 Rekonstrukce budov porušených smršťováním podzákladových jílů

Opravy a rekonstrukce budov porušených nerovnoměrným smršťováním podzákladových jílů, vyvolaným odsáváním vody kořeny stromů, nejsou bohužel jednoduchou a hlavně levnou záležitostí. Aby bylo možné vypracovat správný technologický projekt a postup, je potřeba mít k dispozici co nejúplnější a nejpřesnější podklady :

- a) Je nutné zajistit **úplnou projektovou dokumentaci objektu.**
- b) Provedení **sekundárního průzkumu**, který bývá zaměřen na zjištění všech vzniklých poruch, jejich předběžný rozbor a vytipování možných mechanismů porušení. Na základě jeho závěrů se stanoví požadavky na doplňující inženýrsko-geologický průzkum. Jestliže se potvrdí vznik poruch v důsledku smršťování jílů, je často žádoucí seznámení s hydrometeorologickými údaji a to za delší časové období.

V případě, že se prokáže, že poruchy na budovách vznikly vysycháním a smršťováním podzákladových jílů, je nutné upřesnit rozsah jednotlivých vlivů, tedy **vliv transpirace, evaporace, podzemního a povrchového odtoku**, atd. Na základě celkového zhodnocení příčin poruch je možné přikročit k vypracování návrhu nezbytných opatření.

V dalším textu se budu věnovat podrobnějšímu popisu opatření, jejichž výsledkem by měl být rekonstruovaný objekt, bez poruch.

- 1) První soubor opatření - opatření má za úkol odstranění samotných příčin, na základě kterých došlo k deformaci konstrukce - dochází ke stabilizaci vlhkostních poměrů v podzákladí budovy.
- 2) Druhý soubor opatření – konstrukční opravy objektů - vlastní konstrukční opravy samotného objektu, jejich rozsah, jsou závislé na řadě okolností. Velmi důležitým krokem před samotným návrhem konstrukčních oprav je zhodnotit současný stavební stav budovy a ekonomický smysl opravy objektu. V neposlední řadě je potřeba se zaměřit na kontrolu, případnou opravu instalačních vedení, zkontrolovat stav omítek, oken, dveří.
- 3) Třetí soubor opatření – opravený objekt je potřeba nějakou dobu odborně sledovat, aby bylo možné potvrdit, že provedená stavební opatření splnila svůj účel.

2.5.2 Závěrečné zhodnocení a doporučení při zakládání objektů na objemově nestálých vysoceplastických jílech

Budovy porušené nerovnoměrným smršťováním jílů s různě pokleslými stropy a se značně potrhaným zdivem vzbuzují u veřejnosti obavy ze zřícení. Vysycháním a smršťováním jílů dojde sice k poklesu základové spáry, současně však paradoxně dojde ke zlepšení jejich fyzikálních a mechanických vlastností.



Je tedy patrné, že není třeba se obávat zřícení budovy, ale samozřejmě u takto porušených budov se dají očekávat jiná nebezpečí. Za velmi nebezpečné je možné pokládat různá instalační vedení.

Logickým krokem je tedy snaha těmto poruchám a **následným škodám předcházet.**

Doporučuji tedy dodržovat následující pravidla :

- a) Bez podrobných inženýrsko-geologických a biologických studií by neměly být listnaté stromy vysazovány blíže k budovám než je **2,5 násobek jejich budoucí výšky**. V případě jehličnatých stromů je tato vzdálenost snížena na **jednonásobek jejich budoucí výšky**. Dalším případem může být liniové uspořádání stromů, zde je doporučena vzdálenost **1,5 – 2,0 násobek budoucí výšky zeleně**.
- b) Při projektování bytových domů, velké zástavby, je nutné vždy ozelenění konzultovat s odborníky z inženýrské geologie a lesnické.
- c) V projektových dokumentacích by měla být zaznamenána místa, hloubky a přibližně vydatnosti všech přirozených i umělých vodních zdrojů a to i s prognózou do budoucna.
- d) Zvláštní pozornost by se měla věnovat skutečnosti, kdy povrchová voda se může hromadit v depresích na povrchu terénu a v suchých obdobích působit nepříznivě zvýšenou vlhkostí.
- e) Mají-li být stromy z jakéhokoliv důvodu osazeny v blízkosti objektů, je možné odvrátit směr pronikání kořenů nepropustnou membránou. Jedná se ale o výjimečný případ.



3. SPRAŠOVITÉ ZEMINY

Spraš je sedimentem pleistocénu a tvoří velmi problematickou základovou půdu.

3.1 Vznik Spraší

Vznik spraše se datuje do čtvrtohor. V ČR jsou spraše hlavně na jižních svazích. Ze svahů byly později odplaveny do nížin, kde tvořily sprašové hlíny. Z odborného hlediska lze spraš definovat jako klastický sediment eolického původu. Za hlavní složku je považován jemný křemitý prach (křemen, živec a slída; Typická světlá okrová barva je připisována oxidu železa.

Spraše jsou velmi propustné (ve svislém směru až 50 x více než ve směru vodorovném) a srážky se v nich z velké části vsakují do hloubky.

Šajgalík, Modlitba (1983) na základě studia spraší poddunajské nížiny a ostatních oblastí dřívějšího Československa dospěli k názoru, že sprašové sedimenty v zásadě je možné rozdělit na dvě kategorie :

1) Spraše

2) Sprašoidní nebo spraším příbuzné zeminy

Ad 1 - Spraše jsou eolické prachové křemité sedimenty s převládajícím zrnitostním složením od 0,005 – 0,063 mm, makropórovité více nebo méně vápnité a zpravidla prosedavé.

Ad 2 - Sprašoidní zeminy mají obdobnou morfologii a habitus jako spraše, ale jejich geneze má odlišný charakter. Mezi ně také počítáme sedimenty, které vznikly činností větru a nebyly zesprašované, anebo zesprašované zeminy různé geneze či resedimentované, nejčastěji přeplavené spraše. Mají větší procentuální zastoupení jílových minerálů, menší obsah uhličitánů, menší pórovitost přičemž makropórovitost se vyskytuje zřídka. Nejsou prosedavé.

3.2 Fyzikální a mechanické vlastnosti spraší

Problematiku zakládání na spraších a sprašových zeminách budeme studovat na některých sprašových sedimentech, které jsou uloženy v Brněnské kotlině.

3.2.1 Fyzikální vlastnosti

3.2.1.1 Granulometrické složení

Spraše a sprašové hlíny jsou v území Brněnské kotliny výrazné a eolické sedimenty s charakteristickým granulometrickým složením. Například v lokalitách Žabovřesky, Jundrov, Medlánky jsou typickou složkou eolických sedimentů minerální částice o průměry 0,001 – 0,05mm, jejichž obsah se pohybuje v rozmezí 35 – 60 %. Druhou složku tvoří částice o průměru 0,01 mm v rozmezí 25 – 55 %. Hrubší granulometrické podíly (0,05 – 2,00 mm) jsou zastoupeny 5 – 25 %.

3.2.1.2 Obsah uhličitanu vápenatého CaCO_3

Obsah CaCO_3 byl zjištěn ve spraších Brněnské kotliny v celkovém průměrném množství 8 – 15 %.

Obsah karbonátů ve spraších má velký význam, ale jejich vznik a vzájemná závislost nejsou dosud dostatečně vysvětlené. Všeobecně se uvádí, že různé druhy, formy a chemické složení karbonátů ve spraších ovlivňuje jejich vlastnosti.

3.2.1.3 Obsah humusu

Obsah humusu ve spraších se nalézá v rozmezí 0,1 – 0,4 %. Nejméně humusu je zpravidla na bázi sprašových vrstev a směrem nahoru se mírně zvyšuje. Ve fosilních půdách je nejvíce humusu obsaženo v černozemích a to v rozmezí 1,8 – 2,3 %, méně pak v hnědozemích v hodnotách 0,3 – 0,6 %, v červenozemích je pak obsah humusu jen 0,1 – 0,2 % (J. Pelíšek, 1983).

3.2.1.4 Plasticita ve smyslu geotechniky

Podle diagramu plasticity, tj. podle vztahu meze tekutosti w_L a čísla plasticity I_p sprašové sedimenty z oblasti Brněnské kotliny jsou středně plastické.

3.2.1.5 Přirozená vlhkost w_n

Spraše mají zpravidla nižší průměrnou vlhkost než jiné soudržné zeminy.

Tab. 4 Hodnoty charakterizující přirozenou vlhkost spraší Brněnské kotliny

Lokalita	Žabovřesky	Jundrov	Medlánky
průměrná (%)	17,9	19,5	19,5
minimální (%)	13,1	12,4	13,5
maximální (%)	21,3	22,9	24,5

3.2.1.6 Číslo konzistence I_C

Čísla konzistence se pohybují v hodnotách kolem 1,0 a výše, lze tedy odvodit, že konzistence spraší Brněnské kotliny je převážně pevná.

3.2.1.7 Stupeň nasycení S_r

Hodnoty stupně nasycení v lokalitě Brněnské kotliny se pohybují od 63 – 85%, lze tedy z tohoto usuzovat, že sprašová zemina je schopna přijímat značné množství vody.

3.2.1.8 Hustota pevných částic ρ_s

Hodnoty hustoty pevných částic uvádí tabulka 5. Průměrné hodnoty hustoty pevných částic nevykazují podstatnější rozdíly.

Tab. 5 Hodnoty hustoty pevných částic

Lokalita	Žabovřesky	Jundrov	Medlánky
průměrná ρ_s (kgm^{-3})	2 771	2 774	2 740
minimální ρ_s (kgm^{-3})	2 724	2 755	2 729
maximální ρ_s (kgm^{-3})	2 858	2 786	2 760

3.2.1.9 Hustota suché zeminy ρ_d

Hustota suché zeminy se určí vysušením do stálé hmotnosti při 105°C.

Tab. 6 Hustota suché zeminy

Lokalita	Žabovřesky	Jundrov	Medlánky
průměrná ρ_d (kgm^{-3})	1 650	1 606	1 583
minimální ρ_d (kgm^{-3})	1 513	1 515	1 411
maximální ρ_d (kgm^{-3})	1 852	1 736	1 731

3.2.1.10 Pórovitost n

Mezi nejdůležitější vlastnosti spraší patří také pórovitost. Podmiňují ji jednak obyčejné póry, které se mezi zrny zeminy vytvářejí a jednak póry tabulárního tvaru (makropóry).

Tab. 9 hodnoty pórovitosti v lokalitách Brněnského masivu

Lokalita	Žabovřesky	Jundrov	Medlánky
průměrná n (%)	40,2	46,8	42
minimální n (%)	35,3	36,1	35
maximální n (%)	47,6	50,6	45

3.2.2 Mechanické vlastnosti

3.2.2.1 Prosedavost

Tato vlastnost je vázána v zásadě pouze na spraše a sprašovité zeminy. Definujeme ji jako schopnost zemin náhle redukovat svůj objem v důsledku provlhčení a svislého přetížení.

Určení prosedavosti

U náchylných zemin se prosedavost zjišťuje zkouškou neporušeného vzorku v edometru. Prosedavé jsou zeminy, u kterých je prosednutí po nasycení větší než 1% výšky vzorku před nasycením při konzolidačním tlaku, odpovídajícímu součtu tíhy nadloží a průměrného přetížení od stavby.

Podmínky a faktory prosedavosti spraší

Dle **Lysenka (1972)** se jedná o faktory :

Vnitřní faktory – tyto souvisejí s faciálně-genetickými podmínkami vývoje a s celkovou vnitřní stavbou spraše (geneze, geomorfologická pozice, obsah rozpustných solí, zrnitost, pórovitost, přirozená vlhkost zeminy).

Vnější faktory – jejich existence přímo nesouvisí se sprašemi (smykové napětí, hladina podzemní vody, chemismus vody, infiltrační proudění).

Mechanismus procesu prosedání a zřícení struktury spraší (kolaps spraše)

Jak již bylo zmíněno v dřívějších kapitolách, prosedavost je společnou vlastností zemin s velkou pórovitostí, jenž póry nejsou vyplněny vodou. O spraších je známo, že kromě kapilárně vázané vody obsahují i vodu pohyblivou kapilární vodu. Lze říci, že snadné pronikání této vody do zeminy zcela mění vztahy.

Další skupinou, jenž má vliv na prosedavost, je vliv infiltrace vody na přesun strukturálních prvků, tj. zrn na hutnější formu.

Proces samotného prosedání je možné rozdělit do 3 fází :

1. Fáze = fáze destrukce struktury. Zde se mohou uplatnit buď chemické (rozpouštění), fyzikální (rozpad meniskových a kapilárních sil) anebo mechanické (smykové síly na stmelených kontaktech) faktory. V této fázi zpravidla nevzniká destrukce objektů. Dochází zpravidla k oslabování strukturních vazeb.

2. Fáze = fáze zhutnění. V této fázi se uplatňuje hlavně gravitace, infiltrace a smykové síly. Dochází k maximální deformaci postiženého souvrství zeminy a toto vyvolá destrukci objektu.

3. Fáze = fáze dotvarování. Dotvarování spraší lze chápat jako postupnou změnu struktury při zatížení větším než asi 2/3 vnitřní pevnosti, např. při trvalém vyluhování uhličitánů z prosednutého souvrství, v důsledku čehož se prosedání neustále aktivuje. U této vazby ale zároveň dochází k obnově strukturních vazeb skeletu zeminy.

Závěrem lze říci, že rozhodující pro vznik procesu prosedání je třeba považovat první fázi.

ČSN 73 1001 zavádí podobná kritéria související s prosedáním jemnozrnných zemín. Jedná se o následující body :

- a) *Zemina je eolického původu*
- b) *Obsah prachové složky je větší než 60 % hmotnosti suché zeminy*
- c) *Obsah jílovité složky je menší než 15 % hmotnosti suché zeminy*
- d) *Stupeň nasycení S_r je menší než 0,7 %; mez tekutosti $w_L < 32$ %*
- e) *Pórovitost n je větší než 40 % a současně vlhkost w je menší 13 %*

A. Paseka (1 93) studoval objemové změny od zkosu při níž se pevnost zeminy náhle (relativně) zmenší a teprve při větších zkosech se začne opět zvětšovat. Toto chování nebylo předtím dostatečně objasněno a jeho neznalost vedla (a může i v budoucnu vést) k neočekávaným poruchám staveb.

Většina výzkumů prosedavosti spraší je založena na zkouškách provedených oedometrickým přístrojem. Ukázalo se však, že pro studium tohoto jevu je důležité použití tříosého přístroje. Příklad náhlého zřícení struktury spraší byl studován pomocí trojosých zkoušek na lokalitě Brno – Žabovřesky, kde základovou půdu pětipodlažních budov tvoří prosedavé sprašové sedimenty. Více informací je podáno v textu disertační práce.

3.3 Závěrečné zhodnocení a doporučení při zakládání objektů na spraších

Zeminy s velkou pórovitostí tvoří skupinu látek, jimž je v současných geotechnických studiích věnována velká pozornost.

Většina výzkumů prosedavosti spraší je založená na zkouškách provedených oedometrickým přístrojem, ukázalo se však, že tyto zkoušky nejsou **zcela výstižné** (A. Paseka, 1993).

Navrhování staveb ve sprašových oblastech **musí respektovat následující pravidla**, neboť při jejich nedodržení může docházet u jemnozrnných zemin k prosedání s následnými poruchami objektů :

- *zemina je eolického původu*
- *obsah prachové složky je $> 60 \%$ hmotnosti suché zeminy*
- *stupeň nasycení S_r je $< 0,7$; mez tekutosti w_L je $< 50 \%$*
- *pórovitost $n > 40 \%$ a současně vlhkost $w < 20 \%$*
- *při projektech násypů nebo lehčích staveb na skloněných územích nevycházet z předpokladů, že nenasyčená zemina na svahu nemůže být namáhána většími smykovými napětími, než jsou dána úhlem sklonu svahu α . A že tedy stupeň bezpečnosti svahu F je dán poměrem $\tan \varphi / \tan \alpha$, kde φ je úhel pevnosti zeminy. Zmenšující se objem při zkosu a kluzu, zvláště po navlhčení, dodává další energii k vývoji kluzových jevů*
- *provádět podrobný průzkum smykové pevnosti. Pokud by tento požadavek nebylo možné včas splnit, nepřipustit větší úhel smykového namáhání než 10°*
- *větší odkryté plochy sprašových zemin by měly být zřizovány se spádem min. 2% a chráněny málo propustným pokryvem po dobu výstavby. Zabezpečit je tak, aby nevznikla zamokřená místa. Vyvarovat se zřizování vodorovných ploch*
- *inženýrské sítě v objektu vedoucí vodu, uložit do kolektoru s řádným drenážním systémem*

V budoucnu bych se ráda dále zapojila do řešení uvedených otázek a to jak u zemin jílovitých, tak u spraší, jakmile se mně podaří zajistit finanční prostředky, které jsou tolik nezbytné pro provedení potřebných zkoušek a výpočtů s použitím MKP.

Následné problémy lze samozřejmě řešit i při zkoumání příčin poruch objektů na podkladě objednávky investora, ale bohužel i zde se ve své praxi setkávám s vlivem současné finanční krize a tím i s určitou neochotou stavebníka tyto zkoušky financovat.

4. PŘÍKLADY OBJEKTŮ POSTIŽENÝCH PORUCHAMI V DŮSLEDKU ZALOŽENÍ NA OBJEMOVĚ NESTÁLÝCH ZEMINÁCH. PŘÍLOHY JSOU ZPRACOVÁNY NA ZÁKLADĚ PODKLADŮ PANA DOC. ING. ANTONÍNA PASEKY, CSc.

4.1 Příklady poruch objektů založených na jílovité zemině

4.1.1 Bytová výstavba Brno – Lesná, ulice Jurkovičova a Loosova

4.1.1.1 Úvod

V Brně ve čtvrti Lesná, na ulicích Jurkovičova a Loosova začaly se objevovat poruchy budov již dva roky po jejich výstavbě, tj. v roce 1969. Poruchy budov se projevovaly trhlinami ve zdivu, průběh těchto trhlin byl převážně šikmý, méně pak svislý a vodorovný. Dále pak byly pozorovány utržené rohy budov a problematické zavírání oken a dveří. Poškozené budovy mají plošné založení na základových patkách a pasech. Jejich poloha je patrná z obr. č 2.

4.1.1.2 Přehled přírodních poměrů

Studované území náleží do Adamovské vrchoviny, která je podcelkem celku Dražanské vrchoviny patřící do podsoustavy Brněnské vrchoviny. Uzávěry drobných, proti svahu prstovitě se zařezávajících erozních rýh, jsou vyplněny denudačními zbytky sedimentu lanzendorfské série badenu. Kvartérní pokryv je zastoupen převážně eolickými hlínami, přecházejícími místy do hlín deluviálních, případně smíšených pokryvů eolicko – deluviálních. Vzhledem k výrazným antropogenním zásahům (v minulých desetiletích zde bylo vojenské cvičiště a následně došlo k bytové výstavbě) je obtížné rozhodnout z vytěženého jádra, zda se jedná o zeminy autochtonní či přemístěné. Složitá geologická stavba je patrná z přehledných geologických řezů viz obr. 3.

Hladina podzemní vody může, v závislosti na velikosti srážek, vytvářet alespoň tři vodní horizonty :

- I. Na styku kvarterních spraší a neogenních jílů
- II. Ve vrstvě neogenních písků
- III. V puklinách granodioritu, případně v jeho poruchových silně zvětralých polohách

4.1.1.3 Přehled příčin poruch objektů

Podrobný rozbor příčin poruch objektů v prostoru Jurkovičova – Loosova ukazuje, že se na poškození účastní několik faktorů. Lze tedy vysledovat následující vlivy :

- Zakládání objektů na rozdílně stlačitelných zeminách
- Objemové změny jílovitých zemin v důsledku oslunění, vegetace (vzrostlých stromů) i umělého vysušování (teplovody).
- Zvětšení objemu jílovité zeminy v důsledku promrznutí
- Velmi pomalý posuv kvartérních sedimentů po značně skloněném povrchu neogenních jílu
- Provlhčení základové půdy od porušené kanalizace, vodovodu, horkovodu
- Nedodržení technologických postupů předepsaných projektem
- Malé hloubky založení na jílovitých zeminách u některých objektů

4.1.1.4 Rozbor jedné z příčin poruch objektů – vliv vegetace

Prof. Ing. Čermák, CSc. ověřil 20 druhů dřevin o celkovém počtu cca 500 ks v zájmovém území. Tato zjištěná vegetace spotřebuje cca 3 300 m³ vody za vegetační období.

Plocha vhodná pro zasakování srážkové vody je cca 30 000 m². Na tuto plochu naprší při ročním průměrném úhrnu srážek 505 mm celkem 15 150 m³ vody. I když je celková suma srážek dost vysoká i při uvážení výparu, odtoku apod. nemusí vždy zajišťovat potřebné množství vody pro transpiraci.

Například obytný dům Loosova 2 až 4 má poruchy zdiva od roku 1977 a je založen ve vrstvě 3 – 4 m mocné objemově nestálého neogenního jílu, který nasedá na neogenní písek (více podrobností v geologických řezech).

Poškození budovy č. 2 až 4 je způsobeno vysycháním jílovité základové půdy, neboť se zde teplovod přibližuje ke štítu samotného objektu. Kromě toho je v nejbližším okolí jižního průčelí a štítu budovy 53 vzrostlých stromů, které spotřebují za vegetační období 154 m³ vody. Tuto vodu ubírají vrstvě neogenního jílu.

Na plochu trávníku (380 m²) kolem budovy č.2 až 4 naprší ve vegetačním období při průměrných úhrnech srážek 350 mm cca 133 m³ vody. V roce 1983, kdy byl roční úhrn srážek 367 mm, činil celkový objem spadlé vody 139 m³.

Vliv evaporace (výpar zemní vlhkosti půdním povrchem) a transpirace (spotřeba podzemní vody kořeny rostlin a jejich odpařováním listů) je patrný z níže provedeného orientačního výpočtu :

(1)

$$\Delta h_{ET} = \frac{\gamma_s \cdot \left(\frac{w}{S_r} - \frac{w_s}{S_r} \right)}{\gamma_w + \frac{w}{S_r} \cdot \gamma_s} \cdot h$$

Hloubka dosahu vysychání	$h = 4 \text{ m}$
Měrná tíha jílu	$\gamma_s = 2\,730 \text{ kg/m}^3$
Objemová tíha vody	$\gamma_w = 1000 \text{ Kg/m}^3$
Průměrná půdní vlhkost	$w = 0,27$
Průměrný stupeň nasycení	$S_r = 1,0$
Snížení vlhkosti na mez smrštění	$w'_s = 0,18$
Odpovídající stupeň nasycení	$S_r = 0,81$
Po dosazení a provedení obdržíme sednutí za předpokladu celého smrštění ve vertikálním směru	

$h_{ET} = 30 \text{ cm}$ z čehož připadá :

na evaporaci

$$h_E = 1/3,30 = 10 \text{ cm}$$

na transpiraci

$$h_T = 2/3,30 = 20 \text{ cm}$$

Jiným příkladem je okrskové centrum IV Dukát, které leží na skalní depresi vyplněné několika typy sedimentů značně rozdílných vlastností (viz. geologické řezy). Na severní a severozápadní straně objektu tvoří základovou půdu spraš o mocnosti 4 – 5m, která nasedá buď na neogenní jíl či písek. V jižní a jihovýchodní části pak se převaha navážek o mocnosti 2,8 – 4,5m, které opět nasedají v západní části na neogenní jíl a na východě na neogenní písek. Pro vznik poruch značně členitého objektu by postačily jen zjištěné složité základové poměry.

Ke vzniku poruch přispívalo tedy i vysychání účinkem stromů. Řada topolů (8ks) před severní frontou Dukátu má zjištěnou spotřebu vody 140 m^3 za vegetační období. Na příslušnou plochu, při průměrném ročním úhrnu srážek 505 mm, naprší 129 m^3 vody. V roce 1983, kdy roční úhrn srážek poklesl na 367 mm, napršelo na toto území 94 m^3 .

Mohutné kořeny sestupují z Loosovy ulice po svahu přivráceném k objektu Dukát, a zde dále pronikají po základovém zdivu do hloubky za vodou.

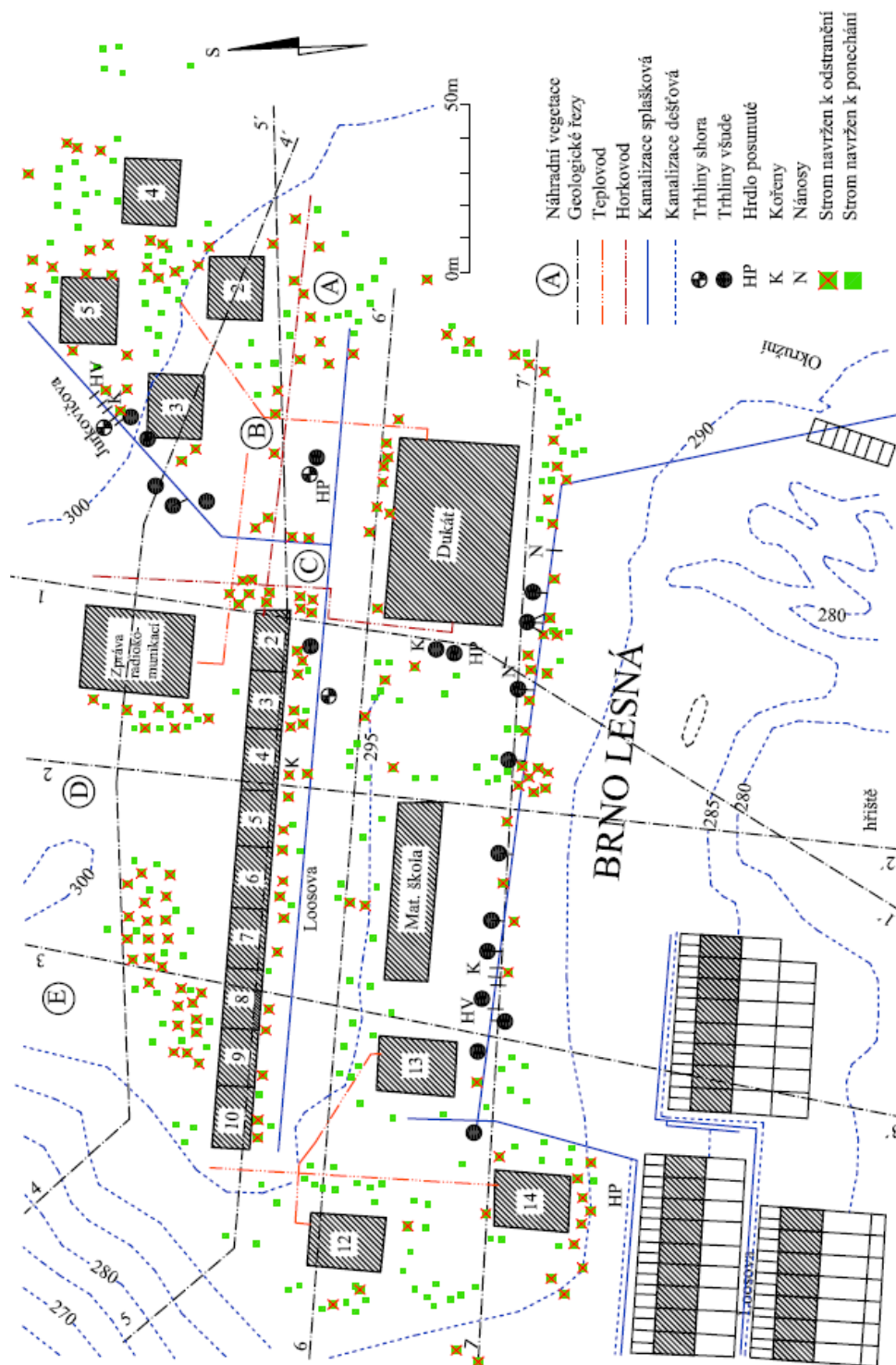
Dá se předpokládat, že tyto kořeny později poškodily inženýrské sítě a došlo tedy k odtržení severní fronty. V dalším období pak dochází k intenzivnímu provlhčování základové půdy. Nejvíce je postižený severozápadní roh, kde byla zjištěna v podzákladí voda teplá 35°C . Její přítoky do kopané šachtice byly 80 l/hod. Jedná se zřejmě o poruchu horkovodu.

V letech 1950 – 1984 poklesl průměrný index sucha na 91% 50–ti letého průměru. V roce 1983 poklesl tento index až na 63 % průměru za posledních 34 let. V takovýchto suchých období pak zejména kořenové systémy stromů mají rozhodující vliv na nadměrné a nerovnoměrné vysychání a smršťování jílu a tím i na vznik poruch na samotných objektech.

4.1.1.5 Návrh na náhradu vegetace

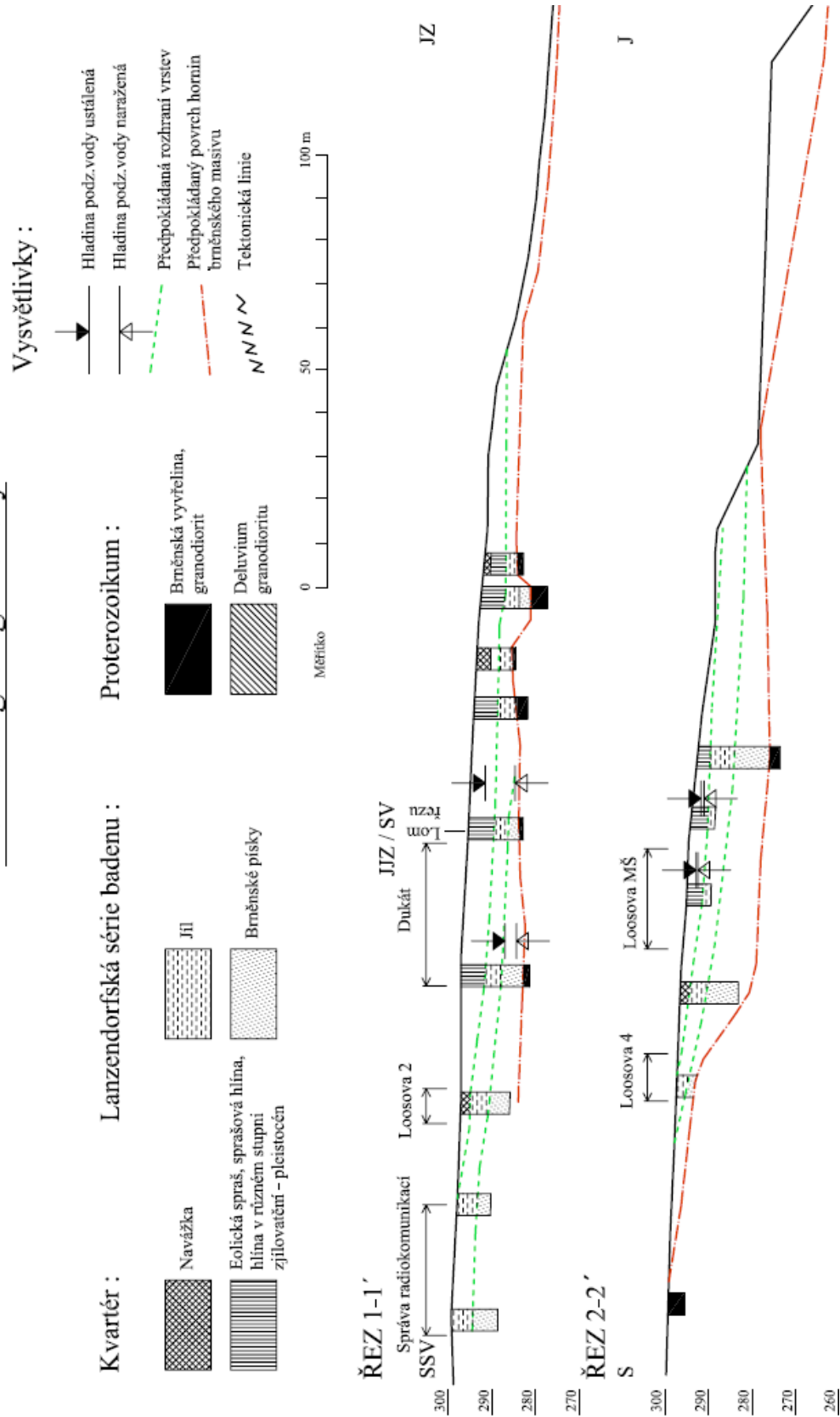
Podle provedeného šetření bylo potřeba ve studovaném území cca 240 stromů vykácet a dále provést výsadbu vhodnějších druhů (viz. obr. 2 označeno písmeny A až E).

Doporučenou dřevinou se stala borovice lesní a borovicová kleč. Bylo doporučeno provádět realizace probírek vzrostlé zeleně v daném prostoru současně s novou výsadbou zeleně, aby nedošlo k narušení kontinuity ozelenění území.



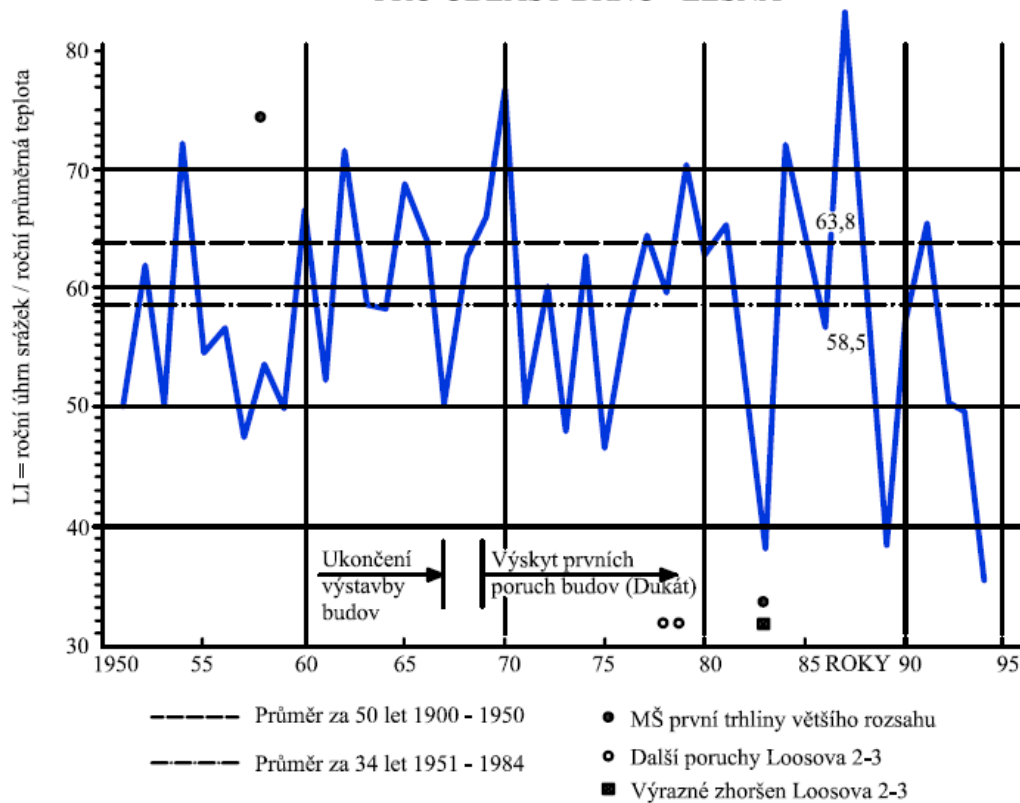
Obr. 2 Situace

Přehledné geologické řezy



Obr. 3 Geologické řezy

PRŮBĚH INDEXU SUCHA VYČLENĚNÝ PRO OBLAST BRNO - LESNÁ



Obr. 4 Průběh indexu sucha vyčleněný pro oblast Brno - Lesná



Obr. 5 Foto Pohled do ulice Loosovy, vlevo budova Dukát, vpravo blok č.2 až 10



4.2 Příklady poruch objektů založených na spraších

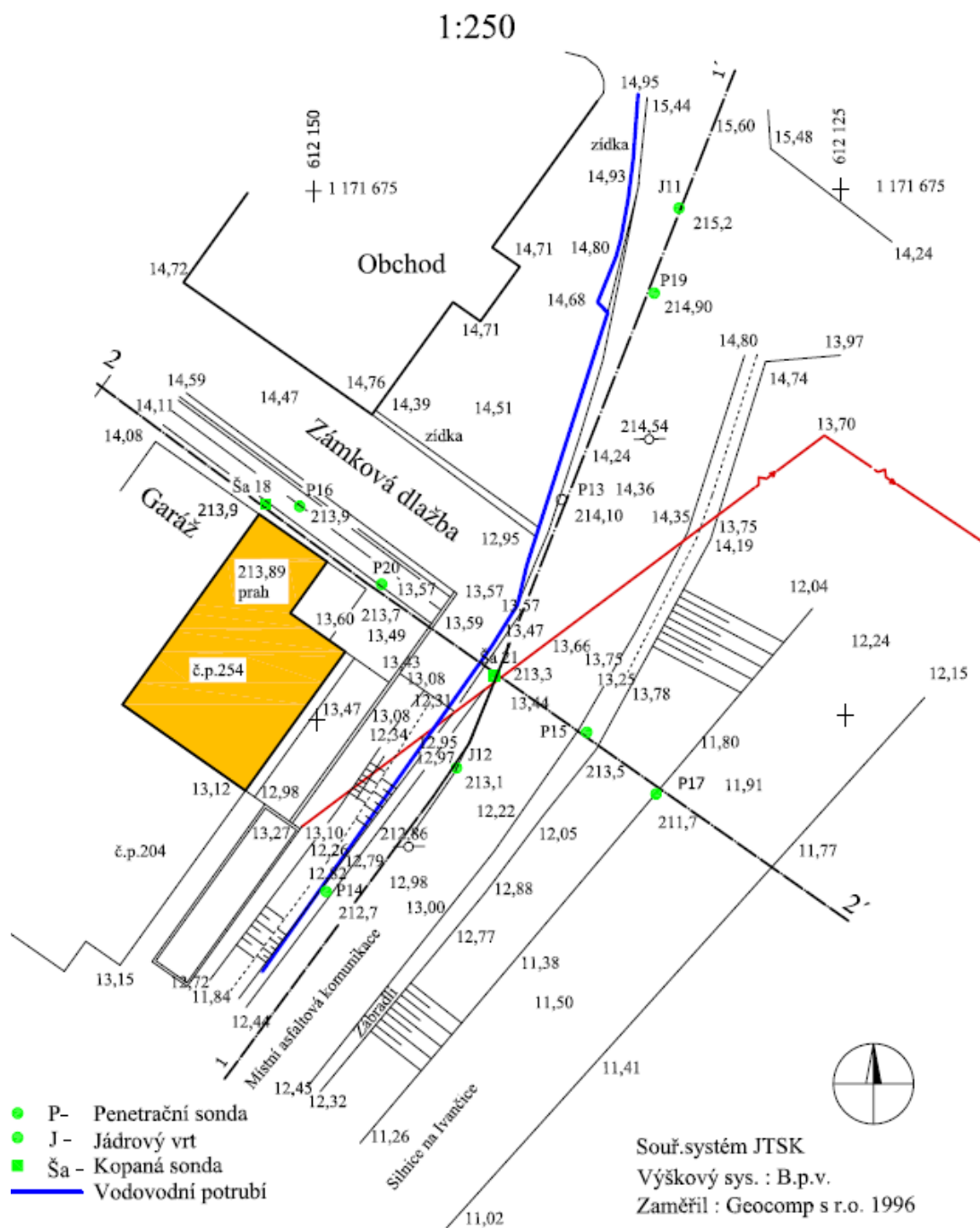
4.2.1 Havárie rodinného domu v Moravských Bránicích

Porušený objekt č.p.254 v Moravských Bránicích se nachází v jižní části obce v blízkosti místní komunikace a státní silnice do Ivančic. Objekt je postaven v patě mírného svahu, který se sklání k východu. Místní komunikace před objektem je vybudována na násypu a byla v minulosti několikrát upravována zvyšováním asfaltovým krytem.

Vodovodní potrubí je vedeno ve vzdálenosti 6 m od uvedené budovy. Porucha vodovodního potrubí byla zjištěna před severovýchodním rohem domu. Úniky vody z kanalizačního potrubí neovlivnily poruchy objektu.

Podle zápisu z Vodárenské, a.s., provoz Ivančice v měsíci červnu 1996 je prokázán zvýšený odběr vody od 8. 6. 1996 do 10. 6. 1996. Hodnoty ukazují na rozdíl 50 m³ ve srovnání s hodnotami mimo toto období.

Podle výsledku geotechnického průzkumu, laboratorních zkoušek, inženýrskogeologického zhodnocení a průkazní tlakové zkoušky vodovodního potrubí se konstatuje, že k porušení objektu č. 254 došlo v důsledku úniku vody z porušeného vodovodního potrubí a následného kolapsu spraše.



Obr. 6 Situace umístění objektu č. 254

4.2.1.1 Geologie a hydrogeologie

Zájmové území je součástí brněnského masivu. Jsou zde zastoupeny granodiority a diority, které jsou kryty kvartérním pokryvem o mocnosti až 20 m. Základovou půdu v postiženém území tvoří spraš o mocnosti cca 10 m (Mez tekutosti $w_L = 39,8\%$, číslo plasticity $I_p = 18,8\%$).

Pod ní se nacházejí deluviální jílovité hlíny až písčité jílly mocností 5 m.

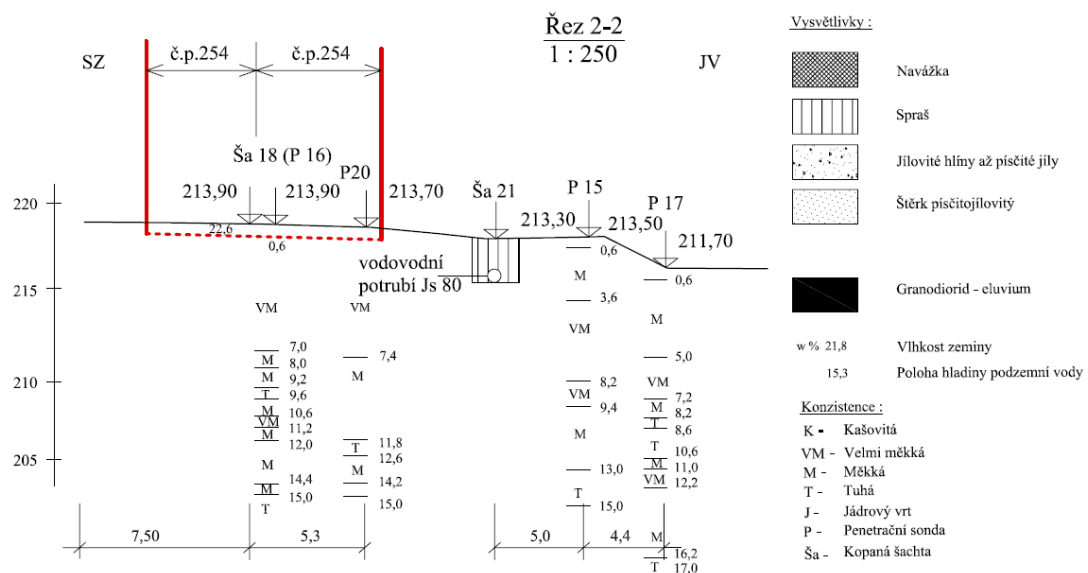
Pod deluviálními sedimenty je písčitojílovitý polymiktní štěr, ulehlý, zvodnělý o mocnosti cca 3 m. V podloží kvartéru je zajílované pevné eluvium granitoidu.

Hydrogeologicky je sprašové souvrství dokonale propustné pro vodu. Tato propustnost je průlinová, ve vertikálním směru je až 50x větší než ve směru horizontálním.

Spraš byla v průzkumných vrtech zastižena v různém stavu, od suchého až po kašovitou. Lze říci, že různá vlhkost souvisí s příčinou porušení vodovodního potrubí v okolí poškozeného objektu.

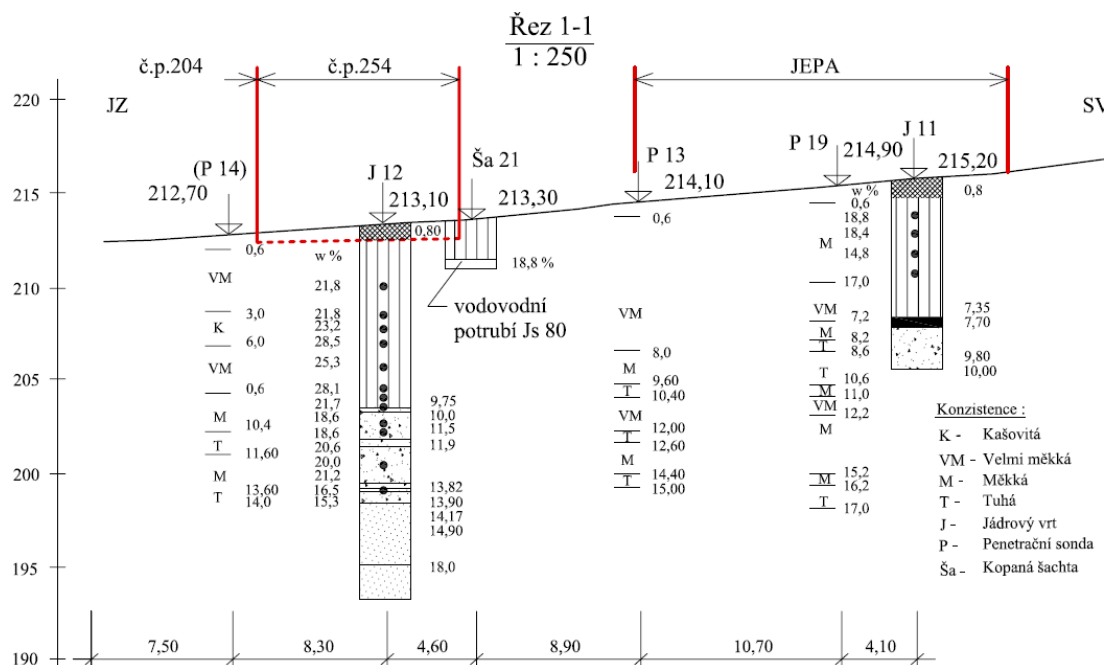
Hladina podzemní vody byla zastižena jen vrtem J12 v hloubce 15,3 m. Podzemní voda je vázaná na štěrkovou vrstvu, propustnost je průlinová. Hladina podzemní vody je volná.

Spraše a sprašové hlíny, jak je podáno v dřívějším textu, jsou pleistocenní eolické sedimenty, které jsou jako základová půda velmi problematické. Geotechnický charakter závisí na podmínkách vzniku, které se liší v různých regionech, a to nejen z hlediska naší republiky, ale i z hlediska světového.



Obr. 7 Geologický profil lokality objektu 254

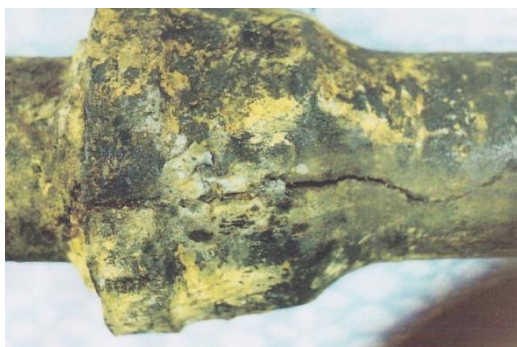
Obr. 8 Geologický profil lokality objektu 254



K ověření těsnosti vodovodního potrubí před domem č. 254 byla provedena průkazná zkouška. Zkouška byla provedena v Ša 21, vodovodní potrubí bylo mimo provoz, ale pro účel zkoušky bylo krátkodobě zprovozněno. Zkouškou byl prokázán únik vody trhlinou v hrdle litinového potrubí (obr. 9). Trhlina je dlouhá 180 mm a maximálně rozevřená na 3,5 mm. Uvedená trhlina byla zjištěna na spodní části hrdla potrubí a další méně, méně rozevřená, pak na horní části potrubí.

Závěrem k tomuto praktickému příkladu lze říci, že podle výsledku vrtných prací a penetrometrického sondování bylo prokázáno výrazné zvýšení vlhkosti v blízkosti prasklého vodovodního potrubí a tímto došlo k výrazné změně vlastností sprašoidních zemín vyskytujících se v podzákladí objektu.

Došlo ke kolapsu spraše, což bylo doprovázeno stlačením a deformací.



Obr. 9 Trhlina v hrdle litinového potrubí



Obr. 10 Pohled na štítovou zeď poškozeného domu č.p. 254

Vlhkost spraše ve vrtu J 12 v hloubce od 3,25 do 9,4 m dosáhla až 28%, přičemž původní vlhkost spraše v kontrolním vrtu J 11 byla 14,8 až 18,8%. Následný pokles území trychtýřového tvaru způsobil potrhání objektu a vznik trhlin v okolním území. Poruchy zdiva nabyly takového rozsahu, že dům bylo potřeba asanovat.

5. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ – KOMPLETNÍ SEZNAM JE UVEDEN VE ZNĚNÍ DISERTAČNÍ PRÁCE

1. Audrie, T., Bouquier, L., Collapsing behaviour of some loess soils from Normandy. Q. J1 Engng. Geol. Northern Ireland, 1976
2. Paseka, A., Procházka, J., Naklánění devítipodlažních budov v Brně-Jundrově, sborník konference Zakládání 88, Brno, 1988
3. Paseka, A., Drobníčková, H., Stehlíková, V., Příčiny poruch objektů rozvodny VN v Brně – Medlánkách. Sborník konference u příležitosti jubilea V. Mencla, Brno, 1992
4. Sladen, J. A., Hollander, R. D., Krahn, J., The lignefaction of sands and collapse surface approach., 1985
5. Procházka, J., Vliv vegetace při zakládání na jílech Sborník Zakládání staveb, 1985
6. Meloun, V., Fiala, A., Statické posouzení obytné budovy v Lesné, pro PBH Brno, 1976
7. Paseka, A., Šamalíková, M., Znalecký posudek v oboru geotechniky ve věci pojistné události č. 96 310 01167 v Moravských Bránicích ze dne 7. 6. 1996
8. Horák V., Paseka, A., Pospíšil, Inženýrská geologie a mechanika hornin, Brno, 2004
15. Weiglová, K., Mechanika zemin, Brno, 2005
9. Alijev, S. K., Sulejmanov, N. A., Ob odnom kriterii dla ocenki prosadočnosti loessovykh gruntov. Voprosy mekhaniky gruntov i fundamentostrojenija. Baku, Azerbajdžanskij politechn. Institut, 47 – 56, 1972
10. Audrie, T., Bouquier, L., Collapsing behaviour of some loess soils from Normandy. Q. J1 Engng. Geol. Northern Ireland, 1976
11. Fabíni, P., Vlastnosti spraší a sprašových hlín v niektorých oblastiach Slovenska. Sborník USG, 1, Žilina, 72 – 86, 1957
12. Schalek, D., Mechanické aspekty štruktúrneho kolapsu spraší. Stavebnický časopis, 23, 27 – 42, 1975
13. Solčanská, D., Horčíková, V., Vplyv stavebnej aktivity na štruktúrny kolaps prachových zemín. Manuskript, práce SVOČ, archiv katedry geotechniky SVŠT Bratislava.

14. Šajgalík, J., Martiny, E., Čičel, B., Povod, mineralogickochemické zloženie a koloidnodisperzné minerály spraší z okolia Trenčína. Geolog. zborník XII, 2, 256 – 276, 1961
15. Šajgalík, J., Genéza spraší vo svetle súčasných výskumov. Acta Geol. Et Geograf. U. C., Geol. 9, 219 – 228, 1965
16. Šajgalík, J., Malgot, J., Geotechnické problémy na podkovaných spraších v Novom Meste nad Váhom. Geologický průzkum X, 7, 197 – 199, 1969
17. Záruba, Q., Mencl, V., Inženýrská geologie. Nakladatelství ČSAV Praha, 1974
18. Bažant, Z., Paseka, A., Vliv kořenového systému stromů na stavební objekty. SANACE, ISSN 1211 – 3700
19. Bažant, Z., Paseka, A., Stromy a stavební objekty založené na jílovitých zeminách. Malenovice 2005, ISBN 80-86604-21-7
20. Horák, V., Paseka, A., Příčiny vzniku poruch a návrh opatření na jejich eliminaci u rodinného domu v Moravanech u Brna. Malenovice 2005, ISBN 80-86604-21-7
21. Bažant, Z., Klusáček, L., Paseka, A., Inženýrskogeologický průzkum, závady a zesilování plošných základů. In Sborník příspěvků 35. Konference se zahraniční účastí „Zakládání staveb Brno 2007“, str. 89 – 94, ISBN 978–80-7204-544-0
22. Bažant, Z., Erbenová, A., Paseka, A., Poruchy staveb vlivem kořenových systémů stromů
23. Bažant, Z., Erbenová, A., Paseka, A., Vliv vegetace na stavební objekty. Objekt 1/2007, str. 26 – 28
24. Paseka, A., Bažant, Z., Klusáček, L., Zkušenosti se sanacemi staveb založených na jílovitých zeminách. Geotechnika 4/2008, str. 3-6
25. Paseka, A., Poruchy staveb způsobené vlivy založení a kvalitativními změnami v základové půdě v sídlišti Brno – Lesná. Celostátní seminář „Zakládání na objemově nestálých zeminách se zohledněním vlivu vegetace“ Brno, 1986, str. 123
26. Paseka, A., 1998 : Brno – Belveder. Závěrečná zpráva
27. Paseka, A., 1983 : Brno – Lesná, Jurkovičova, Loosova. Závěrečná zpráva
28. Paseka, A., 1975 : Brno – Jurkovičova 2. Závěrečná zpráva
29. Mencl, V., Paseka, A., Schmid, P., Mikušková, H., 1995 : Švábenice – Kostel. Závěrečná zpráva

6. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ - KOMPLETNÍ SEZNAM JE UVEDEN VE ZNĚNÍ DISERTAČNÍ PRÁCE

σ_p	povrchové napětí vody
u_w	napětí v pórové vodě
γ_w	objemová tíha vody
e	číslo pórovitosti
S_r	stupeň nasycení
w_{sh}, w_s	vlhkost na mezi smrštění v %
w_p	vlhkost na mezi plasticity v %
w_L	mez tekutosti
w, w_N	přirozená vlhkost v %
V	objem při vlhkosti w
γ_s	objemová tíha pevných částic
γ_w	objemová tíha vody
γ_{sh}	objemová tíha zeminy po smrštění
n	pórovitost
ρ	hustota zeminy
$I_{mp}, (I_m)$	koeficient prosedavosti