

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

Vodní hospodářství



**Hydrogeologický průzkum pro návrh vsakování
srážkových vod**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval: Daniel Hrma

Vedoucí práce: Ing. Radek Roub, Ph.D.

2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Daniel Hrma

Vodní hospodářství

Název práce

Hydrogeologický průzkum pro návrh vsakování srážkových vod

Název anglicky

Hydrogeological survey proposing rainfall infiltration

Cíle práce

Cílem práce je hydrogeologické a geologické posouzení lokality Praha Michle s navržením likvidace srážkových vod.

Metodika

Zásady pro zpracování:

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Literární rešerše
4. Metodika
5. Základní charakteristika území
6. Hydrologické poměry
7. Geologické poměry
8. Posouzení možnosti likvidace srážkových vod
9. Závěr – Diskuze
10. Přehled literatury
11. Přílohy

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran + grafické přílohy

Klíčová slova

infiltrace, voda, ČSN 75 9510, geologie, srážky

Doporučené zdroje informací

CÍSLEROVÁ M., 1989: Inženýrská hydroopedologie. ČVUT, Praha

NĚMEČEK, J., 1981: Základní diagnostické znaky a klasifikace půd ČSR. 1. vyd. Praha: Academia

VALENTOVÁ J., 2007: Hydraulika podzemní vody. ČVUT, Praha



Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Radek Roub, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 15. 4. 2015

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 4. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 15. 04. 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Hydrogeologický průzkum pro návrh vsakování srážkových vod“, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce pana Ing. Radka Rouba, Ph.D. s použitím zde uvedených pramenů, podkladů a na základě terénních zkoušek.

V Sedlčanech dne 10.4.2015

.....

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval svému vedoucímu práce, panu Ing. Radkovi Roubovi, Ph.D. za trpělivost při vypracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat celé mé rodině za podporu během studií.

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku hydrogeologického průzkumu a infiltraci srážkových vod do horninového prostředí. Je rozdělena do dvou částí a to teoretické (rešeršní) a praktické. V teoretické části je popsán půdotvorný proces, infiltrace, hydrogeologický průzkum a vsakovací zařízení. V praktické části je z hydrogeologického hlediska podrobně popsána lokalita Praha Michle, přesněji místo v ulici Ohradní. Na této lokalitě byla provedena nálevová vsakovací zkouška, která složí pro následné posouzení vsakovacích podmínek. Cílem práce je určení koeficientu vsaku, ověření možnosti vsakování srážkových vod do horninového prostředí a s tím spjatý geologický průzkum.

Klíčová slova

Infiltrace, voda, ČSN 75 9510, geologie, srážky

Abstract

This bachelor thesis is focused on hydrogeological survey problems and infiltration of rainfall into the rock environment. It is divided into two parts, to the theoretical (the search) and practical. The theoretical part describes the soil-forming process, infiltration, hydrogeological survey, and infiltration device. The practical part describes, in details, the project area Prague-Michle (specifically the spot area in the Ohradní Street) from the hydrological point of view. In this project area infiltration test has been preceded, which is used for further assessment of the infiltration conditions. The aims of the paper are to determine the infiltration coefficient, verifying the possibility of rainfall infiltration into the rock environment, and related geological survey.

Keywords

Infiltration, water, ČSN 75 9510, geology, rainfall

Obsah

1	Úvod	7
2	Cíl práce	8
3	Literární rešerše	9
3.1	Pedologie	9
3.1.1	Mateční půdotvorný substrát	9
3.1.2	Zvětrávání	10
3.1.3	Zrnitost půdy	12
3.2	Infiltrace	14
3.3	Darcyho zákon	15
3.4	Fyzikální vlastnosti půdy	16
3.5	Geologický průzkum	18
3.5.1	Metodika geologického průzkumu	19
3.5.2	Terénní zkoušky	20
3.5.3	Koeficient vsaku	20
3.5.4	Vsakovací odtok	21
3.5.5	Skupiny pro zatřídění horninového prostředí.....	21
3.6	Vsakovací zařízení	22
3.6.1	Druhy vsakovacích zařízení	22
3.6.2	Dimenzování vsakovacího zařízení	23
3.6.3	Údržba vsakovacího zařízení.....	24
3.6.4	Jakost srážkových vod.....	24
4	Metodika	25
5	Praktická část (Michle, ulice Ohradní)	26
5.1	Základní charakteristika území, metodika	26
5.2	Geomorfologické a klimatické poměry.....	27
5.3	Hydrologické poměry	28
5.4	Geologické poměry.....	29
5.5	Charakteristiky místních geo. prostředí z hlediska rychlosti infiltrace	31
5.6	Posouzení možnosti likvidace srážkových vod vsakováním	33
6	Výsledky	36
7	Závěr	37
8	Přehled literatury a použitých zdrojů	38
9	Přílohy	40
10	Datový nosič CD	46

1 Úvod

Vsakování srážkových povrchových vod je jeden ze základních způsobů hospodaření s dešťovými vodami. Je to nejefektivnější a nejjednodušší způsob likvidace těchto vod. Řešená lokalita však musí splňovat hydrogeologické podmínky, které infiltraci umožňují. Není možné zasakovat do nepropustných materiálů. Vsakovací objekt je navržen na základě mnoha údajů (velikost a charakter odvodněné plochy, srážkové poměry, koeficient vsaku geologického prostředí). Následně navržený vsakovací objekt je podroben mnoha modelovým výpočtům v závislosti na různých dešťových událostech s různou intenzitou.

Motivů pro hospodaření se srážkovými vodami je celá řada. V první řadě se jedná o motiv ekologický (přiblížení přirozeného koloběhu vody, který je postižen urbanizací) obnova podzemní vody vsakováním, zmírnění negativních vlivů po srážkové události. V druhé řadě jde o důvody ekonomické, kanalizační sítě a čističky odpadních vod jsou v poslední době často přetížené. Řešením vsakování srážkových vod na místě spadu srážek je daleko finančně výhodnější než zvětšení kapacity čistíren odpadních vod a kanalizací. Více jak 50% pitné vody v domácnosti lze nahradit využitím dešťových vod, ta lze použít na splachování toalety, praní prádla, zalévání zahrady, mytí auta atd. A v neposlední řadě o důvody legislativní. Cílem je zmírnění dopadů urbanizace území, přechod k decentrálnímu hospodaření se srážkovými vodami. Řídíme se především dle vodního zákona (Zákon č. 254/2001 Sb.). Stanovuje povinnosti pro stavby (nové, pozměněné) jak naložit se srážkovou vodou. Bez vyřešení hospodaření s dešťovou vodou na vlastním pozemku úřad nemůže udělit stavební povolení, ani kolaudační souhlas.

2 Cíl práce

Mezi hlavní cíle práce patří především podrobný hydrogeologický průzkum lokality Praha Michle (pozemek v ulici Ohradní). Průzkum vede k ověření vsakovacích poměrů na lokalitě, získání přehledu o geologickém prostředí a hladině podzemní vody. Nálevovou vsakovací zkouškou se získá koeficient vsaku, který je stěžejní v dalších výpočtech pro návrh vsakovacího zařízení na pozemku a dále určení retenčního prostoru vsakovací nádrže. Výsledky budou porovnány s platnými normami. Dle získané projektové dokumentace bude posouzena možnost infiltrace srážkových vod, případně navržené jiné alternativy řešení. Mezi vedlejší cíle praktické části patří zhodnocení klimatických a geologických poměrů.

Do dílčích cílů bakalářské práce patří seznámení s normou ČSN 75 9010 „Vsakovací zařízení srážkových vod“. Současné právní předpisy v této problematice platí od 1. března roku 2012. Stanovují základní zásady pro navrhování a provoz vsakovacích jímek. Mezi další dílčí cíle rešeršní části práce patří: seznámení se způsoby provádění geologického průzkumu, určení nutné údržby dle zvoleného vsakovacího zařízení a základní poznatky o vlastnostech a vzniku půd.

3 Literární rešerše

3.1 Pedologie

Jako pedogenezi nazýváme vývoj půdy, který je ovlivněn řadou faktorů. Základními půdotvornými faktory jsou podnebí, organismy, činnost člověka, reliéf terénu, mateční substrát a podzemní voda. Půda prodělává jak dlouhodobé vývojové změny, tak krátkodobé.

Na pedogenetické procesy působí faktory, především na procesy rozrušení hornin, přemísťování, akumulaci rozpuštěných látek a na přeměny organických látek. Těmito procesy vznikají látky nazývané půdní novotvary. Všemi těmito procesy vzniká půdní typ. V půdách patřících do stejného typu musí probíhat stejné pedogenetické procesy. Pedogenetické faktory být stejné nemusí. Například půdy stejného typu mohou vzniknout na odlišném horninovém prostředí.

Definice půdy dle (*Kutílek 2000*): Půda je přírodní útvar, vzniklý na rozhraní litosféry s atmosférou nebo hydrosférou. Je biologicky oživená a členěná na horizonty

3.1.1 Mateční půdotvorný substrát

Výchozí materiál pro vznik půdy se nazývá mateční hornina či půdotvorný substrát. Ten ovlivňuje v různých směrech vznikající půdy. Na konečnou hloubku půdy má vliv hloubka narušené horniny. Propustnost a živinný režim ovlivňuje minerální složení horniny. Nejmladším geologickým vývojem v kvartéru jsou ovlivněny vlastnosti půdotvorného substrátu. Střídáním ledových a meziledových dob během celých čtvrtohor nastaly skvělé podmínky pro zvětrávací procesy, většina našich půd vznikla právě na materiálu vzniklá tímto zvětráním.

Mateční substrát rozdělujeme do dvou skupin, na organické a anorganické. Od toho je odvození půdy organogenní (na organickém matečním substrátu) a anorganogenní (na anorganickém substrátu). Pedogenezi nejsnadněji podléhají sypké sedimenty např. hlinité holocenní náplavy, sprašové hlíny.

Pískovce, slepence s tmelem jílovým nebo vápenatým, jílové břidlice, patří do skupiny zpevněných sedimentů, které lehce zvětrávají. Naopak nesečně zvětrávají kyselé vyvěřeliny a různě staré jíly.

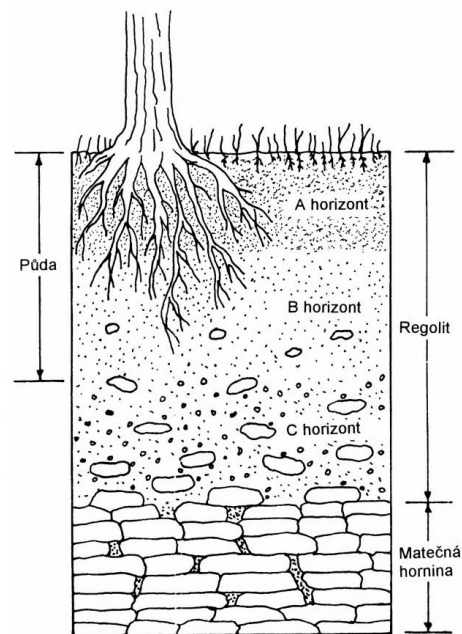
Zvětrávání probíhá snadněji a půdotvorný proces zasahuje do větší hloubky u hornin s velkým obsahem tmavých minerálů a tam kde je předem už narušená. Tmavé materiály jsou

ale hlavním zdrojem tvorby jílu a těžké jílové zvětraliny. Jak je známo jíl je silně nepropustný a tudíž může ovlivňovat další půdotvorný proces. (Kutílek 2000)

Rozhodující v půdotvorných procesech je nejen množství vody v půdě, ale i směr proudění vody, která sebou nese množství rozpuštěných látek.

3.1.2 Zvětrávání

Horniny vznikaly za určitých chemických a fyzikálních podmínek. V případě, že se nemění, vnější podmínky jsou stabilní. Se změnou dochází k snížení mechanické a chemické stability. Zvětráváním se mění chemické složení a celistvost hornin, dokonce mohou vznikat nové sekundární minerály. Proces zvětrávání probíhá na styku atmosféry se zemským povrchem. Směrem do hloubky se od povrchu zeslabuje. V podmínkách České republiky probíhá zvětrávání maximálně do hloubky 300 cm.



Obrázek č.1.: Schématický půdní profil (Šimek 2003)

Rozeznáváme zvětrávání chemické a fyzikální (mechanické). Oba dva charaktery jsou ovlivněny biologickou činností.

Při fyzikálním zvětrávání dochází k rozpadu hornin na menší úlomky.

Do základních činitelů fyzikálního zvětrávání patří:

- činnost vody – na zemském povrchu dominantní
- působení větru – především v otevřeném reliéfu
- gravitace – například svahový pohyb (ploužení, sesouvání, říčení)
- změny teploty – především v aridních oblastech, vliv slunečního záření
- abraze – omílání, obrušování transportovaných částic
- působení ledovců
- působením organismů – především činnost kořenů

Během dne a noci jsou horniny ohřívány a ochlazovány. Následkem těchto teplotních výkyvů dochází k objemovým změnám. Tím, že je hornina tvořená z minerálů s různým koeficientem roztažnosti, dochází k velkým vnitřním napětím v hornině. Při dosažení kritické hodnoty dojde k jejímu porušení. Velký význam také hraje nepravidelný povrch, různé hodnoty měrného tepla, rozdílné expozice povrchu minerálů vzhledem k dopadajícím paprskům slunce. Fyzikální zvětrávání způsobuje také voda, která při změně skupenství mění svůj objem, obrušuje zvětralý materiál. Mezi další činitele patří vítr a vegetace, která mechanicky narušuje horninu. Při fyzikálním zvětrávání se nemění původní chemické složení.

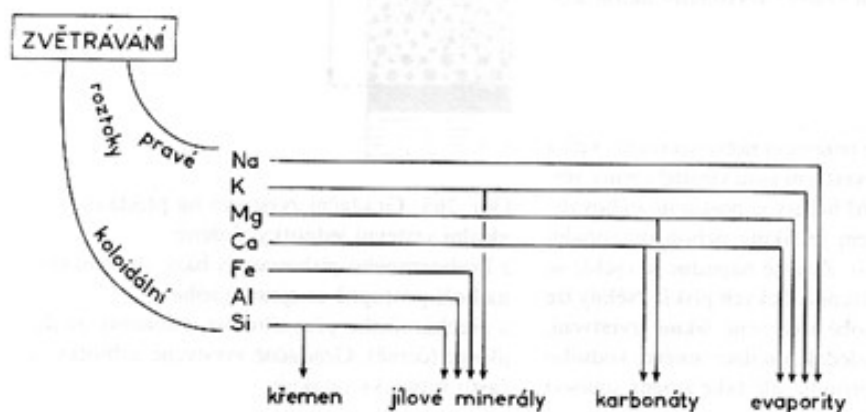
V chemickém zvětrávání se uplatňuje oxid uhličitý, atmosférický kyslík a v neposlední řadě také voda.

Do základních procesů chemického zvětrávání patří:

- oxidace – proces okysličování, oxidovaná látka předá elektron látce druhé
- hydrolýza – rozklad vlivem vodíkových iontů
- rozpouštění – proces probíhá působením kyselin nebo vody
- hydratace / dehydratace – příjem (výdej) vody do (z) vnitřní struktury

Při chemickém zvětrávání jsou narušovány krystalové mřížky, některé části se mohou naprosto rozrušit a přejít do roztoků. Ze zbytků s původní krystalovou mřížkou mohou vzniknout nové sekundární minerály. Je to samovolně probíhající reakce snížením volné energie systému. Nejčastějším minerálem, s kterým se v půdě setkáme, jsou křemičitany, jejich základní struktura je SiO_4 .

Obrázek č. 2.: Prvky uvolňované chemickým zvětráváním a jejich vylučování z roztoků (Převzato od Synka Geology.cz)



Rozpadem úlomků na menší části, se výrazně zvětšuje plocha, na které může působit chemické zvětrání. Pro příklad: když bychom měli úlomek krychlového tvaru o straně 2 cm celkový povrch má 24cm². Jakmile by se krychle rozdělila na 8 dalších krychlí, povrch má 48cm². Spojením eroze fyzikální a chemické se výrazně zvyšuje intenzita zvětrávání.

3.1.3 Zrnitost půdy

Půdní částičky se rozdělují dle velikosti do několika podílů, frakcí či kategorií. Jako skelet se označují zrna o průměru nad 2 mm. Zemina bez skeletu se nazývá jemnozem. Zeminy a půdy se označují podle převládající frakce, pro zamezení subjektivního rozdělení se vzorky podrobují zrnitostním rozběrům. Na základě kterých zjistíme procentuelní zastoupení jednotlivých složek. Nejjednodušší způsob je prosetí frakcí na sítích o různém průměru ok. Pro materiál, který se nezachytí na sítích, je použita metoda založená na sedimentačních zákonech, kde rozhodne sedimentační rychlost. Použit je Stokesův vzorec:

$$v = \frac{2}{9} * \frac{g * r^2 (\rho_z - \rho_0)}{\eta}$$

Neboli

$$v = a * r^2$$

<i>a</i>	<i>3,6*10⁴ pro sedimentaci zemitých částic ve vodě 20° C</i>
<i>g</i>	<i>tíhové zrychlení (cm*s⁻²)</i>
<i>ρ₀</i>	<i>hustota disperzního prostředí – vody při dané teplotě</i>
<i>ρ_z</i>	<i>hustota částiček (g*cm⁻³)</i>
<i>η</i>	<i>viskozita disperzního prostředí (g*cm⁻¹*s⁻¹)</i>

Zákon platí pouze v laminární oblasti pro kulové částice. Mezi další techniky používané k rozboru zrnitosti půd patří:

- Metoda vyplavovací, kde je použit vyplavovací aparát Kopeckého. Jsou to tři na sebe napojené válce s různým průměrem.
- Metoda dekantační. Jedná se o opakovanou sedimentaci s tím, že se voda z válce po vypočítané době vypustí.
- Metoda pipetovací. Neopakovaná sedimentace, po uplynutí různých časových údajů se pipetou odebírají vzorky z určité hloubky pod hladinou suspenze.
- Metoda hustoměrná. V určitých časových intervalech měříme hustotu suspenze

Podle procentuálního zastoupení jednotlivých frakcí se půdní druh klasifikuje. Existují závazné tabulky podle, kterých se provede klasifikace půdního druhu. Při obecném průzkumu půd je vhodné používat Novákovu stupnici.

Tabulka č. 1.: Klasifikace zrnitosti půd podle Nováka (Klika 1954)

Obsah I. kategorie [%]	Pojmenování	Makroskopický posudek
0-10	písčítá zemín	ani za mokra se částice nespojují
10-20	hinito písčítá zemina	částice se za mokra spojují, nelze však vyválet hádka
20-30	písčitohlinitá zemina	lze vyválet hádka, který se však snadno rozpadá, hornina skřípe mezi prsty
30-45	hlinitá zemina	lze vyválet hádka, který se však snadno rozpadá, hornina skřípe mezi prsty
45-60	jílovitohlinitá zemina	po stisknutí vlhké zeminy lesk, mastnost prstů
60-75	jílovitá zemina	silná mastnost, lepkavost
nad 75	jíl	vysoká mastnost lepkavost

3.2 Infiltrace

Mezi základní proces Hydrologie patří Infiltrace. Je to průtok vody přes topografický povrch do horninového prostředí případně půdy. Voda proudí díky tlakovým změnám, nejčastěji vedoucí k srážkám. Jde o postupné sycení půdních pórů případně puklin. Pochopení tohoto procesu je nutné k výpočtům bilančních vztahů na povodí.

Mnoho oborů se zabývá Infiltračním procesem např. hydrologie, pedologie a poznatky z těchto věd jsou aplikovány ve vodním hospodářství, v ochraně životního prostředí, stavebnictví, zemědělství. Často je předmětem výzkumu a hraje velkou roli. Terénní výzkum, kterým se zabývá tato práce, je často nahrazován výpočetními technikami.

Ve vegetační sezoně se vodní režim půd skládá ze střídajících se fází: akumulací a perkolací. V akumulační fázi, která trvá i několik týdnů se voda vsakuje do půdního profilu. Převýší-li však vody odběr, infiltrující se voda zaplňuje póry až do doby než překročí určitou horní hranici pro akumulaci. Poté dojde k náhlému odtoku do podloží. To započne perkolační fázi. Většina srážkové vody bez zadržení proteče půdou do podloží. Trvání fáze perkolace je závislé na celkovém objemu vody v půdě a na srážkách (dotaci z jiného zdroje). Pod horní hranici se perkolační fáze dostane při poklesnutí obsahu vody v půdě. (Tesař, 2001)

(horní hranice objemu vody v půdě) – (dolní hranice objemu vody v půdě) = retenční kapacita půdy

3.3 Darcyho zákon

Henry Darcy francouzský vědec stojí za objevem Darcyho zákona. Je zde definována závislost mezi množstvím proteklé vody značené Q [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$], které se nepřímo úměrně zvětšuje s délkou sloupce a přímo s rozdílem hydraulických výšek.

Vztah je vyjádřen rovnicí:

$$Q = K S \frac{(H_1 - H_2)}{L}$$

K nasycenná hydraulická vodivost

H hydraulická výška (na začátku a konci vzorku); [m]

L vzdálenost mezi hydraulickou výškou; [m]

S plocha vzorku

Darcyho rychlost, která je označena za hustotu toku má rozměr [m/s] (Valentová 2007)

$$v = \frac{Q}{S}$$

S plocha vzorku

Q množství proteklé vody

Voda ale nevyplňuje celou plochu horniny, prochází jen póry. Proto je zapotřebí vztah pro Darcyho rychlost změnit. Skutečná plocha pórů, když je pórovitost značená n se vypočítá $S * n$. Místo S v rovnici dosadíme tento vztah.

3.4 Fyzikální vlastnosti půdy

Mezi klíčové charakteristiky popisující hydraulické vlastnosti půdního prostředí patří retenční čára a průběh hydraulické vodivosti. Na správnosti jejich určení závisí výsledky modelování pohybu vody v horninovém a půdním prostředí. (Cislerová 1989)

Určitá část prostoru v půdě není zaplněna tuhou fází, tento prostor s různým tvarem a velikostí je nazván půdní póry. Póry na sebe většinou navazují. Někdy se tvar pórů idealizuje na válec. Při tomto zjednodušení se uvádí ekvivalentní množství a tvar pórů. Objem póru V_p je vyjádřen v procentech k celkovému objemu půdy, která je označena jako V_s .

Měrná hmotnost půdy je závislá na měrné hmotnosti převládající fáze půdy. Jednotlivé složky mají tuto hmotnost rozdílnou. Pro příklad měrná hustota Křemene, který je nejčastějším minerálem je $2,65 [g \cdot cm^{-3}]$. Obvykle se stanovuje pyknometricky. Z měrné hmotnosti tuhé fáze a z vyplnění určitého prostoru půdními částicemi je závislá Objemová hmotnost. Stanovuje se v přirozeném stavu tj. rostlém stavu přímým měřením. Vzorek se odebírá válečkem o známém objemu. Odebraný vzorek se při $105 \text{ }^\circ\text{C}$ vysuší a hmotnost vysušeného vzorku se dělí objemem. Objemová hmotnost půdy není neměnnou hodnotou. Mění se podobně jako pórovitost, její změny jsou způsobeny bobtnáním a smršťováním půdy při změnách teploty, vlhkostí, změnou půdní struktury, rozvojem kořenového systému. Tyto faktory působí intenzivně v povrchovém horizontu. K nejčastějším změnám dochází v zásadě na konci zimy, uprostřed jara a koncem léta.

Tvar, velikost a objem půdních pórů mají vliv na množství obsažené vody v půdě, na rychlost jejího pohybu, tím je ovlivněna i intenzita migrace látek a proces pedogeneze. Nízký obsah pórů ovlivňuje i negativně růst rostlin, brzdí vývoj kořenového systému. Maximální hodnoty pórovitosti nalezneme u hlinitých půd, způsobené je to především optimálními podmínkami pro vznik struktury. Naopak tomu je u těžkých jílovitých půd, které jsou snadně slévavé.

Jak již bylo, řečeno pórovitost půdy závisí na struktuře půdy, pomocí hodnot pórovitosti lze posuzovat půdní strukturu. Pro polní metody je jednodušší stanovit objemovou hmotnost a z její hodnoty stanovit strukturu. Velikosti pórů uvnitř agregátu se studují na výbrusech mikroskopicky. Speciální druh pórů nazývaný druhotný vzniká po zetlení kořenů a činností edafonu makroskopických rozměrů. Přispívá značnou měrou k propustnosti horizontů.

Půdní voda je obsažena v určitém množství v půdních pórech. Ve skutečnosti je to roztok, který obsahuje v malé koncentraci organické sloučeniny a minerály. V praxi se však obsah rozpuštěných látek na proudění a vlastnosti vody zanedbává. Objemovou vlhkostí se nazývá poměr objemu vody v půdě značený jako V_w ku objemu půdy V_s

Nejsnadnější zkouškou pro stanovení vlhkosti je vážení vzorku před a po sušení. Vzorek je sušen při 105 °C do konstantní hmotnosti. Vlhkost půdy během roku ovlivňuje mnoho faktorů do kterých řadíme: množství srážek, výpar, spotřeba a transpirace rostlinami, odtok, vztlínání z hladiny podzemní vody, celkové fyzikální poměry v profilu.

Půdní voda je ovlivněna nejenom silou tíže ale také dalšími silovými poli. Adsorpčními silami je voda ovlivněna v blízkosti povrchu tuhé fáze, dalším vlivem je zakřivením hladin se uplatňují kapilární síly (fázové rozhraní kapalin). Potenciální energie částice se zvýší zvednutím částice vody v gravitačním poli, ale uvažuje se o souhrnném působení všech sil. Těmito silami vodní částice nabývá v půdě určité potenciální energie. *(Kutílek 1960)*

Při vysoké vlhkosti půdy je absolutní hodnota tlaku nízká a sací tlak s klesající vlhkostí půdy vzrůstá. Vtah mezi sací silou (absolutní hodnotou tlaku) a vlhkostí je typické pro půdy v přirozeném uložení a grafické zobrazení se nazývá retenční čára vlhkosti. Při vysoké hodnotě sacího tlaku se pohyblivost půdní vody snižuje a pro rostliny je těžce využitelná.

Těžké půdy jsou při změně vlhkosti doprovázeny objemovou změnou. Při vzrůstající vlhkosti půda bobtná. To se projevuje uzavíráním puklin a zvyšováním tlaku

3.5 Geologický průzkum

K získání potřebných poznatků o zkoumané lokalitě vycházíme z geologického průzkumu, z kterého máme informace o poměrech: geotechnických, hydrologických a hydrogeologických. Nejdůležitější kritérium pro vyhodnocení vsakových poměrů je vhodnost horninového prostředí, srážkové, podpovrchové a povrchové vody.

Přírodní poměry se z hlediska geologického průzkumu rozdělují na dvě skupiny a to: jednoduché a složité.

- a) jednoduché - hladina podzemní vody je více jak 2 m pod terénem a není napjatá. Geologická stavba je v horizontálním i vertikálním směru jednotvárná
- b) složité - hladina podzemní vody je méně jak 2 m pod terénem. Mezi další podmínky patří: jedná-li se o území se sesuvy, úhel svahu je větší než 15°, území s velkou ekologickou zátěží. Horniny na lokalitě mají rozdílnou morfologii, různé fyzikálně-mechanické vlastnosti. Vyskytuje se zde více hydrogeologických kolektorů.

Mezi podklady nezbytnými při geologickém průzkumu pro vsak patří:

- mapy ve vhodném měřítku s polohopisem a výškopisem
- údaje o stavbě s předpokládaným místem vsakování

Etapy geologického průzkumu vsakování srážkových se rozdělují:

- analýza rizik při vsakování – vypracuje se jen v případě rizika ovlivnění chráněné oblasti, území kde se tvoří minerální vody, ohrožení vodního zdroje
- podrobný průzkum – při složitých poměrech, případně pro detailní návrh infiltračních poměrů na lokalitě, kromě rešerše se skládá z prací v terénu a laboratorních zkoušek
- doplňkový průzkum – je založen na doplnění průzkumu z předešlých prací, cílem je poskytnout doplňkové informace
- orientační průzkum – forma rešerše údajů ze základních geologických průzkumů

3.5.1 Metodika geologického průzkumu

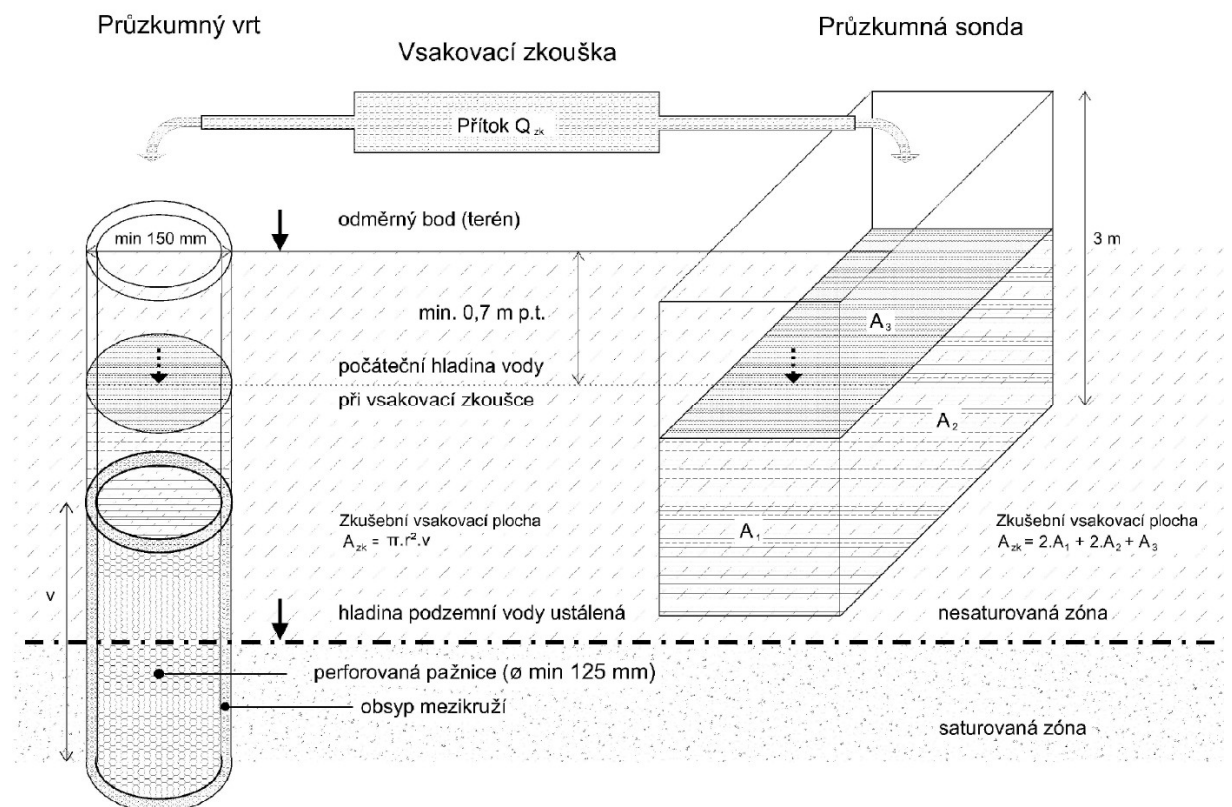
Je nutné postupovat dle platné legislativy, která prošla změnou k roku 2012. Před zahájením prací je zpracován projekt průzkumných prací na lokalitě.

Průzkumné vrty nebo sondy patří mezi základní nástroj získání obrazu o geologické struktuře. Mají za úkol simulovat vsakovací podzemní zařízení. Po odvrtání je nutné stěny dle možností a struktury materiálu zdrsnit aby se vyloučil vliv hloubení na propustnost. V nesoudržných materiálech je nutné vrt zapažit, vystrojít perforovanou pažnicí vyplněnou filtračním obsypem.

Při vsakovací zkoušce musí být vsakovací plocha A_{zk} u vrtu nejméně $0,04 \text{ m}^2$ a při sondě minimálně 4 m^2 . (ČSN 75 9010)

Je nutné geodetické zaměření vrtů (sond).

Obrázek č. 3.: Parametry průzkumného vrtu, průzkumné sondy a vsakovací zkoušky (Převzato z ČSN 75 9010)



3.5.2 Terénní zkoušky

V terénu se propustnost horninového prostředí určí vsakovacími zkouškami, které jsou provedeny na průzkumných vrtech nebo sondách. Výsledkem je charakteristika vsakovacích schopností horninového prostředí, nazývá se koeficientem vsaku značeným k_v .

Dělí se na:

- Zkoušky s proměnnou hladinou vody: naplnění objektu maximálně do 0,7 m pod úroveň povrchu. Měří se pokles hladiny vody v napuštěném objektu. Pokud dojde do 6hod k poklesu hladiny vody o 2/3 výšky sloupce, zkouška se musí opakovat. Vsakování celého objemu vody v objektu musí trvat déle než jeden den, tedy 24hod.
- Zkoušky s ustálenou hladinou vody: v tomto případě se naplní vrt (sonda) do hloubky 0,7 m a měří se přítok vody do objektu Q_{zk} .

3.5.3 Koeficient vsaku

$$k_v = \frac{Q_{zk}}{A_{zk}}$$

kde

k_v koeficient vsaku; [$m \cdot s^{-1}$]

Q_{zk} přítok vody do průzkumného objektu během zkoušky; [$m^3 \cdot s^{-1}$]

A_{zk} zkušební vsakovací plocha během zkoušky podle přílohy G; [m^2]

POZNÁMKA Koeficient vsaku k_v nelze zaměňovat s koeficientem hydraulické vodivosti ani součinitelem infiltrace. (ČSN 75 9010)

3.5.4 Vsakovací odtok

Je závislý na koeficientu vsaku a ploše vsakování.

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} * k_v * A_{vsak}$$

kde

f součinitel bezpečnostního vsaku ($f \geq 2$)

k_v koeficient vsaku [$m \cdot s^{-1}$]

A_{vsak} plocha vsaku [m^2]

Filtrační vrstva musí být vždy, propustnější než horninové prostředí, vše je vyjádřeno koeficientem vsaku.

3.5.5 Skupiny pro zařazení horninového prostředí

Zařazení se provádí na základě makroskopických popisů aktuálních nebo archivních. Dále se může udělat z klasifikačních zkoušek. Slouží k návrhu etapy geologického průzkumu pro vsakování.

Tabulka č. 2.: Orientační rozdělení horninového prostředí (Převzato z ČSN 75 9010)

Skupina	Popis podle ČSN EN ISO 14688-1 ^{a)}	Zařazení podle ČSN EN ISO 14688-2 ^{b)}	Popis podle ČSN 73 6133 ^{a)}	Zařazení podle ČSN 73 6133 ^{b)}
V.1	velký balvan, balvan, valoun, štěrk hrubozrnný, štěrk středně zrný, štěrk jemnozrnný, písek hrubozrnný, písek středně zrný, navážka ^{c)}	Bo, Co, Gr, Sa, coGr, cosaGr, saGr, grSa, sasiGr, Mg	štěrk, štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy, písek, písek s příměsí jemnozrnné zeminy	G1 GW, G2 GP, G3 G-F, S1 SW, S2 SP, S3 S-F
V.2	písek jemnozrný, prach hrubozrnný, jílovitý písek, hlinitý písek, navážka ^{c)}	Si, clSa, saSi, sagrSi, siSa, grsiSa, siGr, orSa, saclGr, Mg	štěrk hlinitý, písek hlinitý, štěrk jílovitý, písek jílovitý, štěrkovitá hlína, písčitá hlína	G4 GM, S4 SM, S5 SC, G5 GC, F1 MG, F3 MS
V.3	prach středně zrný, prach jemnozrnný, jíl, písčité jíl, jílovitý prach, organická zemina ^{c)} , navážka ^{c)}	Cl, Or, sagrCl, siCl, clSi, saclSi, clSi, saOr, siOr, clOr, orCl, orSi	štěrkovitý jíl, písčité jíl, hlína, jíl	F2 CG, F4 CS, F5 (MI, ML), F6 (CL, CI), F7 (MH, MV, ME), F8 (CH, CV, CE)
^{a)} Pro jednoduché poměry, nenáročné stavby, orientační průzkum na základě makroskopického popisu. ^{b)} Pro složité poměry, náročné stavby, podrobný průzkum na základě laboratorních zkoušek. ^{c)} Podle charakteru a samostatného posouzení				

Gr – Štěrk

Si – Prach

Or – Organická zemina

Bo – Balvany

Sa – Písek

Co – Valouny

Mg – Navážka

Cl – Jíl

Tabulka č. 3.: Orientační rozdělení horninového prostředí (ČSN EN ISO 14689-1)

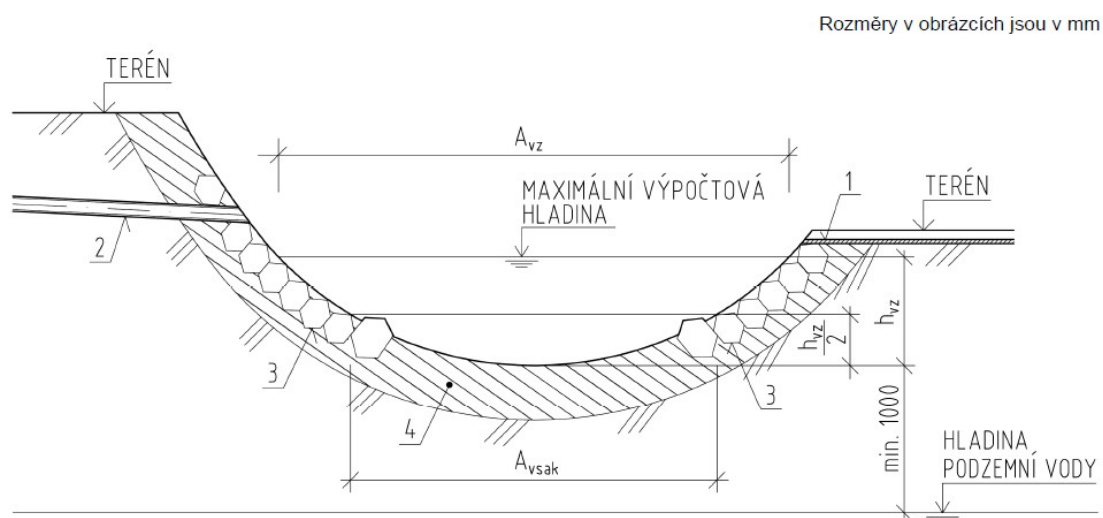
Skupina	Vzdálenost diskontinuit ^{a)} [mm]	Rozevření diskontinuit ^{a)} [mm]
V.4	malá (< 60)	rozevřené (> 2,5)
V.5	střední (60 až 200)	otevřené (0,5 až 2,5)
V.6	velká (> 200)	sevěné (< 0,5)

3.6 Vsakovací zařízení

3.6.1 Druhy vsakovacích zařízení

Povrchová vsakovací zařízení – Tento druh se nejvíce přibližuje přirozenému vsaku srážek. Výhodné je snadné odstraňování splavenin a obnova filtrační vrstvy. Dochází i k lepšímu zachycení znečištění oproti druhému typu.

Obrázek č. 4.: Povrchová vsakovací nádrž nebo příkop
(Převzato z ČSN 75 9010)

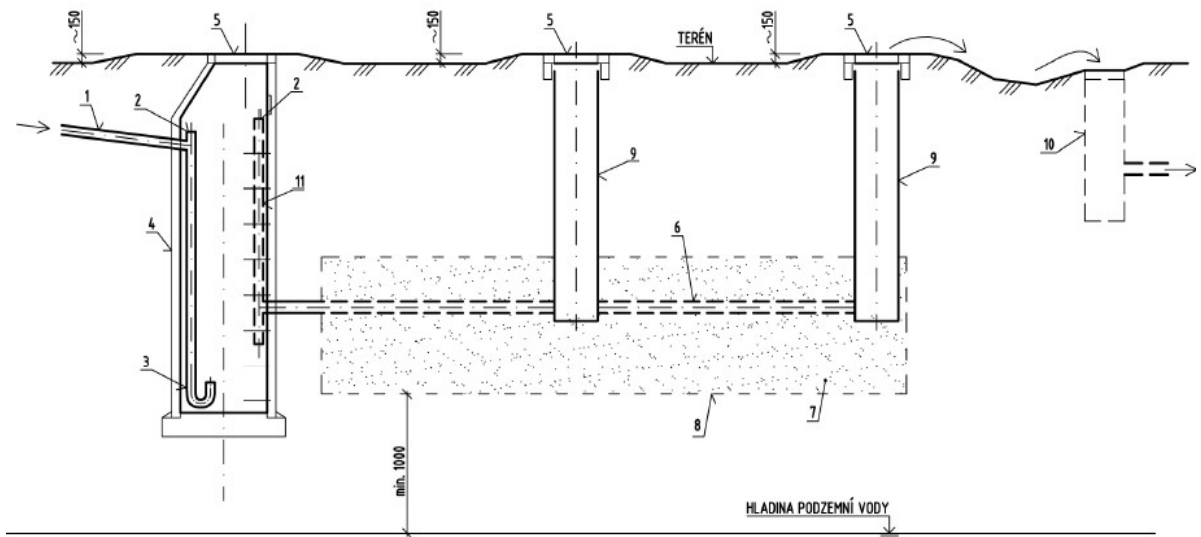


Legenda:

- 1 Přítokový žlab
- 2 Přítokové potrubí
- 3 Zpevnění břehu kamennou dlažbou v místě přítoku
- 4 Vegetační vrstva
- A_{vsak} Vsakovací plocha vsakovacího zařízení
- A_{vz} Plocha hladiny vsakovacího zařízení
- h_{vz} Výška propustných stěn (břehu)

Podzemní vsakovací zařízení – Tímto typem se zabývá studie v této práci. Je to uměle vytvořený prostor, vždy s určitým retenčním prostorem. Musí být opatřeno odvětráním, bezpečnostním přelivem, kontrolními místy a čistícími prvky. Dále se podzemní zařízení dělí dle vyplnění podzemního prostoru, který je vyplněný bloky z plastu, štěrkem, tunelovým systémem a vsakovací šachty.

Obrázek č. 5.: Podzemní prostor vyplněný štěrkem
(Převzato z ČSN 75 9010)



Legenda:

- 1 *Přítokové potrubí*
- 2 *Otevřené svislé hrdlo*
- 3 *Svislé potrubí se spodní částí zabraňující víření na dně šachty*
- 4 *Vstupní a rozdělovací šachta s kalovým prostorem*
- 5 *Poklop s otvory nebo mříž plnicí funkci odvětrání a bezpečnostního přelivu*
- 6 *Drenážní trubky*
- 7 *Štěrkový polštář*
- 8 *Geotextilie*
- 9 *Revizní a větrací šachta*
- 10 *Alternativní ponorná trubka pro zabránění průniku lehkých kapalin do vsakovacího zařízení*

3.6.2 Dimenzování vsakovacího zařízení

Jako základní pro správné dimenzování zařízení je stanovení doby vyprázdnění a retenční objem. Nutný je také výpočet odvodňované plochy, určení vsakovací plochy a další výpočty zmíněné v předešlé kapitole.

Přítok do vsakovacího zařízení je nárazový a zpravidla převyšuje vsakovací odtok, proto je nutné, aby mělo zařízení určitý retenční objem. Ten se vypočítá ze vztahu:

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} * (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} * k_v * A_{vsak} * t_c * 60$$

kde

h_d návrhový úhrn srážek, buď dle tabulky v normě ČSN 75 9010 nebo dle místně platných hydrogeologických údajů s odpovídající dobou trvání t_c a stanovenou periodicitou

A_{red} redukovaný půdorysný průmět odvodňené plochy v m^2

f součinitel bezpečnostního vsaku

k_v koeficient vsaku

A_{vsak} vsakovací plocha vsakovacího zařízení

A_{vz} plocha hladiny vsakovacího zařízení (jen u povrchových zařízení)

t_c doba trvání srážky určité periodicity, dle platných hydrologických údajů

3.6.3 Údržba vsakovacího zařízení

Tabulka č. 4.: Údržba vsakovacího zařízení (ČSN EN ISO 14689-1)

Druh zařízení	Způsob údržby	Interval údržby
Povrchová vsakovací zařízení	Kosení a odstranění pokosené trávy	Min. 2 × za léto
	Odstranění listí a jiných nánosů	Na podzim nebo podle potřeby
Podzemní prostor vyplněný štěrkem	Kontrola vstupních nebo revizních šachet, kontrola odvětrání	2 × za rok a po každém velkém dešti
	Čištění usazovací šachty	Po každém velkém dešti, nejméně však 2 × za rok
Vsakovací šachta	Kontrola stavu vsakovací šachty, jejího odvětrání a potrubí, které je v ní umístěno	2 × za rok a po každém velkém dešti
	Výměna štěrku na dně nebo jeho povrchové vrstvy, výměna geotextilie	Podle potřeby při malém vsakovaném odtoku
Podzemní prostor vyplněný bloky nebo tunelový systém	Kontrola stavu vsakovacího prostoru, pokud ji jeho konstrukce umožňuje, kontrola odvětrání	2 × za rok a po každém velkém dešti
	Čištění usazovacího prostoru nebo filtru splavenin, umístěného před vsakovacím zařízením	Po každém velkém dešti, nejméně však 2 × za rok
	Odstranění usazenin ze dna vsakovacího prostoru, pokud je to technicky možné	Podle potřeby, při malém vsakovaném odtoku

3.6.4 Jakost srážkových vod

Pro možnost vsakování srážkových vod je důležité hledisko, míra znečištění této vody. V projektové fázi je velice složité zjistit tuto míru, která se časem může měnit. Při vsakování srážek hrozí znečištění podzemních vod. V projektu je zpracována podrobně lokalita, která spadá do srážkových povrchových vod přípustných pro vsakování. Není zapotřebí přečištění případné zachycení splavenin. Tedy splňuje normu z ČSN 75 9010

4 Metodika

Základní pro zpracování rešeršní části bakalářské práce je sehnání podkladových materiálu. Hlavním zdrojem jsou především vyhlášky, knihy a články. Z těch, je vypracována rešeršní část, kde došlo k získání základního přehledu o problematice hydrogeologického průzkumu a seznámení s jednotlivými částmi vyhlášky ČSN 75 9010.

Pro praktickou část je stěžejní hydrogeologický průzkum v Praze Michle. Před samotnou prací v terénu jsou dohledány archivní materiály geologických průzkumů uložené ve fondu České geologické služby v Praze, z nichž byly prostudovány archivní vrty v blízkosti zájmové lokality. Další fází bylo určení metodiky hydrogeologického průzkumu. Pro tento účel byly zvoleny dva jádrové vrty.

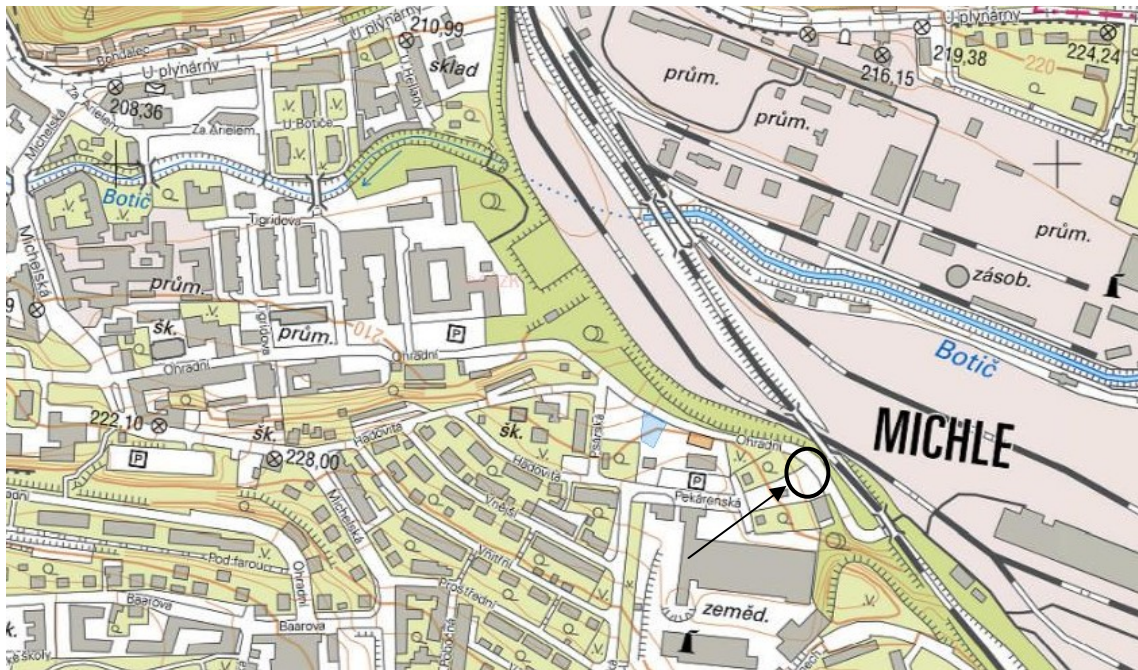
Práce v terénu je započata vytyčením míst pro vrty, s následným odvrtáním jsou popsány jádrové vrty. V mělčím z vrtů na místě projektovaného vsakovacího zařízení je provedena vsakovací nálevová zkouška. Do odvrtaného vrtu se nalije najednou určité množství vody. Z této zkoušky bude dopočítán koeficient vsaku, retenční prostor vsakovací nádrže a doba prázdnění. Z těchto údajů se zhodnotí možnost vsakovávání srážkových vod.

5 Praktická část (Michle, ulice Ohradní)

5.1 Základní charakteristika území, metodika

Ve spolupráci s geologickou kanceláří jsem vypracoval hydrogeologický průzkum pro ověření možnosti likvidace srážkových vod vsakem do geologického prostředí na Praze 4, Michle v ulici Ohradní.

Obrázek č. 6.:Orientační výřez z katastrální mapy přibližného měřítka 1:10000



Bakalářská práce řeší likvidaci srážkových vod zachycených na střeše haly s plochou střechy cca 11-19 m x 31-40 m. Likvidace srážkových vod vsakem a samotné vsakovací zařízení bude situováno v severozápadní části parcely.

Zájemové území leží na východu ulice Ohradní v městské části Michle, tedy Praha 4. Zkoumané území se nachází při východním okraji ulice Ohradní v městské části Praha 4 – Michle. V dřívějších dobách bylo území zastavěno halovými objekty, které byly v rámci nové výstavby odstraněny.

Průzkumná část práce zahrnovala dva řešené problémy část inženýrsko-geologickou a hydrogeologickou, kterou se tato práce podrobně zabývá. Práce v terénu obsahovala odvrtání dvou jádrových vrtů a to sondy JN 1 (příloha č. 2), která končila v hloubce 3,6 m pod povrchem a byla určena pro vsakovací zkoušku, tedy stanovení infiltračních poměrů, pro pozdější doporučení vsakovací jímky. Druhý vrt J2 (příloha č. 3), realizován ve východní

části odvrtný do hloubky 5 m pod povrchem byl využit především pro inženýrsko-geologický průzkum. Pro problematiku řešenou v mé bakalářské práci má význam hlavně pro konstatování, že v dané hloubce nebyla zastižena hladina podzemní vody. Podrobná dokumentace vrtů je uvedena v přílohouvé části.

5.2 Geomorfologické a klimatické poměry

Z vyhlášky (Mze č. 393/210 Sb. O oblastech povodí) spadá lokalita do povodí Dolní Vltavy ČHP: 1-12-01 Vltava od Berounky po Rokytku dílčího povodí ČHP: 1-12-01-020. Potok Botič tvoří místní erozní bázi, vsakovací zkouška je od potoka přibližně 140 m daleko.

Dle regionálního geomorfologického členění České republiky (Demek et al. 1987) náleží zkoumané území do Brdské oblasti (VA), celku Pražská plošina (VA-2), podcelku Říčanská plošina (VA-2A), okrsku Úvalská plošina (VA-2A-c). Celá parcela je v mírně svažitém území se sklonem kolem 4° k severovýchodu.

Podle klimatické rajonizace (Quitt 1971) náleží území do teplé klimatické oblasti T2, s průměrnými hodnotami klimatických charakteristik viz níže uvedená tabulka. Lokalita se vyznačuje suchým a teplým létem. Teplým jarem a podzimem. Přechnodné období je velice krátké stejně jako suchá zima s velmi krátce trvající sněhovou pokrývkou.

Tabulka č. 5.: Charakteristika klimatické oblasti T2 (čerpáno z Quitt 1971)

Počet letních dnů	50-60
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C a více	160-170
Počet mrazových dnů	100-110
Počet ledových dnů	30-40
Průměrná teplota v lednu (°C)	-2 až -3
Průměrná teplota v červenci (°C)	18-19
Průměrná teplota v dubnu(°C)	8-9
Průměrná teplota v říjnu (°C)	7-9
Průměrná počet dnů se srážkami 1 mm a více	90-100
Srážkový úhrn ve vegetačním období v mm	350-400
Srážkový úhrn v zimním období v mm	200-300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40-50
Počet dnů zamračených	120-140
Počet dnů jasných	40-50

Nadmořská výška v místě vrtu JN 1 se pohybuje kolem 219,5 m nad mořem. Současná morfologie terénu je z části ovlivněna bývalou zástavbou a antropogenní činností. Došlo k úpravě terénu navedením navážky v severní části území, tím se docílilo zarovnění plochy.

Násyp je dobře viditelný už pouhým pohledem z ulice Ohradní. Terén je oproti komunikaci navážkou vyvýšený o 1 m na některých místech dokonce o 1,5 m, tím je kóta nejvyššího místa rovna 222,7 m nad mořem.

Michle se nenachází v pásmu ochrany přírodních léčivých zdrojů minerálních vod ani zde není stanovené jiné ochranné pásmo vodních zdrojů.

Z vyhlášky (č. 5/2011 Sb. O vymezení hydrogeologických rajonů) vyplývá že je území začleněno do rajónu Proterozoika a Paleozoika – 6250.

5.3 Hydrologické poměry

Podzemní vody jsou na lokalitě ovlivněny nedalekým potokem a přirozenou infiltrací srážek spadlých na území lokality. Infiltrace je významně omezená zpevněnými a zastavěnými plochami. Hydrologické poměry území především závisí na rozsahu infiltrační oblasti, potenciálním zdroji podzemní vody, morfologii a charakteru terénu, propustnosti jednotlivých horninových vrstev a v neposlední řadě na urbanizaci širší oblasti.

Na horninový masiv tvořeného jílovitými břidlicemi bohdaleckého souvrství jsou vázány podzemní vody lokality. Souvrství se vyznačuje filtrační nestejnorodostí, která je podmíněna zejména různým stupněm zvětrání a v povrchové části rozvolněním. Z jádrových vrtů bylo zjištěno, že svrchní část horninového masívu má charakter hydrologického režimu s průlinovo-puklinovou propustností, prostředí zvětralé, rozvolněné až silně rozpukané. Zvodeň zde nevytváří souvislou hladinu, ale voda omezeně cirkuluje v diskontinuitách a struktuře bez jílové výplně. Jedná se o málo vydatný, nespojitý horizont kde hladina podzemní vody osciluje v závislosti na atmosférických srážkách. Není to vždy pravidlem.

V kvartérních zeminách může docházet v závislosti na klimatických období ke krátkodobému převlhčení jemnozrné frakce a především tomu tak je v zásepových místech. Horizont podzemní vody se zde nevytváří.

Ani jedna ze sond JN1 a J2 hladinu podzemní vody nezastihla. V hloubce 5 m pod povrchem nedošlo ani k jejímu ustálení. V archivním vrtu 50 m západně byla hladina podzemní vody ustálena na kótě terénu 213,8 m nad mořem. Tento údaj je ale čistě orientační.

Z výsledků nového vrtu a dalších dostupných údajů lze v severozápadní části v místě, kde je neprojektováno vsakovací zařízení očekávat nejvyšší hladinu podzemní vody zhruba

v 5 m pod terénem. To je již pod uvedenou kótu 214 m nad mořem. Hladina podzemní vody neovlivňuje vsakovací prostor.

Pohyb podzemní vody je přibližně konformní se sklonem terénu. Svah směřuje k místnímu potoku Botič, který tvoří erozní bázi a protéká přibližně 150 m severně od zájmového území.

5.4 Geologické poměry

Předkvarterní podklad zkoumaného území je tvořený zpevněnými sedimentárními horninami barandienského paleozoika řazenými do bohdaleckého souvrství. To je v dané lokalitě vyvinuté v jílové břidlice. Přesněji se z litologického hlediska jedná o slídnaté jílové břidlice s různým podílem prachovité frakce.

Barva břidlice v nezvětralém stavu je černošedá až tmavošedá. Místy je hornina jen velice málo diageneticky zpevněná a nabývá až charakteru jílovců. Hloubka zvětrání místy přesahuje až několik metrů, jílové horniny bohdaleckého souvrství řadíme do nejméně odolných paleozoických hornin pražského barrandienu. Podle vyhodnocení vrtu J2 a dalších archivních průzkumů rozlišujeme do hloubky 5 m následující zvětralinové zóny:

- Zóna velmi až zcela eluviálně rozložené jílovité břidlice charakteru zeminy. Písčito-jílovité hlíny pevné konzistence s drobnými střípky a úlomky mateční horniny. Mocnost této vrstvy se pohybuje kolem 0,35-0,95 m.
- Zóna velmi zvětralé břidlice s hlinito-střípkovitým až drobně úlomkovitým rozpadem. Obsahuje snadno drtitelné úlomky a hojnou hlinito-jílovitou výplň diskontinuit, někdy se objevují i povlaky limonitu, ve smyslu ČSN EN ISO 14689-1 charakterizujeme horninový masív extrémně malou vzdáleností diskontinuit (< 2 mm), hornina je tence laminovaná (2-3 mm). Mocnost zóny je 0,5 až 1 m.
- Zóna mírně zvětralé jílovité břidlice s úlomkovitým rozpadem. Úlomky vykazují vysokou pevnost, jsou nesnadno rozlomitelné v ruce, ojediněle je zde přítomná jílovitá výplň diskontinuit. Dle ČSN EN ISO 14689-1 charakterizujeme horninový masív velmi malou vzdáleností diskontinuit (20-60 mm), hornina je silně laminovaná (5-15 mm). Povrch zóny se nachází v hloubce 2,5 až 2,8 m pod povrchem terénu.

Povrch ordovického horninového masívu byl sondami ověřen v hloubce od 0,65 do 1,45 m pod povrchem terénu. Vzhledem k tak nízké expozici břidlic pod povrchem terénu, se jedná

o zcela zásadní prvek v řešení a navrhování vsakovacího zařízení pro srážkové vody.

Horniny paleozoika jsou na zkoumaném území překryté vrstvou kvartérních zemin, které jsou reprezentovány deluviálními (svahovými) sedimenty a také mocnou vrstvou navážek, které řadíme do geotechnického typu GT 1.

Svahové sedimenty představují přirozeně naakumulovanou vrstvu zemin, které vznikly převážně soliflukčními pohyby, kde je pohyb usnadňován prosycením půdy vodou. Jde o gravitační transport zvětralin. Určitý vliv na vznik sedimentů měly i přívalové srážky doprovázenými krátkými splachy. Zeminy mají charakter nízkoplastické písčité hlíny až písčitého jílu pevné konzistence světle hnědé barvy s hojnými opracovanými úlomky břidlic. Lokálně obsahují vlásečnicoví kořeny rostlin a jílovito-písčité polohy. Díky dominantnímu obsahu jemnozrné frakce klasifikujeme zeminy na tomto území dle ČSN EN 14668-2 jako saSi (písčítý prach) až saclSI (písčitojílovitý prach). Svahové sedimenty jsou mocné 0,5 až 0,95 m a v celé ploše zkoumané lokality jsou překryty navážkou. Pro zasakování srážkových vod s touto vrstvou vůbec nepočítáme.

Se sekundární úpravou morfologie terénu souvisí navážky, které zde byly navedeny při výstavbě původního objektu. Navážka je reprezentována heterogenními materiály charakteru jílovotopísčité hlíny s úlomky betonu, cihel, různých hornin a valouny křemene. Celková mocnost navážek je okolo 0,65 až 0,95 m. Maximum bylo zjištěno v sondě JN 1, tedy v místě navržené vsakovacího zařízení. Navážky jsou vázány k deponovaným betonovým panelům, které pokrývají povrch části pozemku, další výskyt je v místech zasypání inženýrských sítí (spláskové kanalizace a vodovodu). Pro zasakování s touto vrstvou v žádném případě nelze počítat.

5.5 Charakteristiky místních geo. prostředí z hlediska rychlosti infiltrace

Pod pravidly z nové normy z roku 2012 v přesném znění „Vsakovací zařízení srážkových vod“ ČSN 75 9010 byly ověřeny infiltrační parametry geologického prostředí, kde bude srážková voda zasakována.

Ve vrtu JN1 byla provedena zkouška s proměnlivou hladinou. Ta spočívá v jednorázovém nalití určitého objemu pitné vody do vrtu (případně výkopu, rýhy atd.). Stěny vrtu by měly být zdrsňeny pro zlepšení infiltračních vlastností a zamezení účinku zhutnění stran. Toto kritérium je v terénu skoro neproveditelné. Po nalití vody do vrtu následuje měření poklesu hladiny v závislosti na čase infiltrace. Celková doba infiltrace vody do vrtu činila 24 hodin a 10 minut.

Tabulka č. 6.: Parametry vsakovací zkoušky a vrtu

Parametry vsaku (vyhodnocení):		
hladina-počátek H_0	1.840	m
hladina-konec H_t	3.360	m
střed vsaku	2.600	m
výška vsaku	1.000	m
čas-počátek t_0	0	s
čas-konec t_t	87000	s
objem vody	0.045394	m^3

Parametry vrtu:	
průměr vrtu	0.2 m
hloubka vrtu	3.60 m
průměr pažnice	bez pažnice
interval perforace	---
obvod	0.6 m

Vsakovací plocha:		
dno	0.0299	m^2
boky (plášť)	0.6126	m^2
plocha celkem	0.6425	m^2

V tabulce č. 7 jsou specifikována jednotlivá geologická prostředí, které jsou zastižena ve zkoumané lokalitě z hlediska rychlosti vsaku vody do horniny. Koeficient vsaku charakterizuje rychlost infiltrace vody do horninového prostředí, počítá se s atmosférickým tlakem, při jednotkovém hydraulickém gradientu, který je značen jako I. Hydrologický průzkum lokálně ověřil infiltrační parametry zachycené spodní mírně zvětralých břidlic.

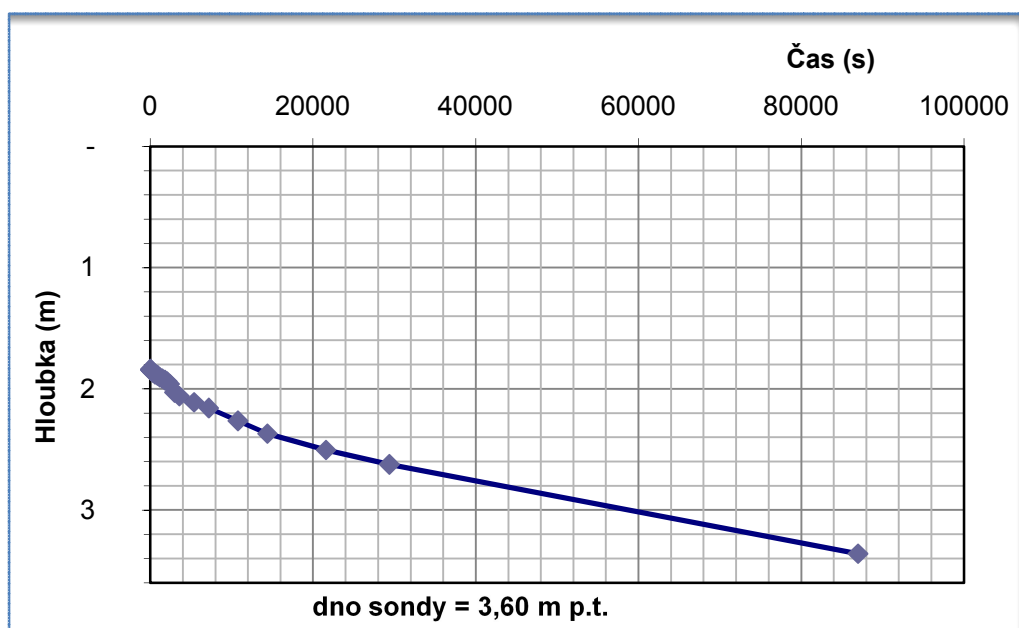
Tabulka č. 7.: Koeficient vsaku místních prostředí

Geneze a popis geologického prostředí	Koeficientu vsaku k_v ($m.s^{-1}$)	Vzdálenost diskontinuit podle ČSN EN ISO 14689-1	Návrhová hodnota k_v ($m.s^{-1}$)
Heterogenní zemní navážky charakteru písčité hlíny a jílovitopísčité hlíny	1.10^{-6} až 5.10^{-5}	-	(nedoporučuje se zasakovat)
Deluviální (svahové) sedimenty charakteru písčitého jílu s úlomky břidlic až písčitojílovité hlíny a hlinitojílovitě rozložené břidlice	1.10^{-7} až 5.10^{-7} (*)	-	$3,0.10^{-7}$
Předkvartérní podloží: velmi a mírně zvětralá jílovitá břidlice	$8,12.10^{-7}$ (**)	extrémně malá až velmi malá	$2,50.10^{-6}$ (***)

(*) Odhad dle srovnatelné studie. (**) Ověřeno vsakovací zkouškou ve vrtu JN 1 (***) Návrhová hodnota pro prostředí silně rozpukaných břidlic dle analogických vsakovacích zkoušek v kopaných sondách (diskutováno dále v textu).

Rozhodujícím prostředím pro problematiku finálního návrhu vsakovacího objektu s retenčním prostorem je břidličné podloží pod svrchní eluviální (nepřemístěná zvětralina) zónou. Pro předkvartérní prostředí velmi a mírně zvětralé břidlice jsem ve výše uvedené tabulce uvedl hodnotu vsaku z přímé nálevové zkušky do vrtu JN1 jejíž průběh je patrný z grafu č. 1 viz níže a dále i vyšší návrhovou hodnotu koeficientu vsaku $2,5 \cdot 10^{-6}$. Tato hodnota je uvedena z důvodu faktu, že vsakovací zkouška v jádrovém vrtu nemůže efektivně postihnout strukturní prvky horninového prostředí. Další z důvodů je zatažení stěn vrtu v důsledku, které je vsakování do boků značně nepříznivě ovlivněno.

Graf č. 1.: Průběh vsakovací zkoušky



5.6 Posouzení možnosti likvidace srážkových vod vsakováním

Podmínky pro vsakování srážkových vod stanovuje vyhláška ČSN 75 9010 „Vsakovací zařízení srážkových vod“, z ní vycházím při navrhování systému likvidace srážkových vod vsakováním. Dále vycházím z TNV 75 9011 „Hospodaření se srážkovými vodami“.

Ze zákona č. 350/2012 (Sbírky o územním plánování a stavebním řádu, která prošla novelou 19.9.2012) vychází požadavek na vsakování srážkových vod. Dále se vychází z vyhlášky 269/2009 Sbírky o obecných požadavcích na využívání území a vyhláška číslo 26/1999 sbírky hlavního města Prahy, o obecných technických požadavcích na výstavbu na území hlavního města Prahy.

V severozápadní části lokality je dle stavebního plánu navrženo vsakovací zařízení pro likvidaci srážkových vod zachycených na střeše. Ostatní dešťové vody z příjezdové komunikace, parkoviště a chodníků budou zasakovány do přilehlých zelených pásů, které jsou zakomponované v terénu.

Dle ČSN 75 9010 je stavba o půdorysném průměru odvodňované plochy $A_{\text{red}} > 200 \text{ m}^2$ posuzována jako náročná stavba. Při hodnocení náročnosti stavby vycházím z projektové dokumentace projektu, kde plocha střechy objektu činí 690 m^2 .

Vzhledem k dosti nízké propustnosti geologického prostředí, hodnotíme přírodní poměry jako spíše složité. Ale jako příznivý faktor hodnotím relativně hlubší hladinu podzemní vody (více jak 5 m pod terénem), její pozice určuje mocnost nasycené zóny, do které lze srážkové vody zasakovat. Podle ČSN 75 9010 je určená maximální hladina podzemní vody ode dna vsakovací nádrže a to na 1 m. Mezi příznivé faktory patří také morfologie terénu, odtok zasáknuté vody bude k severozápadu a to je z hlediska půdorysu projektované haly na druhou stranu od tohoto objektu.

Srážkové povrchové vody jsou hodnoceny jako přípustné, je dovolené vsakování přes nasycenou zónu bez předchozího předčištění

V tuto chvíli, kdy máme přírodní podmínky pro vsakování blíže specifikovány, můžeme dimenzovat podpovrchové vsakovací zařízení. Stanovíme retenční objem a vsakovací odtok. Redukovaný půdorysný průmět $A_{\text{red}} = 690 \text{ m}^2$. Vsakovací jímka se nachází na území Prahy. Volíme střední hodnotu koeficientu vsaku $k_v = 2,5 * 10^{-6}$.

Odhad vsakovací plochy

$$A_{\text{vsak}} = 0,1 * A_{\text{red}} = 0,1 * 690 = 69 \text{ m}^2$$

Stanovení retenčního objemu vsakovacího zařízení

Výpočet je nutné provést pro všechny návrhové úhrny srážek pro dobu trvání 5 min až 72 h

Dle tohoto výpočtu se navrhuje největší retenční objem. Ten dle tabulky č. 4 vychází 25,59 m³.

$$V_{\text{vz}} = \frac{h_d}{1000} * (A_{\text{red}} + A_{\text{vz}}) - \frac{1}{f} * k_v * A_{\text{vsak}} * t_c * 60$$

Tabulka č. 8.: Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení

Doba trvání srážky t_c (min)	Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení V_{vz}	Retenční objem vsakovacího zařízení V_{vz} (m ³)
5	$V_{\text{vz}} = 11,3/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 5 \cdot 60 =$	7.7
10	$V_{\text{vz}} = 16,5/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 10 \cdot 60 =$	11.3
15	$V_{\text{vz}} = 19,5/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 15 \cdot 60 =$	13.3
20	$V_{\text{vz}} = 21,1/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 20 \cdot 60 =$	14.4
30	$V_{\text{vz}} = 23,2/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 30 \cdot 60 =$	15.7
40	$V_{\text{vz}} = 24,7/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 40 \cdot 60 =$	16.6
60	$V_{\text{vz}} = 26,9/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 60 \cdot 60 =$	17.9
120	$V_{\text{vz}} = 30,6/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 120 \cdot 60 =$	19.9
240	$V_{\text{vz}} = 36,6/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 240 \cdot 60 =$	22.8
360	$V_{\text{vz}} = 42,5/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 360 \cdot 60 =$	25.6
480	$V_{\text{vz}} = 43,2/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 480 \cdot 60 =$	24.8
600	$V_{\text{vz}} = 43,8/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 600 \cdot 60 =$	24.0
720	$V_{\text{vz}} = 44,5/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 720 \cdot 60 =$	23.3
1080	$V_{\text{vz}} = 46,4/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 1080 \cdot 60 =$	20.8
1440	$V_{\text{vz}} = 46,9/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 1440 \cdot 60 =$	17.5
2880	$V_{\text{vz}} = 58,9/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 2880 \cdot 60 =$	10.8
4320	$V_{\text{vz}} = 62,5/1000 \cdot 690 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot 4320 \cdot 60 =$	-1.6

Vsakovací odtok

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} * k_v * A_{vsak} = \frac{1}{2} * 2,5 * 10^{-6} * 69 = 0,00008625 \text{ m}^3 * \text{s}^{-1}$$

Doba prázdnění vsakovacího zařízení

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}} = \frac{25,6}{0,0000863} = 82 \text{ hod}$$

Díky relativně nízké hodnotě koeficientu vsaku je nutné počítat s velmi pomalou infiltrací, výpočet jsme proto ověřili dobou vyprázdnění vsakovacího zařízení, která nesmí dle ČSN 75 9010 překročit 72 hodin.

Z výpočtů v bakalářské práci vyplývá, že projektantem předběžně navrhnuté vsakovací zařízení o retenčním objemu 18 m³ není dostatečné. Bylo počítáno nejspíš s lepším koeficientem vsaku. Místní geologické prostředí nemá příznivé infiltrační parametry a nedovoluje reálnou časovou souslednost akumulace srážkových vod a jejich bezprostřední infiltraci do horninového prostředí. Doporučuji respektovat následující vstupní faktory z hydrologického a geologického pohledu:

- Hloubkové usazení jámky: dno vsakovací nádrže by bylo ideální situovat do hloubky 3,75 m pod povrchem terénu, strop nádrže je potom limitován 1,75 m pod terénem, nesmí být nad úrovní vozovky v ulici Ohradní, která je cca 10 m od zařízení, tato vzdálenost dostatečně postačuje.
- Prostorové umístění: je voleno dle plánovaného objektu správně
- Aktivní hloubkový infiltrační interval: hloubkový interval jak už bylo výše zmíněno je 1,75 m a 3,75 m. Výška jámky tedy činí 2 m. V tomto intervalu bude celoplošně zastížena velmi zvětralá břidlice s velmi velkou hustotou ploch nespojitosti.

Vsakovací zařízení je nutné volit tak, aby nedošlo k negativnímu ovlivnění podzákladí stavby či okolních stavebních objektů. Dle přílohy C v normě ČSN 75 9010 je minimální odstupová vzdálenost vsakovacího zařízení od stavby 5 až 6 m.

6 Výsledky

Hlavním výsledkem této bakalářské práce je zjištění koeficientu vsaku $8,12 \cdot 10^{-7} \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$ na lokalitě Praha Michle na parcele v ulici Ohradní. K ověření došlo vsakovací zkouškou ve vrtu JN1. Další vyhotovený vrt J1 popsaný v příloze č. 3, slouží k ověření geologických poměrů, zjištění množství diskontinuit a ověření hladiny podzemní vody, která nebyla zastížena ani 5 m pod úrovní terénu.

Na základě koeficientu vsaku byla modelově ověřena vhodnost zvoleného vsakovacího zařízení. Doba prázdnění byla vypočítána na 82 hodin, tento čas překročil danou normu, v důsledku toho je přepočítán retenční prostor nádrže a hlavní změnou musela projít vsakovací plocha. Ta musí být zvětšena o 9 m^2 na 78 m^2 .

Vypočítaný (největší) retenční objem nádrže nyní vychází:

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} * (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} * k_v * A_{vsak} * t_c * 60 = 25,1 \text{ m}^3$$

Vsakovací odtok

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} * k_v * A_{vsak} = \frac{1}{2} * 2,5 * 10^{-6} * 78 = 0,0000975 \text{ m}^3 * \text{s}^{-1}$$

Doba prázdnění vsakovacího zařízení

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}} = \frac{25,1}{0,0000975} = 71,5 \text{ hod}$$

Tento výsledek doby prázdnění je již v normě dle ČSN 95 7010.

7 Závěr

Hydrogeologickým průzkumem na lokalitě Praha Michle byly ověřeny vsakovací poměry horninového prostředí a zhodnocena možnost likvidace srážkových vod zasakováním na pozemku v místě vsakovací zkoušky.

Při hodnocení výsledků hydrodynamických zkoušek, především u nálevové je nutné brát v úvahu, že vypočítaný koeficient vsaku reprezentuje prostředí pouze v blízkosti sondy, kde byla zkouška provedena. Značný vliv na výsledek mají lokální hydrogeologické podmínky v místě vsakování. Koeficient vsaku reprezentující dané geologické prostředí se většinou pohybuje v širším rozpětí.

Vsakovací zkouška v jádrovém vrtu JN1 na lokalitě Praha Michle, nemůže efektivně postihnout strukturní prvky s puklinovou propustností horninového masivu. Dále je na uváženou nepříznivý dopad vrtání na zatažení stěn. Vsakování do boků je tím silně zkeslené a výsledná hodnota koeficientu vsaku díky tomu vychází o řád hůře, než by nejspíš vycházela u kopané sondy, kde jsme schopní rozrušit stěny po výkopu. Spočítaná hodnota koeficientu vsaku rovna $8,12 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ byla nahrazena pro výpočty návrhovou hodnotou rovné $k_v = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$.

Přírodní podmínky zkoumané lokality jsou hodnoceny jako spíše složité a to vzhledem k nízké propustnosti místního geologického prostředí. Jako příznivý faktor lze brát relativně hlubší hladinu podzemní vody. Pozice více jak 5 m pod povrchem nám určuje mocnost zóny, do které lze zasakovat. Z poznatků ze širšího okolí lze předpokládat, že i když sondáž byla provedena v období dlouhého sucha, hladina podzemní vody v bázi, kde bude umístěno vsakovací zařízení, neovlivní ani při jiných podmínkách. Dle ČSN 75 9010 jsou při návrhu splněny všechny podmínky. Tuto normu však nelze hodnotit jako dostatečně komplexní pro zájmové území, jedná se o větší urbanizovaný celek, kde nejsou podmínky pro vsak ideální. Vstupní parametry pro dimenzování vsakovací nádrže se dají zlepšit například povrchovou úpravou střechy, nebo jinými opatřeními.

8 Přehled literatury a použitých zdrojů

- CÍSLEROVÁ M., 1989: Inženýrská hydrogeologie. ČVUT, Praha.
- BOUČEK B., KODYM O., 1963: Geologie II.díl. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- CÍSLEROVÁ M., VOGEL T. a kol., 2008: Transportní procesy ve vadózní zóně. ČVUT, Praha.
- ČERMÁKOVÁ B., MUŽÍKOVÁ R., 2009: Ozeleněné střechy. Grada Publishing, a.s., Praha.
- ČGS, 2015: Česká geologická služba - Geovědní informace na území ČR, Praha, online: <http://mapy.geology.cz/website/geoinfo/>
- ČGS, 2015: Česká geologická služba - Hydrogeologická rajonizace, Praha, online: http://mapy.geology.cz/hydro_rajony/
- ČGS, 2015: Česká geologická služba – Geologická encyklopedie, Praha, online: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl>
- ČÚZK, 2015: Český úřad zeměměřický a katastrální, Praha, online: http://vdp.cuzk.cz/marushka/?Themeid=1&InfoURL=http://vdp.cuzk.cz/vdp/ruian/prechodNaDetail&InfoTarget=vdpWindow_1340785078462
- GEOLOGY, 2015: Geologická mapa 1:25 000. Česká geologická služba, Praha
- HILLER, D., 1998: Environmental Soil Physics. Academic Press, San Diego, USA
- KUTÍLEK, M., 1984: Vlhkost pórovitých materiálů. 1. vyd. Praha: SNTL.
- KABELKOVÁ I., DOLEŽALOVÁ A., 2009: Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku: praktický rádce pro obnovu propustnosti povrchů a zasakování. Ústav pro ekopolitiku o.p.s., Praha
- ŠIMEK M., 2003: *Půda 1: Neživé složky půdy*, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta.
- NĚMEČEK, J., 1981: Základní diagnostické znaky a klasifikace půd ČSR. 1. vyd. Praha: Academia.
- QUITT E., 1971: Klimatické oblasti Československa. Academia, Praha.
- TESAŘ M., ŠÍR M., SYROVÁTKA O., PRAŽÁK J., LICHNER Ľ. & KUBÍK F., 2001: Soil water regime in head water regions—observation, assessment and modelling. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*.

- TZB INFO., 2015: Stavební úspory energie technických zařízení budov, online: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/9961-motivace-k-hospodareni-s-destovou-vodou>
- TESAŘ M., ŠÍR M., PRAŽÁK J. & LICHNER L., 2004: Instability driven flow and runoff formation in a small catchment *Geologica Acta*, 2.
- VALENTOVÁ J., 2007: Hydraulika podzemní vody. *ČVUT, Praha*.
- VEJTOVÁ J., Inženýrsko geologický průzkum. Praha Michle. Projektový ústav dopravních a inženýrských staveb Praha 2.
- Zákon č.254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.
- Zákon č.274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, v platném znění.
- vyhláška č. 26/1999 Sb., hlavního města Prahy, o obecných technických požadavcích na výstavbu na území hlavního města Prahy.
- Vyhláška č.501/2006 Sb., o technických požadavcích na využívání území, v platném znění.
- Vyhláška č.268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, v platném znění.
- Vyhláška č. 269/2009 Sb., o obecných požadavcích na využívání území.
- ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod.
- ČSN EN ISO 14689-1 Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zařídování hornin.
- TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami.

9 Přílohy

Příloha č. 1.: Zkoumaný pozemek



Příloha č. 2.: Vrt JN1

Souřadnice (JTSK/Bpv) : x: 1047279,55 y: 740429,60 z: 219,60	Technologie sondování : jádrový vrt soupravou typu PBU-1 (rotačně-jádrové vrtání na sucho)
Podzemní voda: naražená hladina: nebyla zastižena	
ustálená hladina: neustálila se (6.3. vrt bez vody, 7.3. vrt bez vody)	
Vzorkování: ---	

[m] Popis: (± 0,00 = povrch terénu)

0,00 - 0,15 betonový panel armovaný

- 0,95 hnědá jílovitopísčité hlína s příměsí kamenů, valounů a úlomků cihel 1-5 cm (10-15%), ojediněle uhlíky, nízkoplastická, konzistence pevná až pevná/tuhá

----- KVARTÉR - antropogenní uložení (navážky) -----

- 1,45 světle hnědá písčité hlína až písčité jíly s hojnými drobnými střípky a opracovanými úlomky břidlice do 1 cm, nízkoplastická, konzistence pevná

----- KVARTÉR - deluviální (svahové) uložení -----

- 1,80 hnědá zcela zvětralá až rozložená jílovitá břidlice, hlinito-střípkovitě rozpadavá, střípky velikosti do 1 cm a tloušťky 1 mm, generálně charakteru zeminy - písčité hlíny pevné konzistence, tř. R6 (F3)
/předkv. podklad - ordovik - bohdalecké souvrství/

- 2,80 šedohnědá jílovitá břidlice velmi zvětralá, hlinito-střípkovitě až drobně úlomkovitě rozpadavá, úlomky velikosti 1-2 cm, v ruce držitelné, tloušťka úlomků 2-3 mm, hojná jílovitá výplň diskontinuit, místy silně limonitizovaná, tř. R5
/předkv. podklad - ordovik - bohdalecké souvrství/

- 3,60 hnědošedé až šedá jílovitá břidlice mírně zvětralá, drobně úlomkovitě rozpadavá, úlomky 2-4 cm, snadno lámatelné v ruce - větší obtížněji, tloušťka úlomků 3-5 mm, místy rezavé povlaky limonitu a jílovitá výplň puklin, tř. R5/R4 až R4
/předkv. podklad - ordovik - bohdalecké souvrství/

Příloha č. 3.: Vrt J2

Souřadnice (JTSK/Bpv): x: 1047294.98 y: 740386.42 z: 221,58	Technologie sondování : jádrový vrt soupravou typu PBU-1 (rotačně-jádrové vrtání na sucho)
Podzemní voda: naražená hladina: nebyla zastižena ustálená hladina: neustálila se (za 24 hod)	
Vzorkování: ---	

[m] Popis: (± 0,00 = povrch terénu)

0,00 - 0,08 bělošedý beton (betonový panel)

- 0,50 béžový až béžově hnědý hlinitý písek s hrubozrnnou písčitou frakcí, ojediněle pevné nezávětralé kamenivo 4-6 cm, zavlhlý, nesoudržný charakter (podsyp)

- 0,65 šedohnědá jílovitá hlína jemně písčitá, svrchu s příměsí úlomků křemence 4-7 cm, nízkoplastická, konzistence pevná/tuhá

----- **KVARTÉR - antropogenní uloženiny (navážky)** -----

- 1,60 hnědá jílovitopísčité hlína až písčité jíly s hojnými drobnými střípky a zrníčky břidlice, při bázi vlásečnicové kořeny vegetace, v int. 1,50-1,60 m poloha silně písčitého jílu tuhé konzistence, chaotická textura, konzistence pevná

----- **KVARTÉR - deluviální (svahové) uloženiny** -----

- 2,00 hnědá až šedohnědá zcela zvětralá až eluviálně rozložená břidlice, hlinito-střípkovitě rozpadavá, střípky a šupinky mm velikosti, generelně charakteru zeminy - písčité hlíny pevné konzistence, tž. R6 (F3)
/předkv. podklad - ordovik - bohdalecké souvrství/

- 2,50 šedohnědá jílovitá břidlice velmi zvětralá, hlinito-střípkovitě až hlinito-úlomkovitě rozpadavá, úlomky 2-3 cm měkké snadno v ruce drtitelné, tloušťka úlomků 2-3 mm, hojná jílovitá výplň diskontinuit a rezavé povlaky limonitu, tž. R5
/předkv. podklad - ordovik - bohdalecké souvrství/

- 5,00 tmavě šedá jílovitá břidlice mírně až slabě zvětralá, úlomkovitě rozpadavá, úlomky 4-7 cm pevné i lámavé v ruce, tloušťka úlomků 10-15 mm, místy povlaky limonitu a jílovitá výplň diskontinuit, od hl. 4,0 již mírně obtížněji vrtatelná, tž. R4
/předkv. podklad - ordovik - šárecké souvrství/

Příloha č. 4.: Archivní sonda se zastiženou hladinou podzemní vodou

PROJEKTOVÝ ÚSTAV DOPRAVNÍCH A INŽENÝRSKÝCH STAVEB PRAHA 2, SOKOLSKÁ 68, STŘ. INŽ. GEOL. PRŮZKUMU

Cis. zak.: 3-0508-0005-06	Akce: Geolog. mapa 1 : 5000	Sonda č. Wirth 17	Prac. dok. č. 1212
Poslal: I. Vejtvá	Podnik: PÚDIS	Rok	Mapa P 6-3/135
Souřadnice y = 740.489 m	x = 1047.279 m	z = 217,95 m	V

- 20 humózní hlína
- 50 hlinitá navážka, ulehlá
- 80 humózní hlína, ulehlá
- 140 tm. hnědá hlína, pevná s drobnými křem. zrnky a drobnými opracovanými úlomky břidlic - svahevá
- 180 světle hnědá, písčité, slídnatá hlína pevná, s drobnými valounky (písč. složka je hrubě zrnitá)
- 210 šedohnědá hlína se zvětřalými úlomky břidlic, střídající se s vrstvičkami silně písčité hlíny až silně hlinitého hrubozrnného slídnatého písku
- 410 šedohnědá, rez. smouhovaná hlína, pevná, s drobnými rozvětřalými úlomky břidlic, svahevá
- 540 šedohnědá, jemně slídnatá, úlomkovitě rozpadavá zvětřalá břidlice
- 700 tm. šedé, jemně slídnaté, úlomkovitě zvětřalé břidlice
- 1000 tm. šedé, silně jemně slídnaté navětřalé břidlice

Hladina podzemní vody zastižena 450 cm pod ter.

ustálena 380 cm -P- (214,15)

Odebrán vzorek vody.

Příloha č. 5.: Vrtné jádro JN1 (3,6 m)



Příloha č. 6.: Vrtné jádro J2 (5 m)

