



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

VLIV AGROTECHNIKY NA FYZIKÁLNÍ A HYDRAULICKÉ VLASTNOSTI PŮDY

THE IMPACT OF AGRO-TECHNOLOGY ON THE PHYSICAL AND HYDRAULIC PROPERTIES
OF THE SOIL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

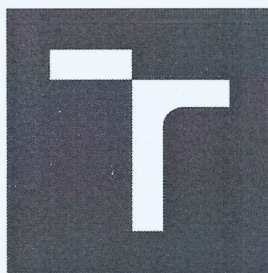
Michaela Vláčilíková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVANA KAMENÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO, 2018



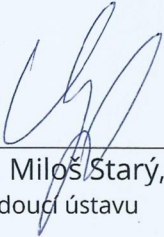
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

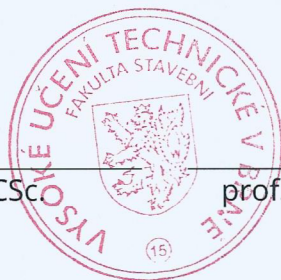
Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

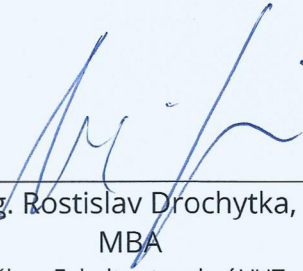
ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Michaela Vláčilíková
Název	Vliv agrotechniky na fyzikální a hydraulické vlastnosti půdy
Vedoucí práce	Ing. Ivana Kameníčková, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017


prof. Ing. Miloš Štary, CSc.
Vedoucí ústavu




prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Hůla, J. a kol. (2010): Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., ISBN 978-80-86884-53-0.

Hůla, J. a kol. (2004): Minimalizační a půdoochranné technologie. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., ISBN 80-86884-01-5.

Jandák, J. a kol. (2003): Cvičení z půdoznalectví, MZLU, Brno, ISBN 80-7157-733-2.

Kameníčková, I. (2013): BS006 - Návody do cvičení: Hydropedologie. Elektronická verze studijní opory pro studijní programy s prezenční formou studia. VUT FAST v Brně.

Kutílek, M., Kuráž, V., Císlerová, M. (2004): Hydropedologie 10, ČVUT, Praha.

Kutílek, M. (1978): Vodohospodářská pedologie, SNTL/ALFA, Praha.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Bakalářská práce bude rozdělena na teoretickou a praktickou část. V rámci literární rešerše bude zpracovaná problematika fyzikálních a hydraulických vlastností půdy, které se používají jako ukazatelé kvality (zdraví) půdy. V praktické části bude posouzena kvalita půdy s odlišnou technologií zpracování, tj. minimalizační technologie s mělkým kypřením a s přímým setím do půdy. Experimentální výzkum probíhal v roce 2017 v blízkosti obce Bohaté Málkovice, pěstovanou plodinou byla kukuřice.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Ivana Kameníčková, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá vlivem agrotechniky na fyzikální a hydraulické vlastnosti půdy. V úvodu práce byla zpracována literární rešerše k uvedené problematice, v závěrečné části bylo provedeno vyhodnocení fyzikálních a hydraulických vlastností půdy, které se používají jako ukazatelé kvality půdy. Experimentální výzkum probíhal v roce 2017 v blízkosti obce Bohaté Málkovice, půda na jedné ploše byla zpracovaná minimalizační technologií a na druhé parcele (s mírnou erozí) bylo použito přímé setí do půdy. Pěstovanou plodinou byla slunečnice.

KLÍČOVÁ SLOVA

fyzikální vlastnosti půdy, měrná hmotnost, objemová hmotnost redukována, pórovitost, struktura půdy, momentální vlhkost, provzdušenost, nasycená hydraulická vodivost, minimalizační technologie zpracování půdy, metoda přímého setí

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the impact of agrotechnics on the physical and hydraulic properties of the soil. At the beginning of the work a literary research was elaborated on the above mentioned problems in the final part an evaluation of the physical and hydraulic characteristics of soil, which are used as indicators of soil quality. Experimental research was carried out in 2017 near the village Bohaté Málkovice, the soil on one area was processed by minimization technology and on the other parcel (with mild erosion) direct sowing was applied to the soil. The crop was sunflower.

KEYWORDS

Soil's physical properties, density, bulk density, porosity, soil's structure, volumetric soil water content, aeration, saturated hydraulic conductivity, minimization technology of soil cultivation, direct seeding method

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Michaela Vláčilíková *Vliv agrotechniky na fyzikální a hydraulické vlastnosti půdy*. Brno, 2018. 80 s., 24 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Ivana Kameníčková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2018

Michaela Vláčilíková
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych upřímně chtěla poděkovat svojí vedoucí bakalářské práce Ing. Ivaně Kameníčkové, Ph. D. za rady, pomoc a její vedení, které mi při vypracování této práce poskytla.

OBSAH

1.	ÚVOD.....	1
2.	CÍL PRÁCE.....	2
3.	FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PŮDY.....	3
3.1.	ZRNITOST PŮDY.....	3
3.1.1.	KLASIFIKACE PŮD.....	10
3.2.	MĚRNÁ HMOTNOST PŮDY.....	11
3.3.	OBJEMOVÁ HMOTNOST PŮDY.....	13
3.4.	PÓROVITOST.....	16
3.5.	STRUKTURA PŮDY.....	18
3.6.	ROZBOR NEPORUŠENÉHO PŮDNÍHO VZORKU (HYDROLIMITY).....	25
4.	HYDRAULICKÉ VLASTNOSTI PŮDY.....	33
4.1.	RETENČNÍ ČÁRA PŮDNÍ VLHKOSTI.....	33
4.2.	HYDRAULICKÁ VODIVOST – METODY MĚŘENÍ.....	37
4.3.	TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ PŮDY.....	39
5.	PRAKTICKÁ ČÁST.....	43
5.3.1.	ZRNITOSTNÍ ROZBOR.....	48
5.3.2.	ZDÁNLIVÁ HUSTOTA PEVNÝCH ČÁSTIC.....	49
5.3.3.	ROZBOR NEPORUŠENÉHO PŮDNÍHO VZORKU.....	49
5.3.3.1	OBJEMOVÁ HMOTNOST.....	51
5.3.3.2	PÓROVITOST.....	53
5.3.3.3	MOMENTÁLNÍ VLHKOST.....	59
5.3.3.4	MAXIMÁLNÍ KAPILÁRNÍ VODNÍ KAPACITA.....	61
5.3.3.5	PROVZDUŠENOST.....	64
5.3.3.6	NASYCENÁ HYDRAULICKÁ VODIVOST.....	66
6.	ZÁVĚR A DISKUZE.....	69
7.	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY.....	71
8.	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	73
9.	SEZNAM TABULEK.....	76
10.	SEZNAM POUŽITÝCH SKRATEK A SYMBOLŮ.....	77
11.	SEZNAM PŘÍLOH.....	1
12.	PŘÍLOHY.....	1

1. ÚVOD

Půda je povrchová vrstva naší planety, která tvoří reliéf terénu. Využívá se pro různé účely, například jako užitková půda pro hospodářské nebo stavební využití, výrobní prostředek nebo zdroj surovin. V přírodní – ekosystémové funkci půdy plní funkci jako je koloběh látek, výměna tepelné energie, infiltrace, akumulace, retence a také transport vody do půdy. Půda hraje velkou roli při stabilitě ekosystému, působí také jako médium při degradaci či zadržování, ale za jistých podmínek může také uvolňovat nebezpečné látky.

Zdraví půdy je důležité pro růst a vývoj pěstovaných rostlin, proto je důležité, jak ji zpracováváme. Lze použít konvenční metodu, tedy klasickou, u které dochází k obratu půdní masy a tím dojde k zapravení posklizňových zbytků a hnojiv do podorničí. Dalším typem je minimalizační technologie, která se vyznačuje minimálním zásahem do půdy.

Častým a dlouhodobým pojezdem agrotechniky a nevhodně zvolenou technologií zpracování půdy dochází k utužování vrstev půdního horizontu. Následky špatně zvolených technik mohou mít dopad na erozní smyv, který nastává v období přívalových srážek, při kterém dochází k odplavení malých půdních částic. Ty zanášejí vodní toky a plochy sedimentem, ve kterém mohou být obsaženy těžké kovy.

Kvalitu půdy lze hodnotit na základě fyzikálních, biologických a chemických charakteristik, které stanovujeme danými metodami přímo v terénu nebo v laboratorních podmínkách. Na základě měření vyhodnotíme a posoudíme celkovou kvalitu půdy. Podle půdních rozborů je možné stanovit, které vlastnosti půdy je nutné zlepšit a navrhnout vhodné agrotechnické opatření.

2. CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je posouzení ornice a podorniční vrstvy, která je obdělávána minimalizační technologií a technologií přímého setí. Teoretická část se zaměřuje na problematiku fyzikálních a hydraulických vlastností půdy, které se využívají jako indikátory kvality půdy. Jsou zde uvedeny jednotlivé fyzikální a hydraulické vlastnosti, určování a popis jejich metod. V praktické části je hodnocen vliv agrotechniky na fyzikální a hydraulické vlastnosti půdy. V roce 2017 byla půda odebíraná ze dvou ploch v blízkosti obce Bohaté Málkovice, okres Vyškov, a to v ornici (0-10 cm) a podorničí (30 cm). Lokalita K1 patří k lokalitám s mírnou erozí a lokalita K2 je bez eroze. Kvalita půdy bude posouzena na základě vybraných fyzikálních vlastností půdy, které budou vyhodnoceny v pedologické laboratoři na ÚVHK VUT FAST v Brně pomocí standardních metodických postupů. Na základě dosažených výsledků bude posouzen vliv použité technologie zpracování půdy na kvalitu půdního prostředí a růst rostlin.

3. FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PŮDY

Vlastnosti půdy jsou určovány pórovitostí, strukturou, barvou, zrnitostí, obsahem vody a vzduchu. Podle těchto vlastností rozlišujeme půdní typy a druhy. Struktura je dána zejména tvarem půdních částic a velikostí. Půdní zrnitost patří k základním fyzikálním vlastnostem a má vliv na zastoupení frakcí v půdě. Frakce mohou mít různou velikost a ovlivňují pevnou složku minerální půdy. Půdy mají různou barvu v návaznosti na sloučeniny železa, manganu, uhličitanu vápenatého nebo křemene a jílu. Všechny tyto faktory mají vliv na úrodnost půdy, ale také například na náchylnost k erozi nebo utužení.

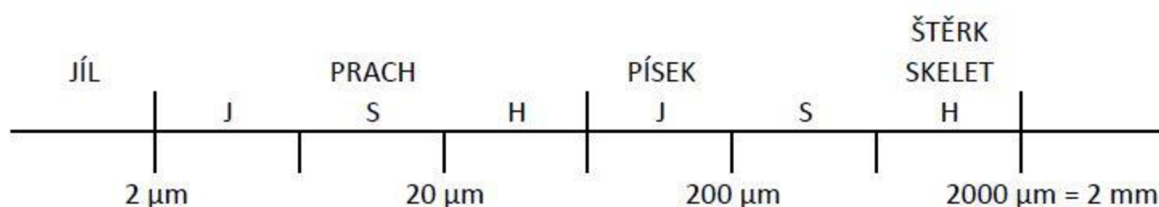
3.1. ZRNITOST PŮDY

Výsledkem zrnitostního rozboru půdy je procentuální zastoupení různých velikostí skupin frakcí. Cílem je stanovit půdní druh, k jehož určení slouží zrnitostní kategorie. Rozborem dojde k zjednodušení na kulový tvar jednotlivých zrn.

Půdní zrnitost ovlivňuje texturu a mechanické vlastnosti půdy. Určuje se pomocí sedimentace, síty, vyplavováním nebo jinými způsoby.

Členíme je podle disperzního podílu na tři různé velikosti: hrubé, koloidní a analytické. Půdní částičky proto dělíme dle velikostí na více podílů, kategorií či frakcí.

Zrna o průměru nad 2 mm se souhrnně označují jako skelet. Zemina zbavená skeletu se nazývá jemnozem. Částice pod 2 μm byly pojmenovány jako fyzikální jíl, pod 0,1 μm jako koloidní jíl. Podobnější mezinárodní roztřídění zrnitostních frakcí vyplývá z tohoto schématu [1]



Obrázek 3.1.1 Mezinárodní roztřídění zrnitostních frakcí (KUTÍLEK, KURÁŽ a CÍSLEROVÁ, 2000)

Metody zrnitostního rozboru

Nejjednodušším způsobem stanovení jednotlivých zrnitostních frakcí je prosévání na sítích o určitém průměru oka. Pro důkladné oddělení částecek je třeba prosévat zeminu ve vodě. Nejmenší rozměr stanovený proséváním ve vodě je 0,05 mm, obtíže se však objevují již při prosévání na sítu o průměru oka 0,1 mm. Místo síta se někdy používá různých filtrů, například papírový, u nichž je velikost pórů udána, a tím lze oddělit určitou frakci. Tato metoda je vhodná do rozmezí velikosti zrna 5 až 1 μm . Ve větším rozsahu lze užít keramické filtry, a to pro zrna v rozmezí 100 až 0,2 μm . [1]

1) Metoda vyplavovací (elutriační) – Kopeckého vyplavovací přístroj

Pomůcky: Váhy, porcelánové misky, vodovod a navazující nádržka na 10 litrů s plovákovou regulací doplňování vody, gumová hadice, hliníkové misky s víčky, písková lázeň, sušárna a Kopeckého plavící přístroj.

Vodní proud působí proti sedimentační rychlosti půdních zrn. Podle měnící se rychlosti vzestupného vodního proudu je vzorek roztríděn do několika velikostí půdních frakcí. [8]

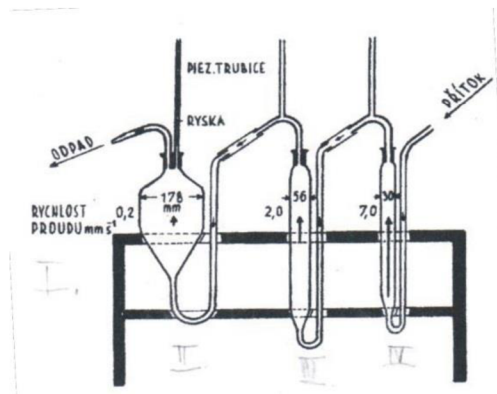
Princip metody: Využívá se různé rychlosti vzestupného proudu vody ve válcích Kopeckého přístroje. Vzestupný proud vody působí proti směru usazování částic, unášené jsou částice, jejichž sedimentační rychlost je menší než rychlost proti proudu a tak dochází k jejich roztrídění. [8]

Podkladem k vyplavování je empirický vzorec podle Schöneho:

$$d = 0,0314 * \sqrt[11]{v^7} \text{ [mm]}, \quad (3.1.1.)$$

Kde v ... rychlost [mm/s],

D ... průměr částic [mm].



Obrázek: 3.1.2 Kopeckého lavičí přístroj (Půdoznalství - laboratorní cvičení)

2) Metoda usazovací (sedimentační)

- s přerušovanou sedimentací - dekantační metoda
- s nepřerušovanou sedimentací - pipetová a areometrická metoda

Postup: Zeminu před zrnitostním rozbořem zbavíme hrudek a agregáty musíme rozmělnit a půdní koloidy peptizujeme. Zeminu namočíme před rozbořem do destilované vody, povaříme a poté přidáme peptizační činidlo.

Například čpavek nebo sodná sůl v malé koncentraci, aby se trvale zvýšil potenciál koloidů. [1]

Pro stanovení jednotlivých zrnitostních frakcí můžeme použít nejjednodušší způsob, který je prosévání v sítích o určitém průměru oka. Pro důkladné oddělení částec je potřeba prosévat zeminu ve vodě. Nejmenší rozměr pro prosévání ve vodě je 0,063 mm. Jemné částice, které jsou důležité pro charakteristiku půdních vlastností, zůstávají na síťovině. Zde se používá metoda nepřímé sedimentace.

Jsou založeny na sedimentačních zákonech závislosti sedimentačních rychlostí v na velikosti částice [1]

Sedimentační zákon je vyjádřen pomocí Stokesova vztahu:

$$v = \frac{2}{9} \frac{gr^2(\rho_z - \rho_0)}{\eta} = ar^2 \text{ [cm.s}^{-1}\text{]}, \quad (3.1.2.)$$

kde v ... sedimentační rychlost [cm/s],
 g ... tíhové zrychlení [cm/s²],
 ρ_s ... zdánlivá hustota pevných částic [g/cm³],
 η ... viskozita disperzního prostředí [g/cm³],
 a ... konstanta pro sedimentaci zemitých částí při teplotě 20°C [cm/s],
 r ... poloměr částice [cm].

Výpočet sedimentační rychlosti platí pouze v laminární oblasti určené Reynoldsovým číslem. V jílové frakci se velmi liší částice od koule, většinou mají tvar deskovitého nebo šupinového. Většinou se mluví o ekvivalentním poloměru částic (mají stejnou sedimentační rychlost, jakou by měly kulové částice) Předpoklady nejsou při odvozování rychlosti dodrženy.

Hustoměrná metoda s nepřerušovanou sedimentací (A. Casagrande)

Slouží ke stanovení zrnitosti půdních částic < 0,06 mm. V sedimentačním válci během usazování měříme hustotu suspenze, která je základ pro stanovení jednotlivých frakcí a následně pro konstrukci kumulativní zrnitostní křivky.



Obrázek: 3.1.3 Hustoměr (vlastní foto)

Pomůcky: hustoměr o obsahu 0,995 – 1,030 cejchovaný při 20°C s přesností 0,0002, vysoušečky, stopky, síto o průměru ok 2 mm, porcelánové misky, písková lázeň nebo topná deska, sušárna, skleněná tyčinka, stříčka, odměrný válec, sedimentační válec o objemu 1000 ml,

Postup: Po preparaci suspenze vpravíme do sedimentačního válce o objemu 1000 cm³ a doplníme destilovanou vodou. Minutu před začátkem sedimentace suspenzi promícháme, v okamžiku vyjmutí míchadla začíná počátek měření.

Po začátku sedimentace se do suspenze vloží hustoměr tak aby hruška neulpívala na stěně válce. Hustota se čte na horní straně hustoměru, tisíciny se zapisují jako celky. Naměřené hodnoty se zapisují do formuláře. Doba sedimentace se měří v časových intervalech 30 sekund, 1, 2, 5, 15, 45 minut, 2, 5, 24 hodin. Po 3-4 měřeních se vyjme hustoměr z válce, opláchne se a znovu se opatrně vnoří do válce minutu před dalším měřením. Opláchnutím se odstraní částice usazené na horní části hustoměru.

Během sedimentace se měří teplota s přesností $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Podle horizontální stupnice nomogramu se vyhledá příslušná teplotní korekce. [2]

Kombinovaná metoda

Metoda, která při zrnitostním rozboru zahrnuje síťový rozbor a hustoměrnou metodu. Nejprve se provede síťový rozbor, který lze klasifikovat pouze na zrna o velikosti větší než 0,06 mm. Pro menší částice používáme hustoměrnou zkoušku. Pro určení velikostí částic na základě dob sedimentace a vykreslení křivky zrnitosti (z dat sedimentační zkoušky i síťového rozboru) je možné použít soubor MSO Excel, který vytvořil Ing. Rudolf Milerski, CSc, 1998.

3) Pipetovací metoda

Pomůcky: sušárna, exsikátor se sikativem, porcelánové vysoušečky, váhy, síto s velikostí ok 2 mm, písková lázeň, stopky, míchadlo, sedimentační válec o objemu 1000 ml, pipetovací přístroj.

Pipetovací metoda patří do skupiny neopakované sedimentace. Pipetou odebíráme vzorek určitého objemu ze suspenze určité koncentrace. Vzorek odebíráme z určité hloubky a po určitém časovém intervalu od konce míchání suspenze, který se rovná době nezbytné k sedimentaci stanovované frakce do hloubky, z níž vzorek odebíráme. [10]

Postup: Navážka jemnozemě činí 10,00 g (u těžkých a středně těžkých půd) nebo 20,00 g (u lehkých půd). Po ukončení preparace zředíme obsah kádinky destilovanou vodou, promícháme a sléváme do sedimentačního válce přes síto s průměrem ok 0,25 mm, které je vloženo do nálevky. Zbytky v kádince důkladně promyjeme a spláchneme do válce. Částice $> 0,25$ mm, jež byly zachyceny na síti, sestříkneme do předem zvážené vysoušečky, vodu odpaříme na pískové lázni a pak sušíme 1 hodinu v sušárně při 105°C . Po vychladnutí v exsikátoru se

sikativem přesně zvážíme na analytických vahách. Hmotnost frakce zapíšeme. [10]

Suspenzi v sedimentačním válci doplníme po značku 1 litru vodou vytemperovanou na 20°C a změříme její teplotu. [10]

Na základě hodnot měrné hmotnosti a naměřené teploty vypočítáme podle Stokesova vzorce (vzorec 3.1.2) sedimentační časy pro pipetování frakcí částic o průměru < 0,05 mm (hloubka 25 cm); < 0,01 mm (hloubka 10 cm); < 0,001 mm (hloubka 7 cm) nebo < 0,002 mm (hloubka 5 cm). Potom válec umístíme na sedimentační stůl a jeho obsah v celé výšce vodního sloupce dokonale promícháme míchadlem po dobu 1 minuty. Od okamžiku ukončení míchání začneme měřit stopkami dobu sedimentace. [10]

Po uplynutí sedimentační doby, pro příslušnou frakci pipetujeme z předepsané hloubky automatickou pipetou (25 ml suspenze). S pipetováním v hloubce 25 cm začneme v 10 sekundách, v hloubce 10 cm v čase 12,5 sekund a v hloubkách 7 a 5 cm v 15 sekundách před uplynutím lhůty sedimentace. Rychlost nasávání pipety regulujeme tak, aby v čase sedimentace byla odebrána polovina objemu pipety. Po nasátí celého objemu pipety její obsah vypustíme do zvážené porcelánové vysoušečky o objemu minimálně 30 ml a pipetou do ní vypláchneme malým množstvím vody. Obsah vysoušečky opatrně odpaříme na pískové lázni, dosušíme v sušárně při 105°C, necháme vychladnout v exsíkátoru se sikativem, zvážíme hmotnost frakce a hmotnosti zapíšeme k příslušné velikosti zrn. [10]

Výpočty provádíme na hodnotu sušiny.

Obsah frakce > 0,25 mm v % vypočítáme podle vzorce:

$$\text{střední písek} = \frac{D \cdot 100}{g} \quad [\%] \quad (3.1.3)$$

kde D ... hmotnost odparku frakce > 0,25 mm [g],

g ... hmotnost navážky sušiny vzorku [g].

Frakce menší než 0,05 mm, 0,01 mm a 0,001 mm vypočítáme podle vzorce:

$$frakce = \frac{(A-C)*40*100}{g} [\%] \quad (3.1.4)$$

kde A ... hmotnost odparku 25 ml suspenze stanovené frakce [g],

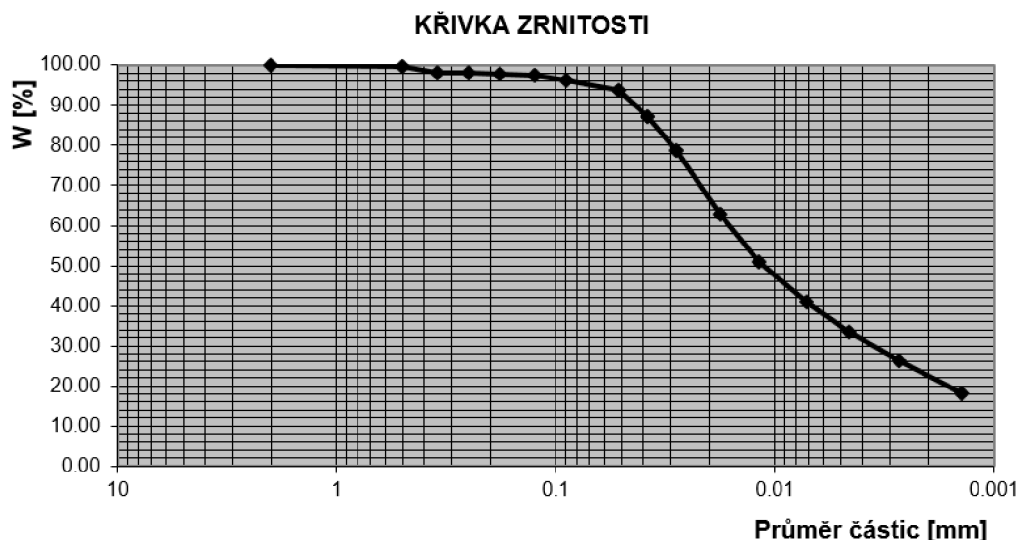
C ... hmotnost odparku 25 ml dispergačního činidla [g],

g ... hmotnost navážky sušiny vzorku [g].

Výsledky se udávají v procentech jednotlivých frakcí.

Křivka zrnitosti

je výsledkem zrnitostního rozboru. Křivka je součtová čára, která vyjadřuje hmotností podíl jednotlivých zrnitostních frakcí na celkovou hmotnost zeminy. Na vodorovné ose grafu se znázorňuje velikost částec v mm, na svislé ose hmotností procenta (obrázek 3.1.4) zrnitostní křivka (MSO Excel Ing. Rudolf Milerski, CSc. 1998)



Obrázek: 3.1.4 Zrnitostní křivka (MSO Excel Ing. Rudolf Milerski, CSc, 1998)

3.1.1. KLASIFIKACE PŮD

Klasifikace půd podle Nováka

Podle Nováka se základní název zeminy určí podle zastoupení částic I. kategorie (částice o průměru < 0,01 mm) ve vzorku jemnozemi I. Upřesňující označení se stanoví dle ostatních vlastností zeminy, např. zastoupení štěrku, obsahu uhličitánů, humusu apod. Do zrnitostní kategorie dle Nováka (uvedené v následující tabulce 3.1.1.1) můžeme zařadovat pouze půdy, které obsahují méně než 50 % skeletu. [2]

Tabulka 3.1.1.1: Klasifikace zrnitosti půd podle Nováka (Kameníčková, 2013)

obsah částic < 0,01 mm [% hm.]	označení půdního druhu	základní půdní druhy
0	písek	Lehká půda
0-10	píščitá	
10-20	hlinitopíščitá	
20-30	píščitohlinitá	Střední půda
30-45	hlinitá	
45-60	jílovitohlinitá	Těžká půda
60-75	jílovitá	

Klasifikace půd podle Kopeckého

V Čechách původně zavedená klasifikace Kopeckého je v soulase s frakcemi zjišťovanými v Kopeckého plavícím přístroji a zrna < 0,01 mm se označují jako I. kategorie. [1]

Systém Kopeckého se používá při zpracování pedologických podkladů pro odvodnění meliorací, která závisí na obsahu částic hrubého prachu (0 – 0,05 mm).

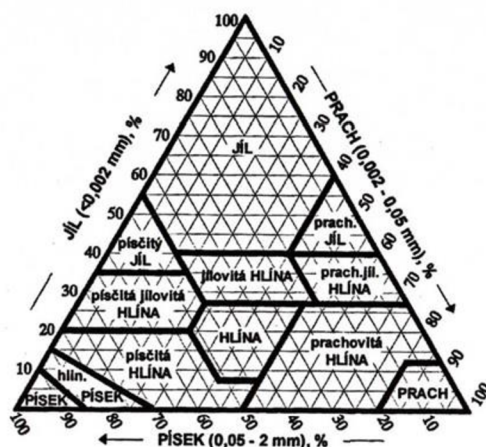
Klasifikaci zrnitosti půd podle Kopeckého lze vidět v tabulce 3.1.1.2:

Tabulka 3.1.1.2 Klasifikace zrnitosti půd podle Kopeckého (Kameníčková, 2013)

Název frakce (kategorie)	Průměr částic (mm)
I. jílnaté částice	<0,01
II. prach	0,01-0,05
III. práškový cukr	0,05-0,1
IV. písek	0,1-2,0

Taxonomický klasifikační systém půd ČR (USDA)

Taxonomický klasifikátor je v dnešní době ve světě nejrozšířenější. V klasifikaci se zohledňují tři frakce: velké prachové částice 0,002 – 0,05 mm, jílové částice, které jsou menší než 0,002 mm a pískové částice 0,05 – 2 mm.



Obrázek 3.1.1.1 Trojúhelníkový diagram pro určení zrnitostních tříd podle Taxonomického klasifikačního systému půd ČR (Kutílek, 1978)

3.2. MĚRNÁ HMOTNOST PŮDY

Měrná hmotnost půdy v laboratoři se stanovuje pomocí pyknometrů.

Protože většina minerálních půd má nejvíce zastoupen křemen, blíží se měrná hmotnost většiny půd k hodnotě 2,65 g/cm³. Vyšší hodnotou mají zeminy bezhumózní (2,6 až 2,7), nižší hodnotou zeminy humózní (2,5 až 2,65). Větší obsah krevle a limonitu může zvýšit hodnotu měrné hmotnosti nad 2,7 g/cm³. [3]

Měrná hmotnost rašelin je závislá na množství minerálního podílu (popelovin), ale i na půdních rostlinných komponentech a na stupni rozložení. Při větším množství popela dosahuje hodnot až přes 1,5 a klesá se vzrůstajícím stupněm rozložení. [3]

Odhad zastoupení organického podílu v půdě podle hodnot specifické hmotnosti:

< 2,0	rašelinné horizonty,
2,0 – 2,4	zrašeliněné horizonty,
2,4 – 2,5	silně humózní horizonty,

- 2,5 – 2,6 povrchové humózní horizonty,
- 2,6 – 2,7 hlinité horizonty (cca 1 % humusu),
- 2,7 – 2,8 železem obohacené iluviální horizonty [2]



Obrázek 3.2.1 Pyknometry s půdou a vodou (vlastní foto)

Stanovení zdánlivé hustoty pevných částic ve vodních pyknomelech

Pomůcky: Porcelánové misky, destilovaná voda, plynový kahan, pyknometry „Gay-Lussac“ se širokým hrdlem a zátkou o obsahu 100 cm³, sušárna, váha, skleněná tyčinka, vodní lázeň 20°C, nálevka z umělé hmoty, teploměr

Postup: Do porcelánové misky navážíme 10 g jemnozeme I, doplníme destilovanou vodou, vaříme po dobu 3-10 minut. Vařením se vypudí vzduch, odpařenou vodu doplňujeme. Pyknometr naplníme až po hrdlo převařenou destilovanou vodou, zátku necháme volně zapadnout, temperujeme ve vodní lázni na teplotu 20 °C. Pyknometr osušíme, provedeme kontrolu (pod zátkou nesmí zůstat bublina) a pak jej zvažíme. Vylijeme vodu z pyknometru, zchlazenou suspenzi přelijeme beze ztrát do pyknometru a doplníme až po hrdlo destilovanou převařenou vodou, temperujeme na 20°C, osušíme a zvažíme. [2]

Následně provedeme výpočet objemu naváženého vzorku:

$$V_v = P_v + N_s - P_s \quad [\text{cm}^3] \quad (3.2.1.)$$

kde V_V ... objem naváženého vzorku [cm^3],

P_V ... hmotnost pyknometru s destilovanou vodou [g],

N_S ... navážka zeminy na vzduchu vyschlá a přepočtená na sušinu [g].

Zdánlivou hustotu pevných částic vypočítáme pomocí vzorce:

$$\rho_S = \frac{N_S}{V_V} = \frac{N_S}{P_V + N_S - P_S} \quad [\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}] \quad (3.2.2.)$$

kde ρ_s ... zdánlivá hustota pevných částic [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$],

V_V ... objem naváženého vzorku [cm^3],

P_V ... hmotnost pyknometru s destilovanou vodou [g],

N_S ... navážka zeminy na vzduchu vyschlá a přepočtená na sušinu [g].

3.3. OBJEMOVÁ HMOTNOST PŮDY

Objemovou hmotností rozumíme hmotnost objemové jednotky půdy v neporušeném stavu s póry, které jsou vyplněny obsahem vody a vzduchu. Hodnota je závislá na měrné hmotnosti a póry půdy, které jsou zaplněny v nějaké míře vodou. Závisí na hmotnostním poměru v půdě, které se mění během roku a tím je hodnota nestálá.

Hodnota objemové hmotnosti kolísá v rozmezí od 0,2 g/cm^3 u rašelin, do 1,8 g/cm^3 u zhutněných zemin. Nejčastěji se však pohybuje v rozmezí od 1,2 g/cm^3 do 1,6 g/cm^3 . [3]

Neredukovaná objemová hmotnost

Neredukovaná objemová hmotnost je závislá na okamžité vlhkosti půdy a nemá konstantní hodnotu. Pórovitost se v průběhu roku mění v důsledku smršťování a bobtnání půdy při změně vlhkosti, do hloubky půdního profilu bývá tendence nárůstu.

Pro výpočet neredukované objemové hmotnosti použijeme vztah

$$\rho_v = \frac{G_a}{V_s} \quad [g \cdot cm^{-3}] \quad (3.3.1)$$

kde V_S ... objem Kopeckého válečku [cm^3],

G_A ... vzorek s přirozenou vlhkostí [g],

ρ_v ... objemová hmotnost neredukovaná [g/cm^3].

Pomůcky: Kopeckého váleček, souprava pro odběry vzorků, sušárna, váha s přesností 0,001 g.

Postup: Vzorek půdy v neporušeném stavu odebraný do Kopeckého válečků se v laboratoři zváží a vysuší se při 105°C do konstantní hmotnosti. Nechá se vychladnout a zváží se.

Redukovaná objemová hmotnost

Redukovaná objemová hmotnost se měří až po vysušení vzorku při 105°C. Směrem do spodní vrstvy se objemová hmotnost zvyšuje, ve svrchní vrstvě půdy se pohybuje 1,2 – 1,5 g/cm^3 a je stálejší.

Pro výpočet redukované objemové hmotnosti použijeme vztah

$$\rho_d = \frac{G_F}{V_s} \quad [g \cdot cm^{-3}] \quad (3.3.2)$$

kde ρ_d ... objemová hmotnost redukovaná [$g \cdot cm^{-3}$],

G_F ... hmotnost vzorku po vysušení při 105 °C [g],

v_s ... objem Kopeckého válečku [cm^3].

Na základě znalosti objemové hmotnosti můžeme posoudit strukturní stav humusového horizontu podle tabulky 3.3.1.

Tabulka 3.3.1 Strukturní stav humusového horizontu u středně těžkých a těžkých půd (Kutílek, 1978)

Strukturní stav humusového horizontu	Objemová hmotnost půdy (g.cm-3)
Výborný	< 1,2
Dobrý	1,2 – 1,4
Nevyhovující	1,4 – 1,6
Nestrukturní	1,6 – 1,8

Kritické hodnoty objemové hmotnosti podle Lhotského na základě znalosti půdního druhu jsou uvedeny v tabulce 3.3.2.

Tabulka 3.3.2 Kritické objemové hmotnosti po vysušení podle Lhotského (Kameníčková, 2013)

Půdní druh	J	JV,JH	H	PH	HP	P
ρ_d kritické (g/cm ³)	>1,35	>1,40	>1,45	>1,55	>1,60	>1,70



Obrázek 3.3.1 Váženka v sušící komoře (vlastní foto)



Obrázek 3.3.2 váha s přesností 0,001g (vlastní foto)

3.4. PÓROVITOST

V objemu půdy je část prostorů nezaplňených tuhými fázemi – půdní hmotou. Tyto prostory, které mají různý tvar a velikost, jsou nazvány půdní póry. Póry většinou nejsou od sebe odděleny, jsou spojitě, i když od místa k místu mají rozdílný tvar a velikost. Někdy se tvar pórů idealizuje a předpokládá se pro zjednodušení, že jsou válcové. Charakterizuje se potom rozměrem – průměrem. Protože jde o zjednodušení, uvádí se ekvivalentní průměr pórů a procentuální množství pórů o určitém ekvivalentním průměru. [3]

Pórovitost vypočítáme z hodnoty objemové hmotnosti a měrné hmotnosti půdy pomocí vztahu:

$$P = \frac{\rho_z - \rho_d}{\rho_z} \quad [\%] \quad (3.4.1.)$$

$$\rho_d = \frac{m_z}{V_s}, \quad \rho_z = \frac{m_z}{V_z} \quad [\text{g.cm}^{-3}] \quad (3.4.2.)$$

Kde ρ_d ... objemová hmotnost [g.cm^{-3}],

ρ_z ... měrná hmotnost [g.cm^{-3}],

V_s ... celkový objem půdy [%],

V_z ... objem tuhé fáze [%].

Pórovitost dělíme na základní druhy:

Celkovou pórovitost – poměr objemu pórů k celkovému objemu zeminy

Retenční pórovitost – poměr maximálního objemu k celkovému objemu prostředí

Pórovitost můžeme také rozdělit podle původu na primární a sekundární, dle rozměrů na nekapilární, kapilární a semikapilární. Podle tvaru pórů se rozlišuje mezizrnová, puklinová, krasová a různé druhy kombinované pórovitosti. [3]

Na základě znalosti pórovitosti lze klasifikovat ulehlost ornice a podorničí podle Bretfelda (tabulka 3.4.1).

Tabulka 3.4.1 Klasifikace půdy podle Bretfelda (Kutílek, 1978)

Pórovitost půd lehkých (%)	Označení ulehlosti	Pórovitost půd středně těžkých a těžkých (%)
ornice		
>65	Kyprá	>65
65-50	Mírně ulehlá	65-55
50-40	Ulehlá	55-45
<40	Velmi ulehlá	<45
Spodina		
>50	Kyprá	>57
50-43	Mírně ulehlá	57-46
43-35	Ulehlá	46-35
<35	Velmi ulehlá	<35

Stanovení kritických hodnot pórovitosti podle Lhotského je patrné z tabulky 3.4.2.

Tabulka 3.4.2 Kritické hodnoty pórovitosti podle Lhotského (Kameníčková, 2013)

Půdní druh	J	JV,JH	H	PH	HP	P
Kritická P	< 48	< 47	< 45	< 42	< 40	< 38

3.5. STRUKTURA PŮDY

V půdě se vyskytují půdní částičky, které se navzájem izolují a vytváří oddělené celky. Ty vytváří shluky, které se nazývají agregáty. Znakem dobré struktury půdy je, že v přirozeném prostředí se rozpadá na agregáty, které mají určité tvary. Agregáty můžeme dělit podle velikosti na makroagregáty s velikostí o průměru větším jak 0,25 mm a mikroagregáty o průměru menším než 0,25 mm. Zkoagulované půdní koloidy patří k mikroagregátům, vzniknou spojením prachových a jílovitých částiček. Tlející látky způsobují, že agregáty jsou ve vodě odolné. Agregování je výsledkem působení fyzikálních, biologických či chemických procesů, které se dějí vlivem vnějších i vnitřních činitelů v půdě. V půdě probíhají dva procesy. První dělí půdy na agregáty, které jsou ovlivněny mrazem, kořenovým systémem, agrotechnikou a vysušením. Druhý proces zpevňuje agregáty humusem a sesquioxidy.

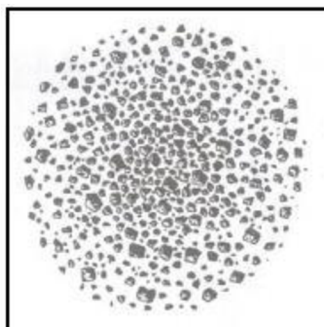
Podle stupně vývoje struktury rozlišujeme tři skupiny půd:

- *Půdy nestrurní*, u nichž nejsou patrné agregáty. Půdní hmota může být rozdrobena do větších či menších útvarů náhodných tvarů – pseudoagregátů, popřípadě je půda rozsypavá a nevytváří ani pseudoagregáty (např. písčité půdy). Existují-li v nestrurní půdě pseudoagregáty, jsou ve vodě nestabilní, rozplavují se a vytvářejí stejnorodou kašovitou půdní hmotu. Když povrch nestrurní půdy po dešti vyschne, vzniká slitý půdní škraloup. Po orbě se objevují velké hroudy. [3]
- *Půdy se slabě vyvinutou strukturou* patrnou až při rozdrobování urýpnutých hroud. Podíl nestrurního materiálu převládá. [3]
- *Půdy strurní* (s vyvinutou strukturou). Agregáty se velmi snadno od sebe oddělují, jsou velice pevné a ve vodě zcela stabilní. [3]

Dle tvaru agregátu můžeme strukturu půdy rozdělit do čtyř morfologických tříd:

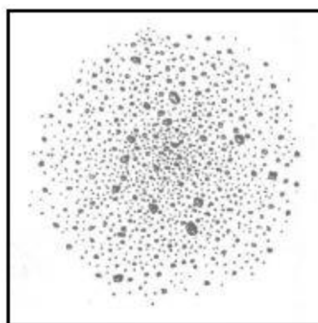
I. třída – zaoblené tvary agregátu a jejich osy jsou stejně dlouhé,

Zrnitá struktura se vyskytuje v humusových půdách s vyšší koncentrací minerálních koloidů. Agregáty mají velikost 0,5 mm – 5 mm (obrázek 3.5.1).



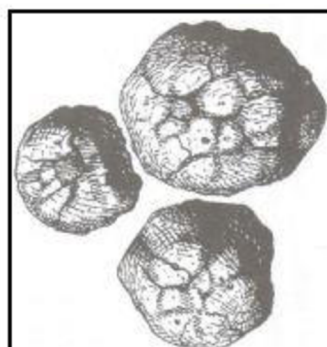
Obrázek 3.5.1 Zrnitá struktura (Tomášek, 2003)

Prášková struktura se vyskytuje v humusových půdách. Struktura má malou velikost a obtížně se rozlišují jeho plochy a hrany. Agregáty mají velikost menší než 0,5 mm (obrázek 3.5.2).



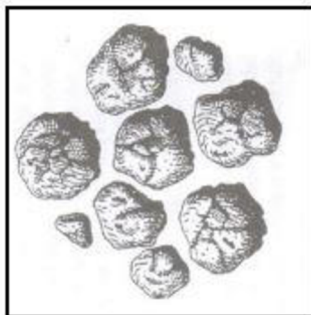
Obrázek 3.5.2 Prášková struktura (Tomášek, 2003)

Hrudovitá struktura má hrany a plochy rozpoznatelné, ale jsou špatně vyvinuté, každý agregát je jiný tvarem. Velikost mají 10 mm – 50 mm (obrázek 3.5.3).



Obrázek 3.5.3 Hrudovitá struktura (Tomášek, 2003)

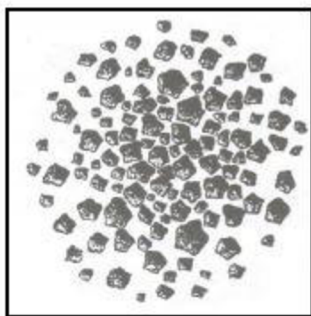
Hrudkovitá struktura má hrany a plochy rozpoznatelné, ale jsou špatně vyvinuté, každý agregát je jiný tvarem. Velikost mají 5 mm – 15 mm (obrázek 3.5.4).



Obrázek 3.5.4 Hrudovitá struktura (Tomášek, 2003)

II. třída – zřetelné tvary a hrany agregátu a jejich osy jsou stejně dlouhé,

Drobně polyedrická struktura se vyskytuje v iluviálních půdách, agregáty mají dobře rozpoznatelné hrany a plochy. Tvar mají mnohohranu a mezi velikosti 1 mm – 5 mm (obrázek 3.5.5).



Obrázek 3.5.5 Drobně polyedrická struktura (Tomášek, 2003)

Polyedrická struktura se vyskytuje v iluviálních půdách, agregáty mají dobře rozpoznatelné hrany a plochy. Tvar mají mnohohranu a mezi velikosti 3 mm – 10 mm (obrázek 3.5.6).



Obrázek 3.5.6 Polyedrická struktura (Tomášek, 2003)

Hrubě polyedrická struktura se vyskytuje v iluviálních půdách, agregáty mají dobře rozpoznatelné hrany a plochy. Tvar mají mnohohranu a mezi velikosti 10 mm – 25 mm (obrázek 3.5.7).



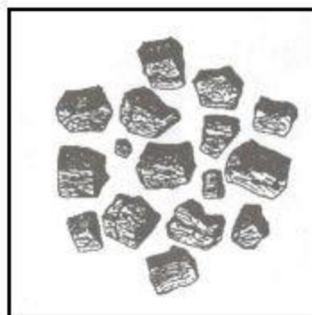
Obrázek 3.5.7 Hrubě polyedrická struktura (Tomášek, 2003)

Kostková struktura se vyskytuje v iluviálních půdách, agregáty mají zlehka rozpoznatelné hrany a plochy. Tvar mají šestihran a mezi velikosti 5 mm – 15 mm (obrázek 3.5.8).



Obrázek 3.5.8 Kostková struktura (Tomášek, 2003)

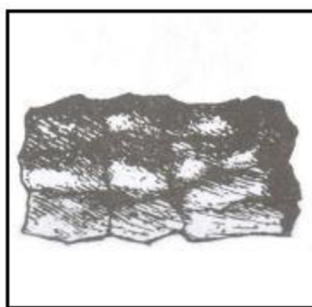
Kostečková struktura se vyskytuje v iluviálních půdách, agregáty mají zlehka rozpoznatelné hrany a plochy. Tvar mají šestihran a mezi velikosti 2 mm – 10 mm (obrázek 3.5.9).



Obrázek 3.5.9 Kostečková struktura (Tomášek, 2003)

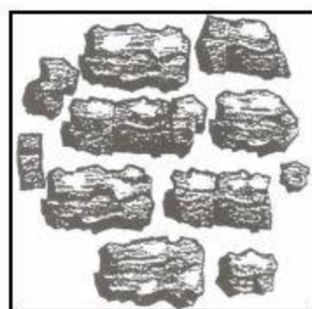
III. třída – osa ve svislém tvaru je větří než ve vodorovném tvaru,

Hrubě prizmatická struktura se vyskytuje v nezpevněných sedimentech hornin a sprašových půdách. Tvar mají hranolovitý a navazují na sebe rovnými plochami, jejich velikost je 20 mm – 50 mm (obrázek 3.5.10).



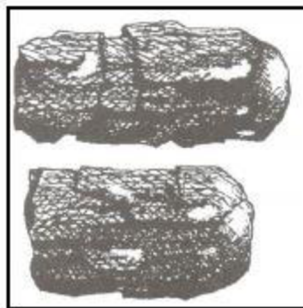
Obrázek 3.5.10 Hrubě prizmatická struktura (Tomášek, 2003)

Drobně prizmatická struktura se vyskytuje v nezpevněných sedimentech hornin a sprašových půdách. Tvar mají hranolovitý a navazují na sebe rovnými plochami, jejich velikost je 5 mm – 20 mm (obrázek 3.5.11).



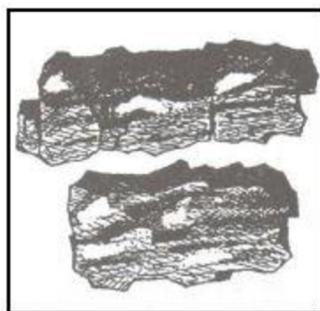
Obrázek 3.5.11 Drobně prizmatická struktura (Tomášek, 2003)

Sloupcovitá struktura se vyskytuje v solončakových půdách. Tvar mají hranolovitý se zaoblenou horní základnou a s rovnou spodní základnou, jejich velikost je 20 mm – 40 mm (obrázek 3.5.12).



Obrázek 3.5.12 Sloupcovitá struktura (Tomášek, 2003)

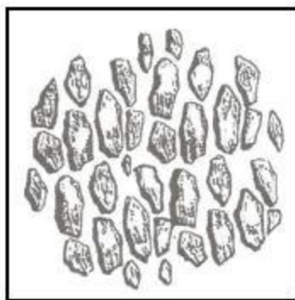
Prizmatická struktura se vyskytuje v nezpevněných sedimentech hornin a sprašových půdách. Tvar mají hranolovitý a navazují na sebe rovnými plochami, jejich velikost je 10 mm – 30 mm (obrázek 3.5.13).



Obrázek 3.5.13 Prizmatická struktura (Tomášek, 2003)

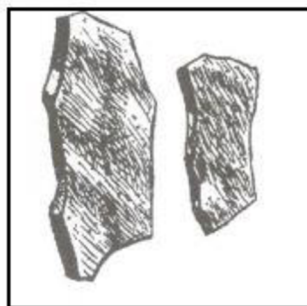
IV. třída – vodorovné osy jsou protažené,

Lístkovitá struktura se vyskytuje v eluviálních půdách, tvar mají plátkovitý s nepravidelnými kolnými lomy. Jejich velikost je 2 mm – 10 mm, tloušťky do 1 mm (obrázek 3.5.14).



Obrázek 3.5.14 Lístková struktura (Tomášek, 2003)

Deskovitá struktura se vyskytuje v eluviálních půdách, tvar mají plátkovitý s nepravidelnými kolnými lomy. Jejich velikost je 10 mm – 40 mm, tloušťka je větší jak 3 mm a více (obrázek 3.5.15).



Obrázek 3.5.15 Deskovitá struktura (Tomášek, 2003)

Destičkovitá struktura se vyskytuje v eluviálních půdách, tvar mají plátkovitý s nepravidelnými kolnými lomy. Jejich velikost je 5 mm – 25 mm, tloušťka je 1 mm – 3 mm (obrázek 3.5.16).



Obrázek 3.5.16 Destičkovitá struktura (Tomášek, 2003)

3.6. ROZBOR NEPORUŠENÉHO PŮDNÍHO VZORKU (HYDROLIMITY)

Neporušený půdní vzorek obsahuje půdu v jejím původním uložení. Určuje tedy skutečný stav horizontu a z rozboru vzorku můžeme určit vzdušné a vodní charakteristiky půdy, ale i objemově – hmotnostní veličiny.

Pomůcky: Kopeckého válečky o objemu 100 cm^3 , váha s přesností na 0,01g, destilovaná voda, kruhový filtrační papírek, hodinové sklo o průměru 7 – 8 cm, sušička, zařízení pro kapilární nasávání válečků, rovná lopatka.

Postup: V laboratoři z Kopeckého válečku sejmeme ochranná víčka a vzorek zvážíme (momentální vlhkost).

Nejprve vzorek necháme kapilárně nasytit destilovanou vodou pomocí 4 vrstev filtračního papíru. Vzorek položíme na filtrační papíry (částečně ponořené do destilované vody) stranou s břitem a horní stranu zakryjeme hodinovým sklem, abychom zabránili výparu. Takto necháme vzorek nasycovat po dobu 24 hodin (bobtnavé vzorky s obsahem jílových minerálů až 72 hodin). Poté vzorek sesunutím do strany sejmeme z filtračních papírů a opět zvážíme (nasákivost). [2]

Váleček znovu postavíme na vrstvu 4 filtračních papírů a zakryjeme hodinovým sklem. V tuto chvíli začíná odsávání vody ze vzorku. Zvážení vzorku po 30 minutách dostáváme hodnotu pro výpočet vlhkosti 30' (obrázek 3.6.1). [2]

Vzorek opět umístíme na filtrační papíry. Zvážíme po 2 hodinách odsávání od doby plného kapilárního nasycení, což znamená 90 minut od předchozího měření. Tuto hodnotu hmotnosti použijeme pro výpočet maximální kapilární vodní kapacity podle Nováka. [2]

Vodu ze vzorku odsáváme dalších 22 hodin (24 hodin od plného kapilárního nasycení) a naměřenou hodnotu hmotnosti použijeme ke stanovení přibližné retenční vodní kapacity. [2]

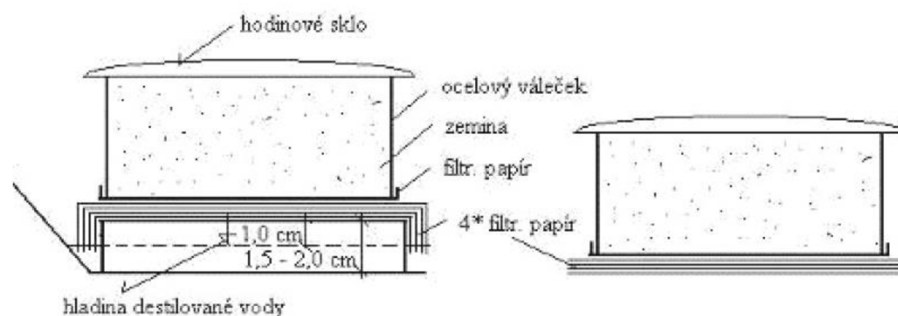
Vzorek vysušíme do konstantní hmotnosti při $105 \text{ }^\circ\text{C}$ a opět zvážíme, tuto hodnotu použijeme pro určení hmotnosti sušiny. [2]

Vzorek se váží v různých vlhkostních stavech a naměřené hodnoty se zapisují do formuláře.

Tabulka 3.6.1 Formulář pro záznam stanovených hmotností (převzato Kameníčková, 2013)

Stanovení	symbol	výpočet	jednotka
Momentální vlhkost	θ	$(G_A - G_F)$	% obj.
Nasáklivost	θ_{ns}	$(G_B - G_F)$	% obj.
Vlhkost 30'	θ_{30}	$(G_C - G_F)$	% obj.
Max. kap. vodní kapacita	θ_{MKK}	$(G_D - G_F)$	% obj.
Retenční vodní kapacita	θ_{RVK}	$(G_E - G_F)$	% obj.
Zdánlivá hustota pevných částic	ρ_s	$N_S / (N_S + P_V - P_S)$	g.cm^{-3}
Sušina	G_H	$G_F - (G_V + G_S)$	g
Objemová hmotnost	ρ_d	G_H / V_S	g.cm^{-3}
Celková pórovitost	P	$(\rho_s - \rho_d) \cdot 100 / \rho_s$	% obj.
Kapilární pórovitost	P_K	θ_{RVK}	% obj.
Nekapilární pórovitost	P_N	$P - \theta_{30}$	% obj.
provzdušenost	V_z	$P - \theta_{mom}$	% obj.
Max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKvz}	$P - \theta_{MKK}$	% obj.
Retenční vzdušná kapacita	K_{RVKvz}	$P - \theta_{RVK}$	% obj.

- kde G_A ... vzorek s přirozenou vlhkostí [g],
 G_B ... vzorek kapilárně nasycený [g],
 G_C ... vzorek po 30' odsávání [g],
 G_D ... vzorek po 2 hodinách odsávání [g],
 G_E ... vzorek po 24 hodinách odsávání [g],
 G_F ... vzorek při vysušení při 105 °C [g],
 G_H ... čistá hmotnost vzorku po vysušení při 105 °C [g],
 G_V ... hmotnost fyzikálního válečku [g],
 G_S ... hmotnost hodinového skla [g],
 N_S ... navážka pro stanovení zdánlivé hustoty částic [g],
 P_V ... hmotnost pyknometru s vodou [g],
 P_S ... hmotnost pyknometru se zeminou [g],
 V_S ... objem fyzikálního válečku [cm^3].



Obrázek 3.6.1 Rozbor neporušeného půdního vzorku (převzato Kameníčková, 2013)

Vlhkostní charakteristiky

Momentální vlhkost

Vlhkost vyjadřuje zastoupení kapalné fáze v půdě. Nejjednodušeji ji můžeme stanovit vážením vzorku před a po vysušení při 105 °C do konstantní hmotnosti.

Momentální vlhkost vyjadřuje okamžité zastoupení vody v půdě v době odběru neporušeného vzorku. Tato hodnota je velmi proměnlivá, je závislá na srážkovém úhrnu, teplotách, výparu, spotřebě rostlinami a dalších vlivech. Je také ovlivněna hladinou podzemní vody. [3]

Objemová vlhkost:

$$\theta = \frac{V_W}{V_S} \cdot 100 \quad [\% \text{ obj.}] \quad (3.6.1.)$$

kde θ ... objemová vlhkost [% obj.],

V_S ... objem vzorku [cm³],

V_W ... objem vody ve vzorku [cm³].

Hmotnostní vlhkost:

$$w = \frac{M_W}{M_Z} \cdot 100 \quad [\% \text{ hm.}] \quad (3.6.2.)$$

kde w ... hmotnostní vlhkost [% hm],

M_Z ... hmotnost vzorku [g],

M_W ... hmotnost vody ve vzorku [g].

Vlhkost 30´

30 minutová vlhkost vyjadřuje kolik vody je schopna půda zadržet po 30 minutách odsávání filtračním papírem z původně plně nasyceného vzorku. Během prvních 30 minut bývá zaznamenán výrazný pokles vlhkosti.

Tuto hodnotu vypočítáme dle vztahu:

$$\theta_{30} = G_C - G_F \quad [\% \text{ obj.}] \quad (3.6.3.)$$

kde θ_{30} ... vlhkost 30´ [% obj.],

G_C ... hmotnost vzorku po 30 minutách odsávání [g],

G_F ... hmotnost vzorku vysušeného při 105 °C [g].

Nasáklivost

Nasáklivost vyjadřuje maximální možné zaplnění pórů při kapilárním nasycení půdy, počítá se pomocí vzorce:

$$\theta_{ns} = G_B - G_F \quad [\% \text{ obj.}] \quad (3.6.4.)$$

kde θ_{ns} ... nasákivost [% obj.],

G_B ... hmotnost vzorku kapilárně nasyceného [g],

G_F ... hmotnost vzorku vysušeného při 105 °C [g].

Maximální kapilární vodní kapacita podle Nováka

Maximální kapilární vodní kapacita vyjadřuje schopnost půdy zadržovat vodu. Schopnost je charakterizována jako množství vody, které dokáže půda zadržet v kapilárních pórech po 2 hodinách odsávání vody z původně plně nasycené půdy. Pokud je momentální vlhkost půdy vyšší než tato hodnota, dochází k zamokření a při zavlažování k nadměrným ztrátám. [3]

Maximální kapilární vodní kapacitu počítáme pomocí vzorce:

$$\theta_{MKK} = G_D - G_F \quad [\% \text{ obj.}] \quad (3.6.5.)$$

kde θ_{MKK} ... maximální kapilární vodní kapacita [% obj.],

G_D ... hmotnost vzorku po 2 hodinách odsávání [g],

G_F ... hmotnost vzorku vysušeného při 105 °C [g].

Retenční vodní kapacita podle Drbala

Retenční vodní kapacita vyjadřuje maximální množství vody, které půda dokáže zadržet kapilárními silami po 24 hodinách odsávání z původně plně nasycené půdy. Je to téměř rovnovážný stav mezi gravitační silou a kapilárními silami. [9]
Retenční vodní kapacitu počítáme podle vzorce:

$$\theta_{RVK} = G_E - G_F \quad [\% \text{ obj.}] \quad (3.6.6.)$$

kde θ_{RVK} ... retenční vodní kapacita [% obj.],

G_D ... hmotnost vzorku po 24 hodinách odsávání [g],

G_F ... hmotnost vzorku vysušeného při 105 °C [g].

Provzdušenost

Provzdušenost vyjadřuje okamžitý obsah vzduchu v půdě, rozdíl mezi pórovitostí a vlhkostí půdy. Obsah vzduchu v půdě ovlivňuje chemické reakce v půdě a také důležitý pro růst rostlin.

Provzdušenost počítáme dle následujících vztahů:

$$V_Z = \frac{V_A}{V_S} \cdot 100 = P - \theta \quad [\% \text{ obj.}] \quad (3.6.7.)$$

kde V_Z ... provzdušenost [% obj.],

V_S ... objem vzorku [cm³],

V_A ... objem vzduchu ve vzorku [% obj.],

P ... pórovitost [% obj.],

θ ... okamžitá vlhkost [% obj.].

Optimální hodnota provzdušenosti pro pole se pohybuje od 18 % do 24 % obj. V případě poklesu provzdušenosti pod hodnotu 10 % obj. je nutné provést vhodné agrotechnické opatření. [10]

Maximální vzdušná kapacita půdy

Maximální vzdušná kapacita půdy vyjadřuje, kolik procent pórů vyplňuje vzduch při maximální kapilární vodní kapacitě.

Pro výpočet maximální vzdušné kapacity půdy používáme vztah:

$$K_{MKK} = P - \theta_{MKK} \quad [\% \text{ obj.}] \quad (3.6.8.)$$

kde K_{MKK} ... maximální vzdušná kapacita [% obj.],

P ... pórovitost [% obj.],

θ_{MKK} ... maximální kapilární vodní kapacita [% obj.].

Retenční vzdušná kapacita půdy

Retenční vzdušná kapacita vyjadřuje, kolik procent pórů vyplňuje vzduch při retenční vodní kapacitě.

Retenční vzdušnou kapacitu počítáme dle vztahu:

$$K_{RVK} = P - \theta_{RVK} \quad [\% \text{ obj.}] \quad (3.6.9.)$$

kde K_{RVK} ... retenční vzdušná kapacita [% obj.],

P ... pórovitost [% obj.],

θ_{RVK} ... retenční vodní kapacita [% obj.].

Rozdělení pórů v půdním vzorku

Kapilárními póry je voda schopna vzlínat, tedy pohybovat se směrem proti gravitaci. Velké zastoupení kapilárních pórů znesnadňuje infiltraci a zvyšuje povrchový odtok, naopak při nedostatku těchto pórů půda nedokáže zadržet potřebné množství vody pro rostliny. [2]

Semikapilární póry jsou přechodem mezi kapilárními a nekapilárními póry. Dochází v nich k ustalování hladiny, voda díky nim lépe proniká do půdy a dokáže nasytit kapilární póry do větší hloubky. [2]

Nekapilární póry jsou prostory, ze kterých voda odtéká gravitačně. Při nadbytku těchto pórů voda rychle proudí vrstvou půdy bez možnosti nasycení kapilárních pórů a odteče z dosahu kořenů. [2]

Kapilární póry by měly optimálně tvořit 2/3 pórovitosti, zbytek by měl být rovnoměrně rozdělen mezi póry semikapilární a nekapilární. Nadbytek neumožní vsak vody do půdy a naopak nedostatečné zastoupení ukazuje na nízkou zásobu vody v půdním profilu. [2]

4. HYDRAULICKÉ VLASTNOSTI PŮDY

K hydraulickým charakteristikám půdy patří retenční čára půdní vlhkosti a hydraulická vodivost.

4.1. RETENČNÍ ČÁRA PŮDNÍ VLHKOSTI

Retenční čára vyjadřuje vztah mezi vlhkostním potenciálem a vlhkostí půdy v rovnovážném stavu. V laboratoři ji lze stanovit v podtlakových či přetlakových přístrojích, pískovém tanku nebo Tempské cele.

Pískový tank

Pomůcky: Pískový tank (obrázek 4.1.1), kruhový filtrační papírek, hodinové sklo, váha s přesností na 0,01g, destilovaná voda, Kopeckého válečky.

Postup: K měření v pískovém tanku se používají Kopeckého válečky, které necháme nasytit destilovanou vodou prostřednictvím 4 vrstev filtračního papíru po dobu 24 hodin a shora váleček přikryjeme hodinovým sklem. Po nasycení sejmemé váleček z filtračního papíru a zvážíme je. Naplníme pískový tank umělým pískem a pomocí zásobní láhve se nasatí destilovanou vodou cca 3-5 cm nad povrch. Nasycené vzorky vložíme do připraveného tanku, přitlačíme a otočíme ho, Kopeckého váleček musí být dokonale v kontaktu s náplní tanku. Měření probíhá při tlaku vodního sloupce od 10 - 100 cm. Jezdec na stupnici nastavíme na 1. hladinu, tzn. 10 cm a odsává se přebytečná voda. Vzorky vyjmeme, přikryjeme sklem a zvážíme. Poté měření opakujeme a jen měníme výšku podtlaku, tj. 30, 60, 90 cm. Čím je podtlak větší, tím déle trvá dosažení rovnovážného stavu (dny, týdny). Závisí to také na zrnitosti vzorků. Jednou z důležitých podmínek je nepřítomnost vzduchových bublin v celém systému tanku.
[5]



Obrázek 4.1.1 Pískový tank (Kameníčková, 2013)

Přetlakový aparát

Při měření za vyššího tlaku se používají přetlakové přístroje (1 až 15 barů). Přístroj se skládá z přetlakové komory (obrázek 4.1.2) a keramické desky. Přetlak zajišťujeme pomocí kompresoru a regulace probíhá pomocí regulačních ventilů a manometrů.

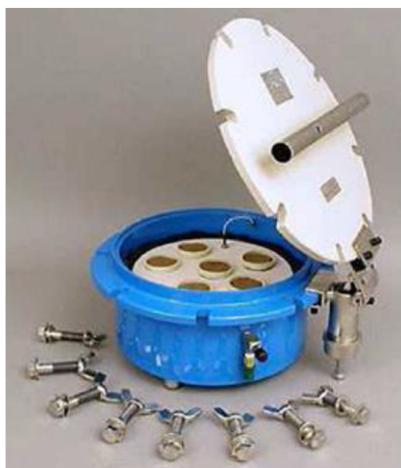
Pomůcky: Přetlakové přístroje s příslušenstvím, hodinové sklo, Kopeckého válečky, váha s přesností 0,02g, sušárna s termostatem.

Postup: Keramická deska (1 bar) se vloží do destilované vody (vyčnívá pouze kovový náustek), sytí se 2 – 3 dny. Přetlaková nádoba se spojí pomocí hadičky s byretou, která se naplní malým množstvím vody. Používá se ke zjištění rovnovážného stavu. Jestliže v ní voda nestoupá, dochází k rovnovážnému stavu.

[2]



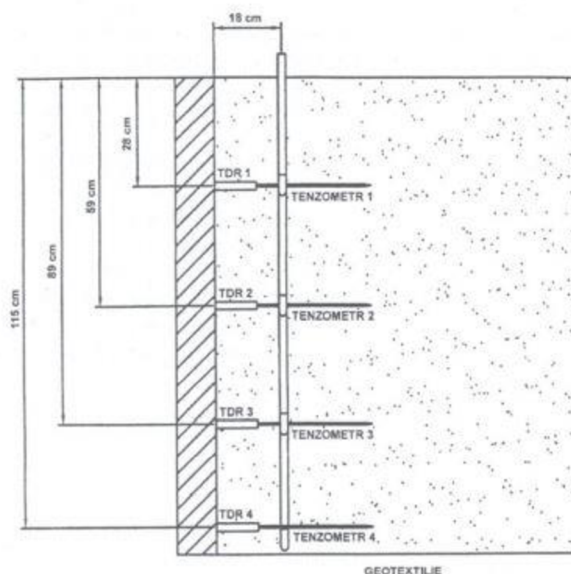
Obrázek 4.1.2 Přetlakový aparát (Kameníčková, 2013)



Obrázek 4.1.3 Přetlakový aparát - detail (Kameníčková, 2013)

Čidla na měření vlhkosti

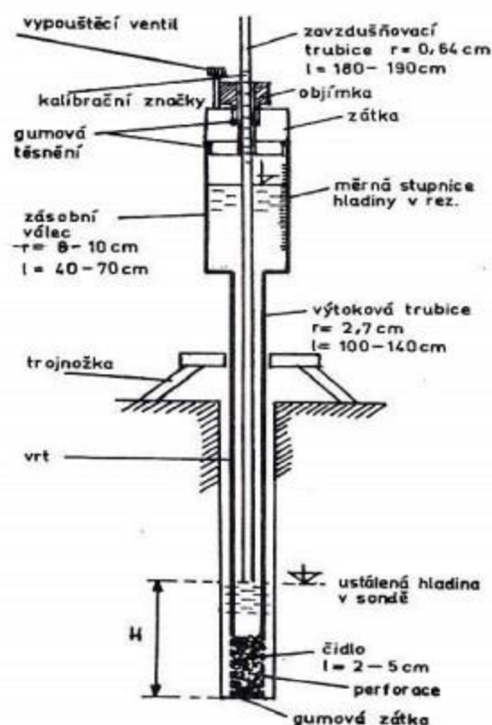
V terénu používáme čidla na měření vlhkosti – TDR senzory, neutronovou nebo kapacitní sondu. Ty umísťujeme do daných hloubek v půdním profilu. V obrázku 4.1.4 je patrné, že body retenčních čar obdržíme na základě znalosti objemové vlhkosti a odpovídající tlakových výšek, které měříme pomocí tenzometrů.



Obrázek 4.1.4 Schéma terénního měření retenční čáry (Kodešová, 2005)

4.2. HYDRAULICKÁ VODIVOST – METODY MĚŘENÍ

V laboratoři používáme Kopeckého válečky a přístroje s proměnným nebo konstantním spádem nebo pomocí Temských cel. V terénu stanovujeme vodivost pomocí pracnějších metod: výtopovou infiltrací, tlakovým nebo Guelpským permeametr. Ten se používá pro větší hloubky cca až do 8 metrů. V případě výskytu podzemní vody použijeme jednosondovou nebo piezometrickou metodu. Na obrázku 4.2.1 můžeme vidět popis jednotlivých částí Guelpského permeamtru a jeho uložení v půdě.



Obrázek 4.2.1 Guelpský permeametr (Matula, 1989)

Nasycená hydraulická vodivost

Pro měření nasycené hydraulické vodivosti na přístrojích s konstantním spádem necháme vzorky kapilárně nasytit na filtračním papíru (metodika podle Nováka) a pak je umístíme do permeamtru, kde se dosytí na plnou vodní kapacitu.

Pomůcky: Kopeckého válečky, přístroj na měření hydraulické vodivosti s konstantní hladinou, zařízení na kapilární nasávání válečků (miska, filtrační papír).

Postup: Po příchodu do laboratoře se vzorky nechají kapilárně nasytit na filtračním papíru. Po dosažení maximální kapilární kapacity se vzorky umístí do permeamtru, obrázek 4.2.2. a dosytí se na plnou vodní kapacitu. Vzorky se často nepodaří nasytit na vlhkost, která odpovídá plné pórovitosti, ve vzorku zůstane uzavřen malý podíl vzduchu. Pokud se spokojíme s dosaženou úrovní nasycení, naměřená hydraulická vodivost se pak vztahuje k experimentálně dosažené vlhkosti. Úroveň dolní hladiny se kontroluje přepadem, horní hladina se kontroluje pomocí elektronického čidla. [2]

Klasifikaci propustnosti určujeme podle Kutílka (tabulka 4.2.1)



Obrázek 4.2.2 Permeametr s konstantní spádem (Kameníčková,2013)

Hydraulickou vodivost K vypočítáme pomocí vztahu:

$$K = \left(\frac{q}{S}\right) \left(\frac{l}{H}\right) \text{ [cm/s]} \quad (4.2.1)$$

kde q ... ustálený průtok [cm^3/s],

V ... objem plochy [cm^3],

S ... plocha válečku [cm^2],

l ... výška válečku [cm],

H ... konstantní rozdíl hladin [cm].

V domácí literatuře uváděnou klasifikaci propustnosti na základě nasycené hydraulické vodivosti podle Kutílka najdeme v tabulce 4.2.1.

Tabulka 4.2.1: Klasifikace propustnosti podle Kutílka (Holý, 1984)

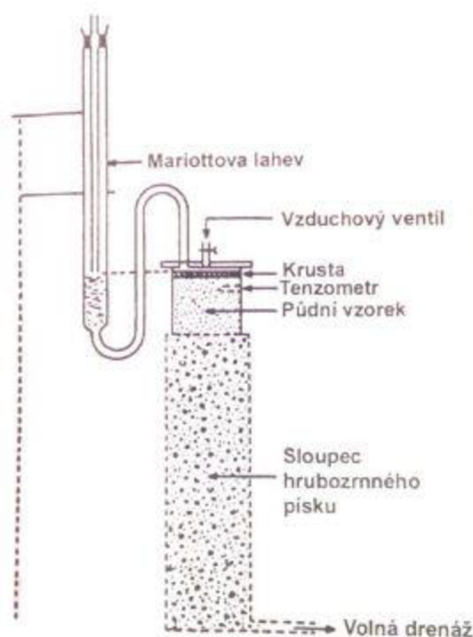
Skupina	Půdní propustnost	Hydraulická vodivost (m/den)
I	Velmi malá	< 0,03
II	Malá	0,03 – 0,15
III	Mírná	0,15 – 0,50
IV	Střední	0,50 – 2,00
V	Velká	2,00 – 6,00
VI	Značně velká	< 6,00
VII	Velmi velká	-

V zahraniční literatuře uváděná ideální hodnota nasycené hydraulické vodivosti (saturated hydraulic conductivity) se pohybuje v rozmezí od $5 \cdot 10^{-3}$ do $5 \cdot 10^{-4} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ (0,43 až 4,32 m/den). [21]

Nasycenou hydraulickou vodivost lze stanovit i dalšími metodami. V laboratoři můžeme použít také permeametr s proměnným spádem nebo Tempské cely. Měření nasycené hydraulické vodivosti v terénu provádíme pomocí výtopové infiltrace, tlakového nebo Guelpského permeamtru. [2]

Nenasycená hydraulická vodivost

Nenasycenou hydraulickou vodivost stanovíme laboratorně crust metodou (obrázek 4.2.3), one-step nebo multi-step outflow a evapotranspirační metodou. V terénu použijeme podtlakové diskové infiltrometry nebo čidla umístěná v půdním profilu.



Obrázek 4.2.3 Crust metoda (Kodešová, 2005)

4.3. TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ PŮDY

Agrotechnologické úpravy půdy

Úpravy půdy se provádí, aby se vytvořily vhodné podmínky pro růst a vývoj pěstovaných plodin a taktéž za účelem vyššího zisku. V první řadě je to jeden ze způsobů, jak zajistit správný průběh půdních procesů a zlepšit fyzikální vlastnosti půdy.

Rozlišujeme dva základní typy technologie zpracování půdy, konvenční (klasická – orba) a minimalizační (minimální zásahy do půdy).

Konvenční technologie

Při konvenčním zpracování dochází k obracení vrstvy (obrázek 4.3.1) půdy, tím dojde k zapravení posklizňových zbytků a biomasy meziplodin pod orniční vrstvu. Využívaná je i z důvodu zamezení růstu plevelů a provzdušnění půdního horizontu. Podle hloubky orby se rozděluje na mělkou (14 – 18 cm), střední (18 – 24 cm), hlubokou (24 – 30 cm) a velmi hlubokou (> 30 cm) orbu, která se provádí radličnými pluhy. [13]



Obrázek 4.3.1 Příklad jednostranného pluhu (cz.kverland.com)

Minimalizační technologie

Způsob úpravy půdy, který se vyznačuje mělkým a málo intenzivním zásahem do půdy. Namísto orby je využito kypření do malé hloubky (20 cm), výsev plodin do nezpracované půdy nebo do vymrzajících meziplodin a další. Zpracování půdy, při kterém zůstane více jak 30 % povrchu zakryto posklizňovými zbytky, je považováno za půdoochranné. Princip minimalizační technologie je založen na principu prokypření pouze svrchní vrstvy půdy, čímž zamezíme vysychání spodních vrstev humusového horizontu (přerušení kapilarity).

Vývoj minimalizační technologie a zemědělské techniky započal přibližně v první polovině 20. století v zahraničí, především v USA. Na našem území si minimalizační technologie vytváří tradici přibližně od 70. let minulého století. Její poměrně hojné využití je provázáno výzkumy zaměřenými na zjištění dopadů minimalizace na půdní prostředí, růst rostlin a dosažitelný výnos. V poslední době se výzkumy zaměřují ale i na rizika spjatá s dlouhodobým a opakovaným používáním minimalizační technologie, při které by mohlo docházet k rozšíření negativních činitelů. [14;15]

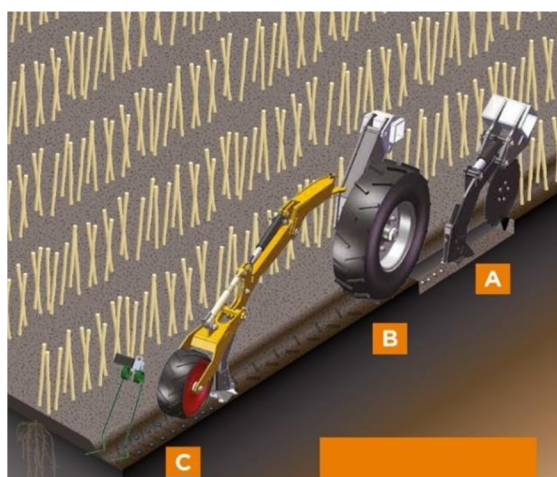
Jak již bylo řečeno, jedním způsobem využívaným při minimalizační technologii je mělké kypření. Toho se docílje pomocí podmítacích pluhů, talířových (diskových) podmítačů, radličkových podmítačů a rotačních kypřičů. Převážná většina zmíněných podmítačů svým průměrem disků mnohdy nepokrývá potřebu spotřebitelů pěstujících cukrovou třtinu nebo zrnovou kukuřici, jelikož je pro ni velmi obtížné zpracovat mocné vrstvy zbylé organické hmoty. Proto se na trhu začínají objevovat i stroje robustnější jako je například podmítač APF SL, který má

průměr disku 1020 mm. Pomocí hydrauliky lze nastavit pracovní hloubku zpracování půdy, která může dosáhnout až 45 cm (obrázek 4.3.2). [16]



Obrázek 4.3.2 Talířový podmítač APF SL od firmy Quivogne (www.mechanizaceweb.cz)

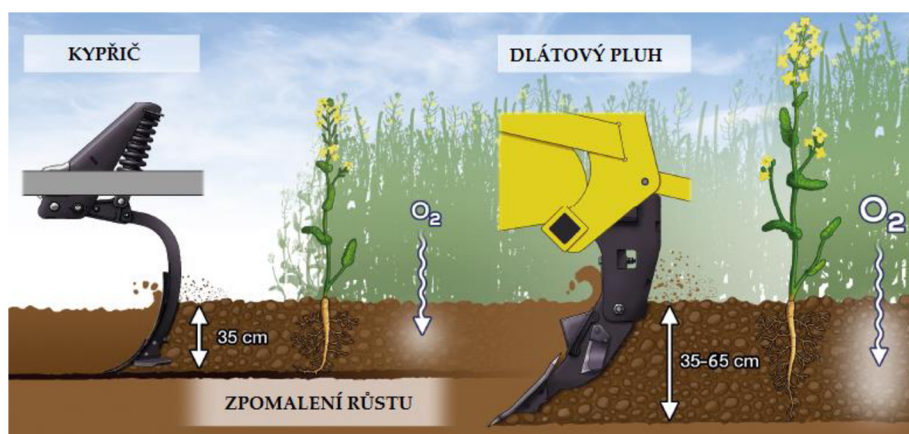
Postupným vývojem dochází i k vývoji nových kombinovaných strojů, které minimalizují počet přejezdů po zemědělské ploše. Tzv. pásové zpracování půdy (strip-till) znamená, že při jednom pojezdu po nezpracované půdě (posklizňové zbytky, strniště) dojde k aplikaci hnojiva do spodní vrstvy, dále vpravení osiva a zpětné přimáčknutí nakypřené půdy (obrázek 4.3.3). [17]



Obrázek 4.3.3. Ukázka práce secího stroje Mzuri Pro-Til 4T, A-aplikace hnojiva, B-příprava set'ového lůžka, C-vpravování osiva a následné přitlačení nakypřené půdy (www.mechanizaceweb.cz)

Při dlouhodobém zpracování půdního profilu na jednu hloubku dochází ke vzniku tzv. plužní pánve. Pojezdem těžké mechanizace se půdní profil v blízkosti plužní pánve utužuje, což má za následek negativní vliv na fyzikální vlastnosti půdy (pórovitost, penetrační odpor) a vývoj kořenového systému rostlin (růst kořenů

v horizontálním směru, větvení a deformace u hlíznatých plodin). Po dlouhodobých srážkách dochází k trvalému zamokření půdy právě v důsledku vzniku plužní pánve. Tuto utuženou vrstvu je zapotřebí narušit a tím i obnovit půdní strukturu a vodní režim půdy. Hloubkové prokypření (až do hloubky 65 cm) se provádí pomocí dlátových pluhů, jak je patrné z obrázku 4.3.4. [18]



Obrázek 4.3.4. Ukázka použití dlátového pluhu a kypříče (www.bednar-machinery.com)

Minimalizační technologie je nejvíce využívána v Severní a Jižní Americe a Austrálii. V České republice se odhadují plochy obhospodařované minimalizační technologií na přibližně 30 % celkové zemědělské plochy. Je vhodná pro středně těžké půdy s vyšší přirozenou úrodností v sušších podmínkách. Nejčastěji se využívá při pěstování hustě setých obilnin, kukuřice, olejnin i cukrovky.[19]

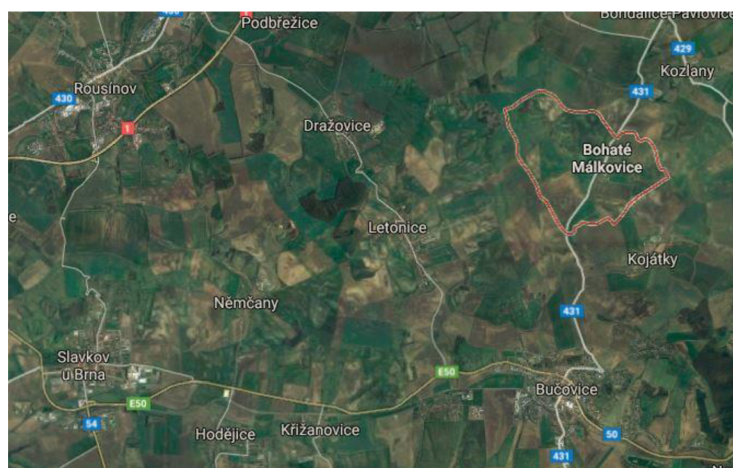
Z ekologického hlediska je hlavním důvodem využití minimalizační technologie, která má příznivý vliv na strukturu půdy (především zvýšení vodostálosti půdních agregátů). Což v důsledku znamená i zlepšení hospodaření s půdní vodou a především redukci vodní a větrné eroze.

Minimalizační technologie není vhodná pro zamokřené a nadměrně utužené půdy, kde je důležité docílit dostatečného provzdušení a nakypření půdy.[19]

5. PRAKTICKÁ ČÁST

5.1. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

Bohaté Málkovice leží v okrese Vyškov v Jihomoravském kraji. V okolí obce se nachází úrodná pole, z nichž některé spadají pod firmu ZEMO, spol. s r. o..



Obrázek 4.1.1 Celková mapa umístění Bohatých Málkovic (google maps)

Klimatické poměry

Území se nachází v mírně vlhkém, teplém regionu.

Naměřené hodnoty srážkových úhrnů a teplot jsou uvedené v tabulkách 5.1.1 a 5.1.2, data pocházejí ze sondy 00002 Bohaté Málkovice. Nachází se vzdušnou čarou 2,5 km severozápadně od obce Šardičky.

V porovnání s průměrným dlouhodobým úhrnem srážek uvedených na stránkách www.bpej.vumop.cz, který je 550 – 650 mm/rok. Naměřený roční úhrn srážek je o víc jak 100 mm menší.

Vývoj teploty v roce 2017 je patrný z tabulky 5.1.2, minimální teplota $-18,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ a maximální teplota $35,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Naměřená průměrná roční teplota byla $8,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (odpovídá průměrným ročním teplotám uvedených na stránkách www.bpej.vumop.cz).

Tabulka 5.1.1 Srážkové úhrny v roce 2017 (ZEMO. spol. s r.o.)

měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
úhrn srážek [mm]	7	27	25	40	28	37	59,5	25	81	47	29	43
Σ srážek [mm]	448,5											

Tabulka 5.1.2 Teplota v jednotlivých měsících roku 2017 (ZEMO. spol. s r.o.)

měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Min. [°C]	-18,7	-8,6	-1,4	-3,2	-0,6	8,1	8,8	10,6	6,7	2,4	-2,3	-8,1
Max. [°C]	3,2	11,1	20,8	22,8	33,1	33,2	35,4	34,6	24,3	20	12,5	10,5
průměr [°C]	-5,3	1,8	7,9	9,2	15,9	21,6	20,7	21,8	14,8	11,2	5,0	1,6

Hydrologické poměry

Lokalita patří do hlavního povodí Moravy a dílčího povodí řeky Svatky. V blízkém okolí se nachází potok Hvězdlička a jeho pravostranný přítok Pavlovický potok. Dále zde protéká Žlebovský potok a do něj ústí potok Kojátecký. Zájmová lokalita sousedí přímo s revitalizovaným mokřadem, který je tvořen slepým ramenem Kojáteckého potoku.

Způsob zpracování půd

Zemědělská půda v zájmové lokalitě K1 byla zpracována minimalizační technologií (talířový podmičák, kypřič a diskový secí stroj bez válení) a v lokalitě K2 se použilo přímé setí do půdy.

5.2. ODBĚR VZORKŮ

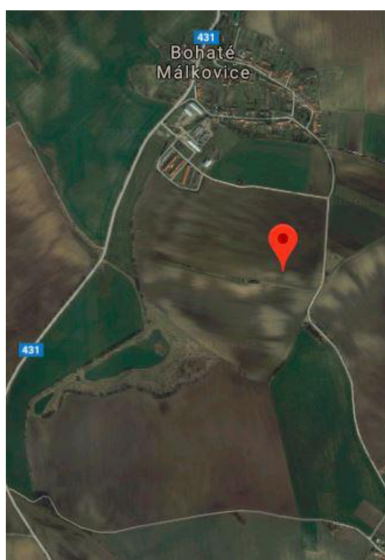
Vzorky byly odebrány ve dvou lokalitách během tří výjezdů, první se konal 25.2017, druhý 30.6.2017 a třetí 27.7.2017. Odběr vzorků probíhal ve vegetačním období pěstované plodiny. První lokalita K1 (N49°10.908 E17°1.100) leží na pozemku s mírnou erozí, číslo parcely je 8501/2 ID: 6428 (obrázek 5.2.2). Druhá lokalita K2

(N49°10.60400 E17°1.0400) leží na parcele bez eroze, číslo 8501/2 ID: 6428 (obrázek 5.2.3).

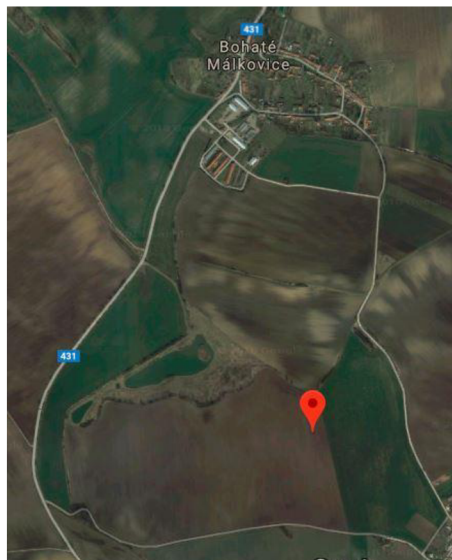


Obrázek 5.2.1 Parcela číslo 8501/2 (Veřejný registr půd)

Z obou experimentálních ploch se odebíraly porušené a neporušené půdní vzorky, které byly zpracovány v pedologické laboratoři ÚVHK na Vysokém učení technickém v Brně. Výsledky laboratorních rozborů jsou prezentované ve formě tabulek a grafů, které jsou uvedeny v textové a přílohové části.



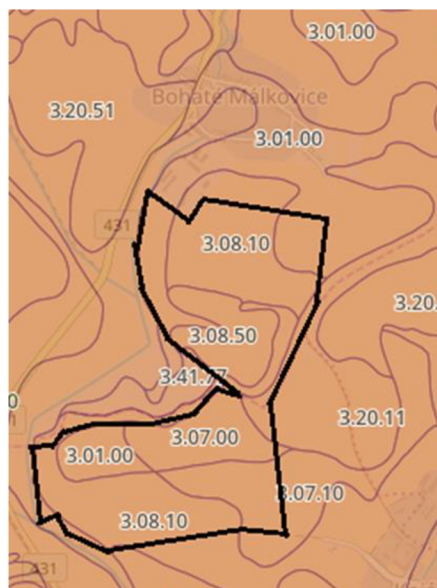
Obrázek 5.2.2 Vzorek K1 (Mapy CZ)



Obrázek 5.2.3 Vzorek K2 (Mapy CZ)

BPEJ – BONITOVANÉ PŮDNÍ EKOLOGICKÉ JEDNOTKY

Na parcele číslo 8501/2 se nachází 5 různých bonitovaných půdních ekologických jednotek, které jsou vidět na obrázku 5.2.4. Experimentální výzkum probíhal na půdách s BPEJ: 3.08.50 K1 – plocha s erozí a 3.08.10 K2- plocha bez eroze.



Obrázek 5.2.4 mapa BPEJ (www.bpej.vumop.cz)

Půdy kolem obce Bohatých Málkovic spadají do třetího klimatického regionu, který se nachází v severní a východní část České křídové tabule (Hornomoravský úval, severní část Dolnomoravského úvalu a nejnižší polohy Boskovické brázdy).

BPEJ číslo 3.08.10 (K2 - plocha bez eroze)

Černozem se nachází převážně na mírných svazích se sklonem 3 – 7 ° a se všesměrnou expozicí. Celkový obsah skeletu do 10 %. Půdy hluboké v teplém, mírně vlhkém klimatickém regionu s ročním úhrnem srážek 550 – 650 mm, teplotou 8 – 9 °C, půda je středně produkční. Jako půdotvorný substrát se zde vyskytují spraše. Třída ochrany půdy II. stupně, cena se zde pohybuje 12,88 Kč/m². Půda se střední rychlostí infiltrace i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdu středně hluboké až hluboké od 60 cm, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité. Na obrázku 5.2.5 jde vidět půdní profil půdy 3.08.10. [22]



Obrázek 5.3.5 půdní profil 3.08.10 (ww. bpej.vumop.cz/30810)

BPEJ číslo 3.08.50 (plocha s erozí)

Černozemní půda nacházející se převážně na středních svazích se sklonem 7 – 12°, se severní expozicí (severozápadní až severovýchodní) a celkovým obsahem skeletu do 10 %. Půdy hluboké v teplém, mírně vlhkém klimatickém regionu s ročním úhrnem srážek 550 – 650 mm, teplotou 8 – 9°C, půda je málo produkční. Jako půdotvorný substrát se zde vyskytují spraše. Třída ochrany půdy III. stupně, cena se zde pohybuje 9,67 Kč/m². Půdy se střední rychlostí infiltrace i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké od 60 cm, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité. Bezskeletovitá půda s obsahem skeletu do 10 %. Na obrázku 5.2.6 jde vidět půdní profil půdy 3.08.50. [22]



Obrázek 5.4.6 půdní profil 3.08.50 (ww. bpej.vumop.cz/30850)

5.3. VÝSLEDKY MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ

Výsledky laboratorních rozborů jsou zpracované ve formě tabulek a grafů v přílohové části 1 až 4. Průměrné hodnoty fyzikálních vlastností půdy jsou uvedeny v textové části v tabulkách 5.3.3.1, 5.3.3.2 a 5.3.3.3 a hydraulické charakteristiky půdy pak v tabulkách 5.3.3.6.1 a 5.3.3.6.2.

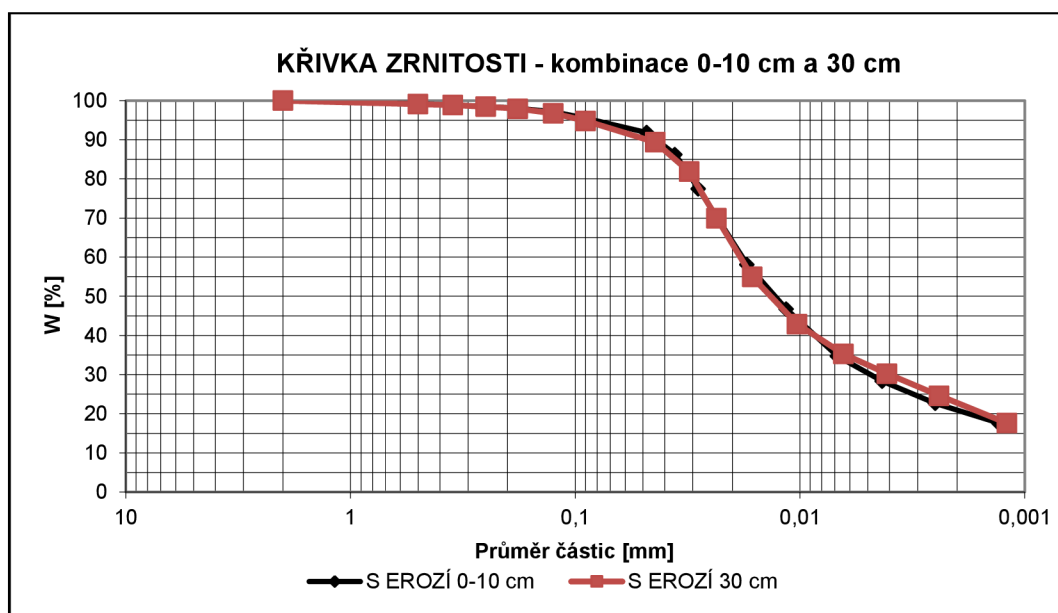
5.3.1. ZRNITOSTNÍ ROZBOR

Zrnitostní rozbor byl proveden metodou kombinovanou, tzn. proséváním na sítích a hustoměrnou zkouškou podle A. Gassagrandeho. Metody jsou podrobně popsány v kapitole 3.1, v podkapitole 3.1.1 jsou uvedeny použité klasifikace půdy dle zrnitosti.

Zápis měření a vyhodnocení zrnitostního rozboru půdy jsou uvedeny v přílohové části v tabulkách 1.1, 1.2, 1.5, 1.6 a grafické průběhy jsou patrné z obrázků 1.3, 1.4, 1.7, 1.8.

Lokalita K1 – s erozí

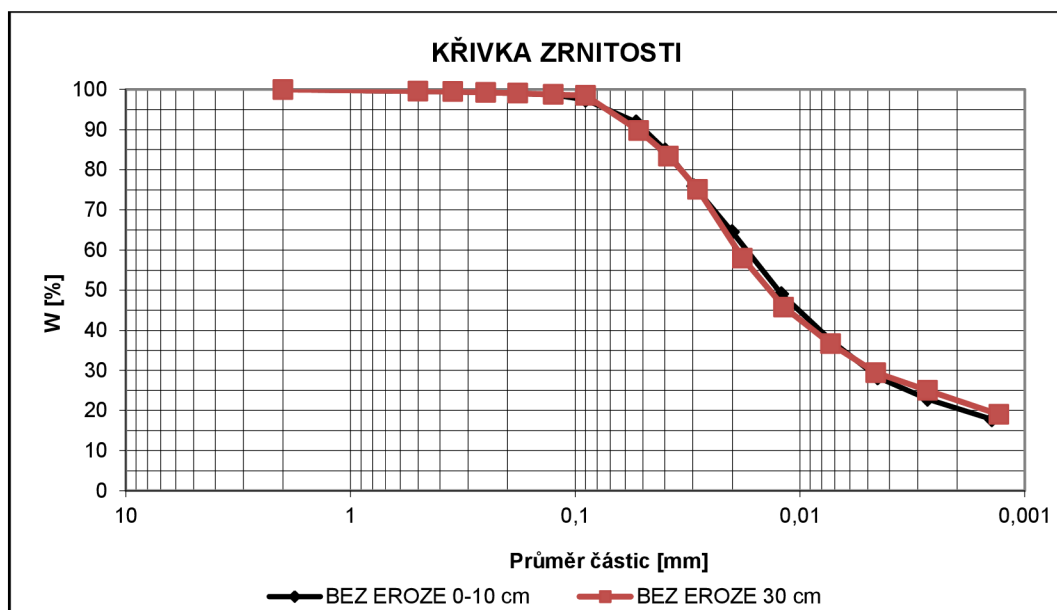
Ze zrnitostního rozboru je patrné (obrázek 5.3.1.1), že zastoupení částic 0,01 mm v ornici je 42,82 % a v podorničí 42,31 %, půda (ornice i podorničí) byla klasifikována podle Nováka (tabulka 3.1.1.1) jako středně těžká hlinitá půda.



Obrázek 5.3.1.1 Průběh grafu zrnitostního rozboru v ornici (0-10cm) a podorniční vrstvě (30 cm)

Lokalita K2 – bez eroze

Z křivky zrnitosti je patrné (obrázek 5.3.1.2), že zastoupení částic 0,01 mm v ornici je 43,99 % a v podorničí 42,10 %, půda (ornice i podorničí) byla klasifikována podle Nováka (tabulka 3.1.1.1) jako středně těžká hlinitá půda. Křivky se od sebe moc neliší, jen v podorniční vrstvě je nižší zastoupení prachových částic.



Obrázek 5.3.1.2 Průběh grafu zrnitostního rozboru v ornici (0-10cm) a podorniční vrstvě (30 cm)

5.3.2. ZDÁNLIVÁ HUSTOTA PEVNÝCH ČÁSTIC

Zdánlivá hustota pevných částic byla stanovena pyknometry, postup je popsán v teoretické části v kapitole 3.2.

Hodnoty zdánlivé hustoty pevných částic v lokalitě K1 s erozí dosahovaly v ornici hodnotu $2,68 \text{ g.cm}^{-3}$ a v podorničí $2,67 \text{ g.cm}^{-3}$, u půdy bez eroze v ornici $2,66 \text{ g.cm}^{-3}$ v podorničí $2,67 \text{ g.cm}^{-3}$.

5.3.3. ROZBOR NEPORUŠENÉHO PŮDNÍHO VZORKU

K rozboru neporušeného půdního vzorku se použilo 3 a 5 vzorků ze třech výjezdů. Podrobné výsledky laboratorních rozborů jsou uvedené v přílohové části číslo 3, v textové části jsou pak uvedeny průměrné hodnoty posuzovaných prediktorů v tab. 5.3.3.1, 5.3.3.2 a 5.3.3.3 a grafické výstupy v obrázcích v podkapitolách 5.3.3.1 až 5.3.3.5. Posuzované prediktory (objemová hmotnost,

pórovitost, provzdušenost, maximální kapilární vodní kapacita, momentální vlhkost), které se používají jako ukazatelé kvality půdy jsou popsány níže.

Tabulka 5.3.3.1 Průměrné hodnoty neporušeného půdního vzorku z 1. výjezdu

		1. výjezd				
		lokality K1		lokality K2		
hloubka odběru	h	0-10 cm	30 cm	0-10 cm	30 cm	jednotky
objemová hmotnost reduk.	ρ_d	1,405	1,414	1,529	1,691	g/cm^3
momentální vlhkost	θ	28,763	30,757	24,843	22,703	% obj.
pórovitost	P	47,573	47,029	42,524	36,655	% obj.
kapilární póry	P_K	28,067	30,843	22,737	21,830	% obj.
semikapilární póry	P_S	1,940	3,630	2,133	2,767	% obj.
nekapilární póry	P_N	17,567	12,555	17,654	12,059	% obj.
provzdušenost	V_Z	18,810	16,272	17,680	13,952	% obj.
max. kap. vzdušná kapacita	$K_{M_{KKVZ}}$	18,083	13,305	18,130	12,572	% obj.

Tabulka 5.3.3.2 Průměrné hodnoty neporušeného půdního vzorku z 2. výjezdu

		2. výjezd				
		lokality K1		lokality K2		
hloubka odběru	h	0-10 cm	30 cm	0-10 cm	30 cm	jednotky
objemová hmotnost reduk.	ρ_d	1,322	1,401	1,496	1,513	g/cm^3
momentální vlhkost	θ	26,298	28,356	27,426	23,030	% obj.
pórovitost	P	50,668	47,512	43,754	43,345	% obj.
kapilární póry	P_K	36,990	37,350	36,524	32,174	% obj.
semikapilární póry	P_S	7,176	5,984	6,032	6,226	% obj.
nekapilární póry	P_N	6,502	4,178	1,198	4,945	% obj.
provzdušenost	V_Z	24,370	19,156	16,328	20,315	% obj.
max. kap. vzdušná kapacita	$K_{M_{KKVZ}}$	8,460	5,582	2,392	6,313	% obj.

Tabulka 5.3.3.3 Průměrné hodnoty neporušeného půdního vzorku z 3. výjezdu

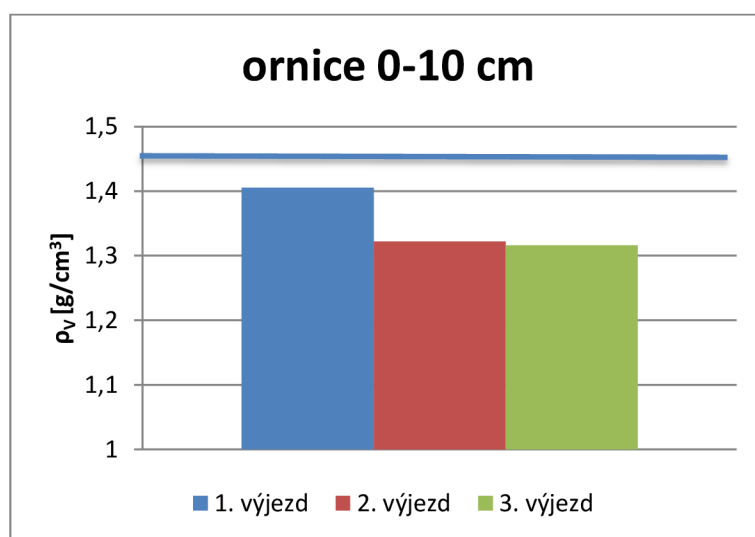
		3. výjezd				
		lokality K1		lokality K2		
hloubka odběru	h	0-10 cm	30 cm	0-10 cm	30 cm	jednotky
objemová hmotnost reduk.	ρ_d	1,316	1,378	1,281	1,584	g/cm^3
momentální vlhkost	θ	32,590	27,404	30,164	28,012	% obj.
pórovitost	P	50,899	48,384	51,856	40,680	% obj.
kapilární póry	P_K	36,948	36,764	34,016	33,436	% obj.
semikapilární póry	P_S	5,606	4,906	5,856	3,992	% obj.
nekapilární póry	P_N	8,345	6,714	11,984	3,252	% obj.
provzdušenost	V_Z	18,309	20,980	21,692	12,668	% obj.
max. kap. vzdušná kapacita	$K_{M_{KKVZ}}$	9,709	8,092	13,982	4,114	% obj.

Objemová hmotnost a pórovitost se nepřímo používají k posouzení zhutnění půdy. Objemová hmotnost redukovaná byla stanovena podle postupu podrobně popsaného v kapitole 3.3. Kritické hodnoty objemové hmotnosti, vyjadřující škodlivé zhutnění půdy jsou uvedeny v tabulce 3.3.2 a kritické hodnoty pórovitosti, při nichž půda vyžaduje agromeliorační zásah, jsou patrné z tabulky 3.4.4 pro daný půdní druh. Strukturní stav humusového horizontu byl přibližně hodnocen podle objemové hmotnosti (tabulka 3.3.1). Klasifikace půdy (ornice i podorničí) podle pórovitosti podle Bretfelda je uvedeno v tabulce 3.4.3.

5.3.3.1 OBJEMOVÁ HMOTNOST

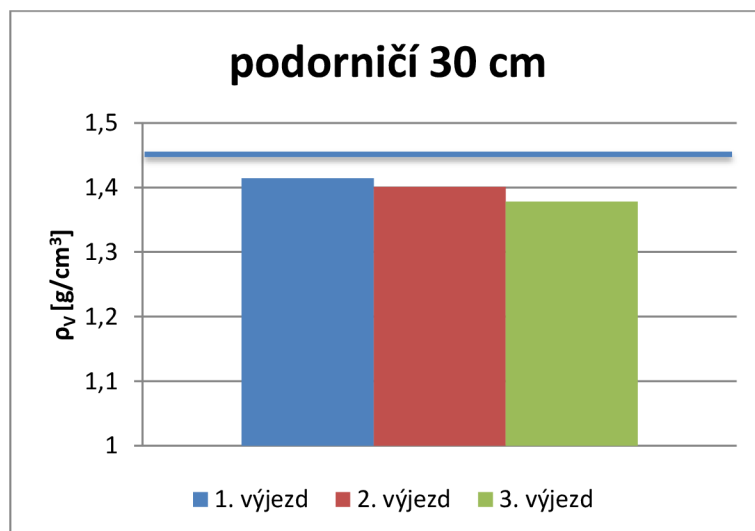
Lokalita K1 – s erozí

Průměrné hodnoty objemové hmotnosti v ornici lze vidět v obrázku 5.3.3.1.1. Ve sledovaném období se pohybují od 1,322 do 1,414 g.cm⁻³. Ve sledovaném období nebyla překročena kritická hodnota pro hlinitou půdu $\rho_{krit} = 1,45 \text{ g.cm}^{-3}$ a strukturní stav humusového horizontu byl klasifikován jako dobrý.



Obrázek 5.3.3.1.1 Graf průběhu průměrných hodnot objemové hmotnosti redukované v ornici (0-10cm)

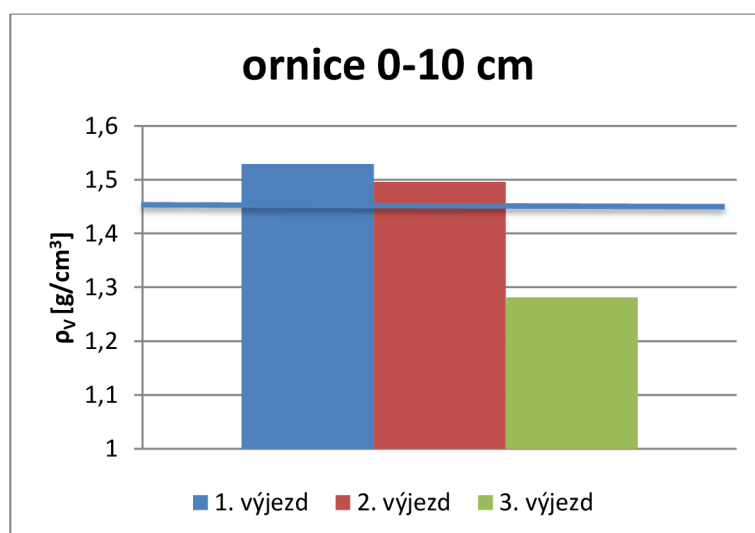
Hodnoty objemové hmotnosti redukované v podorničí lze vidět v obrázku 5.3.3.1.2, pohybovaly se od 1,378 do 1,414 g.cm⁻³ a nebyla překročena kritická hodnota podle Lhotského.



Obrázek 5.3.3.1.2 Graf průběhu průměrných hodnot objemové hmotnosti redukované v podorničí (30cm)

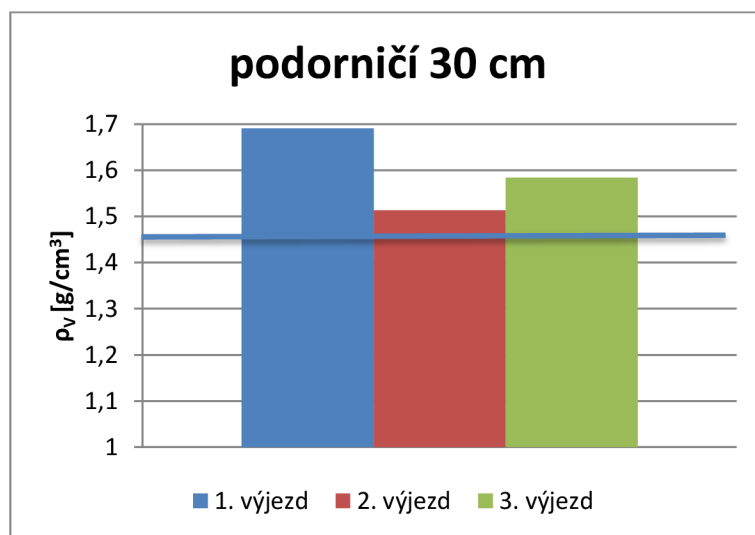
Lokalita K2 – bez eroze

Průběh průměrných hodnot objemové hmotnosti redukované v ornici je patrný z obrázku 5.3.3.1.3, hodnoty v ornici se pohybují od 1,281 do 1,529 g.cm⁻³ . Kritická hodnota byla překročena na konci měření, tedy ve 3. výjezdu. Strukturální stav humusového horizontu byl v prvním a druhém výjezdu klasifikován jako nevyhovující (tabulka 3.3.1), na konci jako dobrý.



Obrázek 5.3.3.1.3 Graf průběhu průměrných hodnot objemové hmotnosti redukované v ornici (0-10cm)

Hodnoty objemové hmotnosti redukované v podorničí lze vidět v obrázku 5.3.3.1.4, pohybují se od 1,513 do 1,691 g.cm⁻³. Ve všech třech výjezdech byla překročena kritická hodnota podle Lhotského (tabulka 3.3.2). Strukturní stav humusového horizontu byl na začátku sledovaného období klasifikován jako nestrukturní a v dalším období jako nevyhovující.



Obrázek 5.3.3.1.4 Graf průběhu průměrných hodnot objemové hmotnosti redukované v podorničí (30cm)

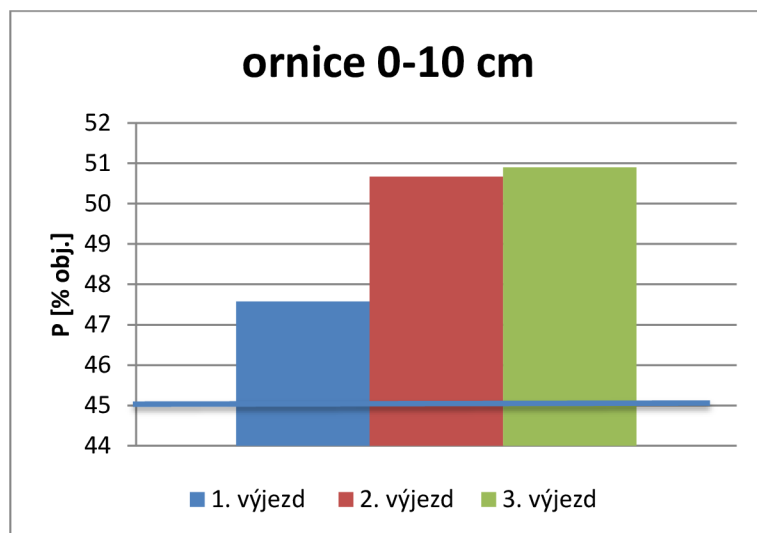
5.3.3.2 PÓROVITOST

Pórovitost vyjadřuje procentuální zastoupení všech druhů pórů v půdním horizontu. Hodnota pórovitosti se stanovuje dle vzorce v kapitole 3.4.

Pro zajištění optimální kapacity vody pro rostliny je nejen důležitá pórovitost, ale i zastoupení jednotlivých druhů pórů. Kapilární póry by měly optimálně tvořit 2/3 z pórovitosti (66,7%), zbytek by měl být rovnoměrně rozdělen mezi nekapilární a semikapilární póry.

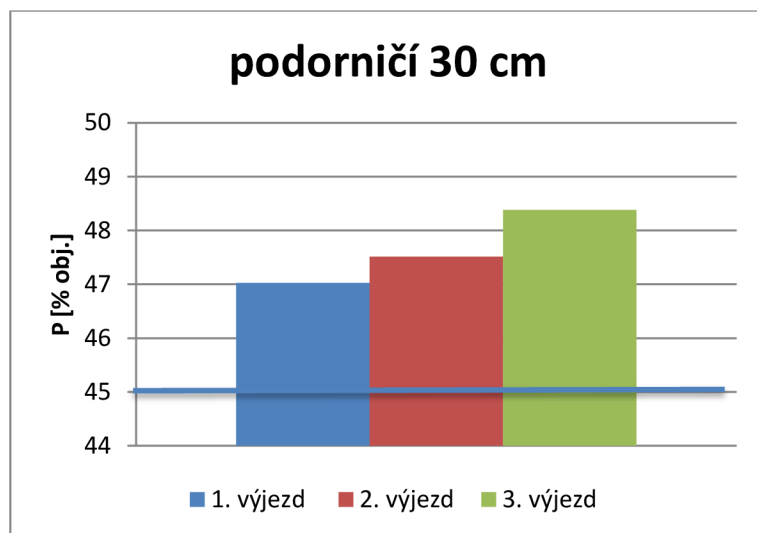
Lokalita K1 – s erozí

V průběhu vegetačního období se pórovitost v ornici mění a pohybuje se v rozmezí od 47,57% do 50,90% (obrázek 5.3.3.2.1). Ve sledovaném období lze strukturní stav humusového horizontu klasifikovat jako ulehlý a kritické hodnoty podle Lhotského nebyly dosaženy P<45% obj. (tabulka 3.4.4).



Obrázek 5.3.3.2.1 Graf průběhu průměrných hodnot pórovitosti v ornici (0-10 cm)

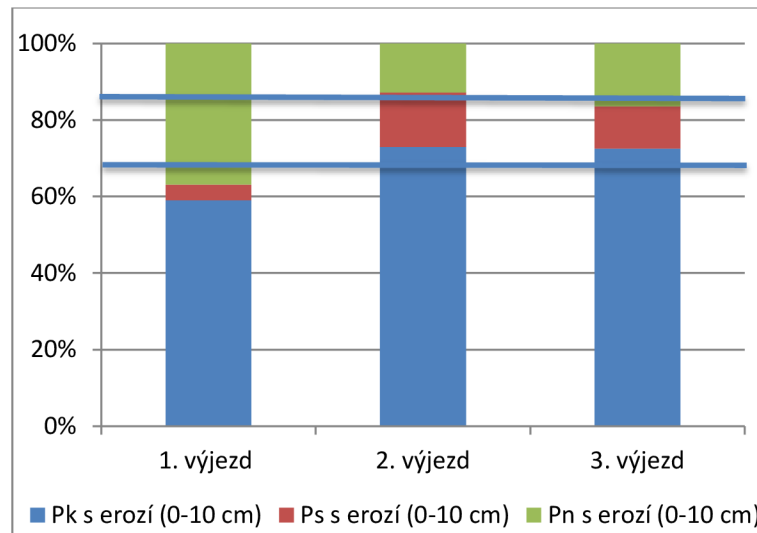
Pórovitost v průběhu vegetačního období v podorniči se mění, pohybuje se v rozmezí od 47,029 % do 48,384 obj. % (obrázek 5.3.3.2.2). Ve sledovaném období nebyly překročeny kritické hodnoty pórovitosti a strukturní stav humusového horizontu lze klasifikovat jako ulehlý.



Obrázek 5.3.3.2.2 Graf průběhu průměrných hodnot pórovitosti v podorniči (30 cm)

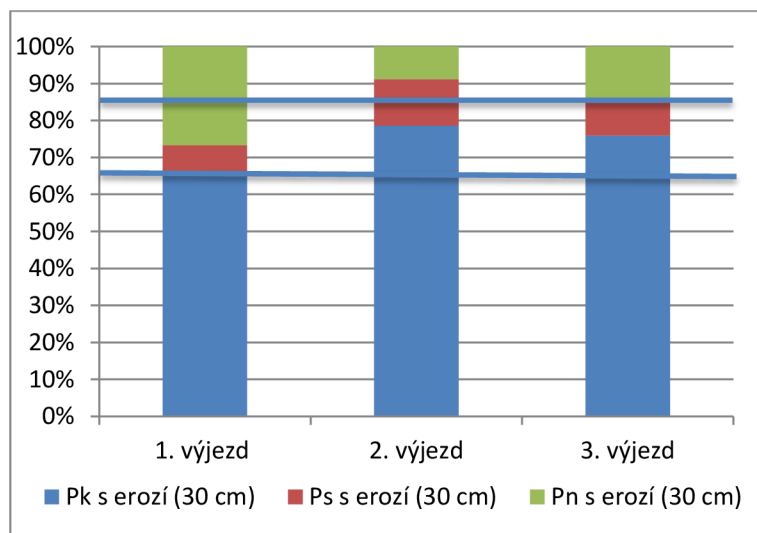
Jednotlivé druhy pórů (obrázek 5.3.3.2.3) v ornici jsou v průběhu vegetačního období rozděleny nerovnoměrně. V prvním výjezdu převažují nekapilární póry, v důsledku čehož nejsou úplně nasyceny kapilární póry a voda poměrně rychle gravitačně odtéká do nižších půdních vrstev, tedy dále od kořenového systému

rostlin. Ve zbývajícím vegetačním období kapilární póry přesahují optima a je patrné i poměrně rovnoměrné rozdělení nekapilárních a semikapilárních pórů, v půdě je dostatek vody pro potřeby rostlin.



Obrázek 5.3.3.2.3 Graf průběhu průměrných hodnot zastoupení jednotlivých druhů pórů v ornici s erozí (0-10 cm)

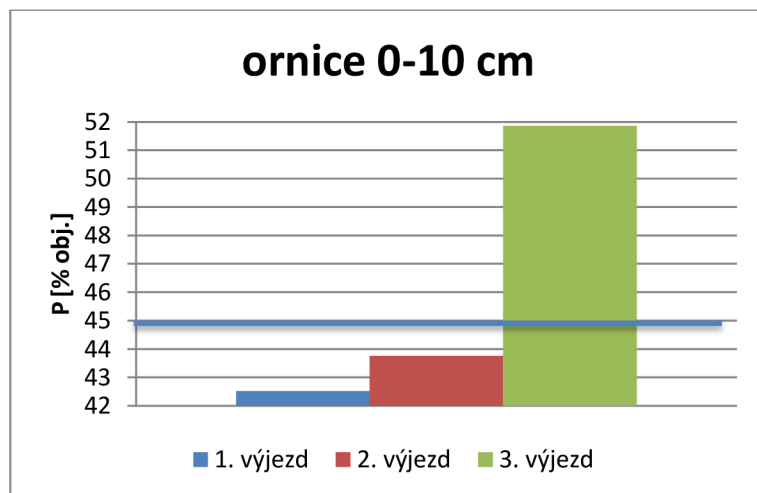
Póry v podorničí (obrázek 5.3.3.2.4) jsou rozděleny podobně jako v ornici, v rámci 1. měření je dosaženo optimální zastoupení kapilárních pórů a je převaha nekapilárních pórů. V další části vegetačního období je překročeno optimální zastoupení kapilárních pórů a nerovnoměrné rozdělení zbývajících pórů. Nicméně lze konstatovat, že v podorničí je dostatečná zásoba vody pro potřeby vegetace.



Obrázek 5.3.3.2.4 Graf průběhu průměrných hodnot zastoupení jednotlivých druhů pórů v podorničí s erozí (30 cm)

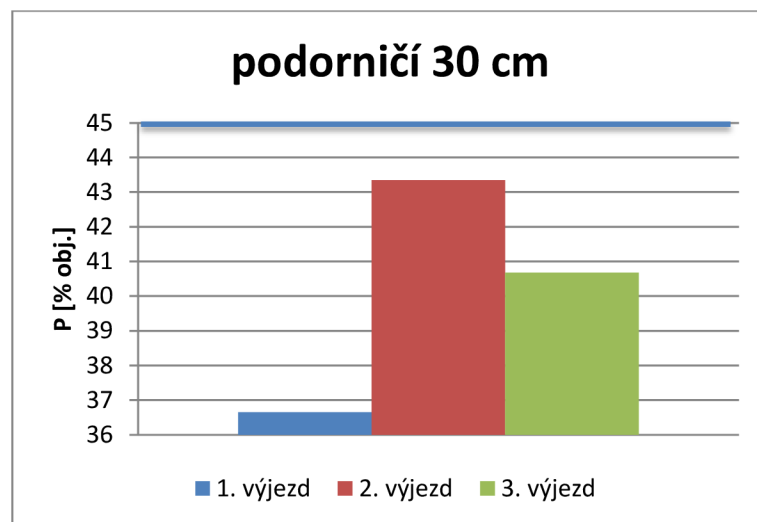
Lokalita K2 – bez eroze

Ve vegetačním období má pórovitost v ornici vzrůstající trend, pohybuje se v rozmezí od 42,524 % do 51,856 % obj. (obrázek 5.3.3.2.5). Hodnoty v prvním a druhém výjezdu překročily kritickou hodnotu, ve třetím výjezdu nebyla dosažena kritická hodnota $P < 45\%$ obj.. Stav humusového horizontu v prvním a druhém výjezdu lze kvalifikovat jako velmi ulehlý a ve třetím jako ulehlý.



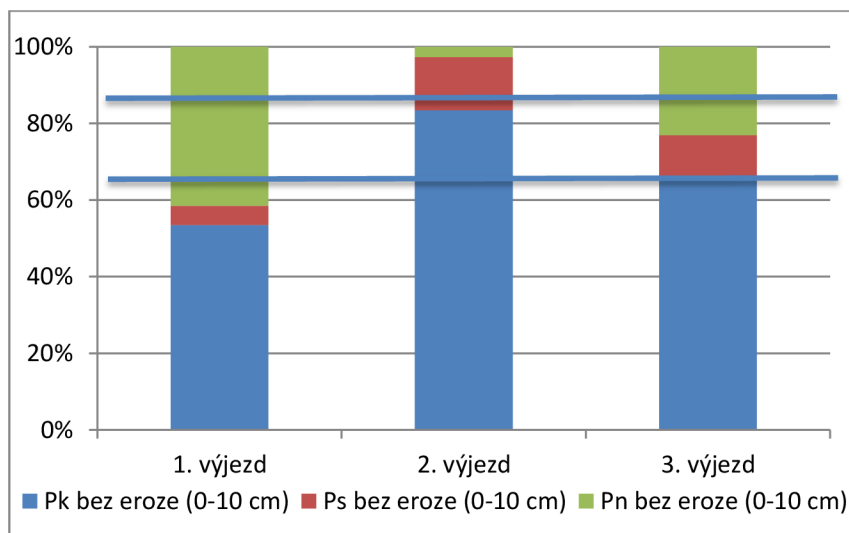
Obrázek 5.3.3.2.5 Graf průběhu průměrných hodnot pórovitosti v ornici (0-10 cm)

V průběhu vegetačního období se pórovitost v podorničí mění s hodnotami v rozmezí od 36,655 % do 43,345 % obj. (obrázek 5.3.3.2.6). Ve sledovaném období byly překročeny kritické hodnoty podle Lhotského. Stav spodiny dle Bretfelda je klasifikován jako ulehlý.



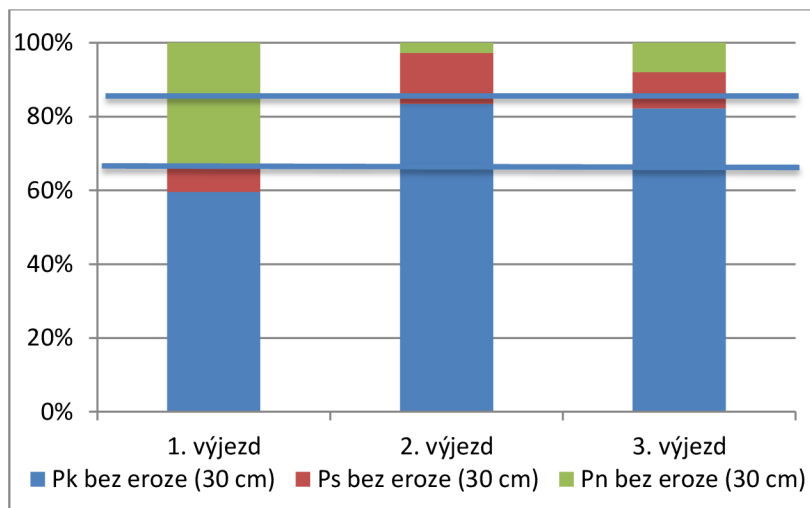
Obrázek 5.3.3.2.6 Graf průběhu průměrných hodnot pórovitosti v podorničí (30 cm)

Jednotlivé druhy pórů v půdě v ornici jsou v průběhu celého vegetačního období rozděleny nerovnoměrně (obrázek 5.3.3.2.7), což označuje zhoršenou schopnost půdy zadržovat vodu. V prvním výjezdu je velké zastoupení nekapilárních pórů, kterými voda poměrně rychle gravitačně odtéká do nižších půdních vrstev a nestačí nasycit kapilární póry, ve druhém výjezdu převažují póry kapilární. Nejvíce se optimálnímu zastoupení pórů blíží výsledky měření ve třetím výjezdu.



Obrázek 5.3.3.2.7 Graf průběhu průměrných hodnot zastoupení jednotlivých druhů pórů v ornici bez eroze (0-10 cm)

Jednotlivé druhy pórů v podorničí vrstvě (obrázek 5.3.3.2.8) v průběhu celého vegetačního období jsou rozděleny nerovnoměrně, což označuje zhoršenou schopnost půdy zadržovat a transportovat vodu. Z grafu je patrné, že póry nedosáhly v žádném z výjezdu optimální rozložení. V rámci 1. měření je patrná nižší zásoba vody v podorničí, která se v dalším období výrazně zvýší.



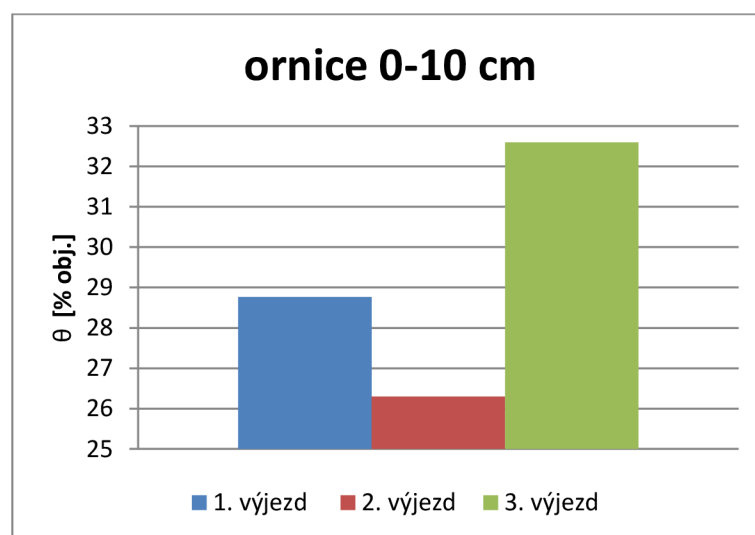
Obrázek 5.3.3.2.8 Graf průběhu průměrných hodnot zastoupení jednotlivých druhů pórů v podorničí bez eroze (30 cm)

5.3.3.3 MOMENTÁLNÍ VLHKOST

Vlhkost půdy není konstantní hodnota, závisí na srážkovém úhrnu, výparu, teplotě a evapotranspiraci a dalších vlivech. Momentální vlhkost byla stanovena výpočtem uvedeným v kapitole 3.6.

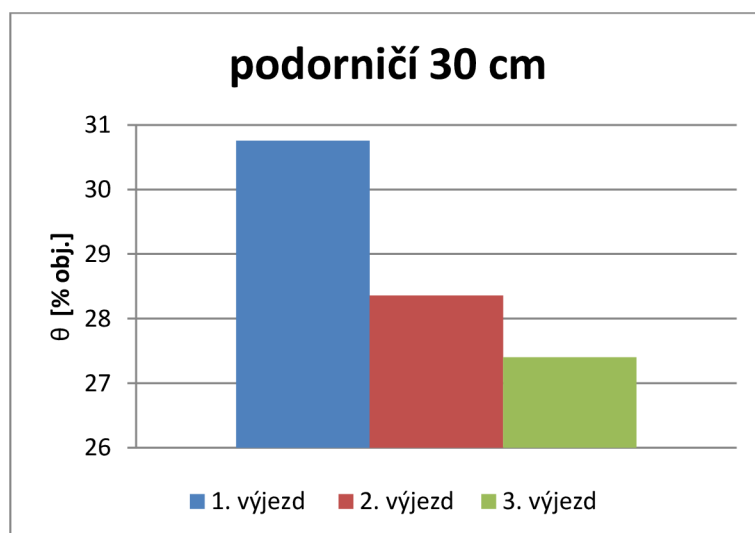
Lokalita K1 – s erozí

Hodnoty momentální vlhkosti (obrázek 5.3.3.3.1) se v průběhu vegetačního období pohybovaly od 24,843 % do 32,59 % obj., výrazně zvýšené hodnoty byly ve třetím výjezdu, což bylo způsobeno vyššími srážkovými úhrny v průběhu měsíců května a července (tabulka 5.1.1).



Obrázek 5.3.3.3.1 Graf průběhu průměrných hodnot momentální vlhkosti v ornici (0-10 cm)

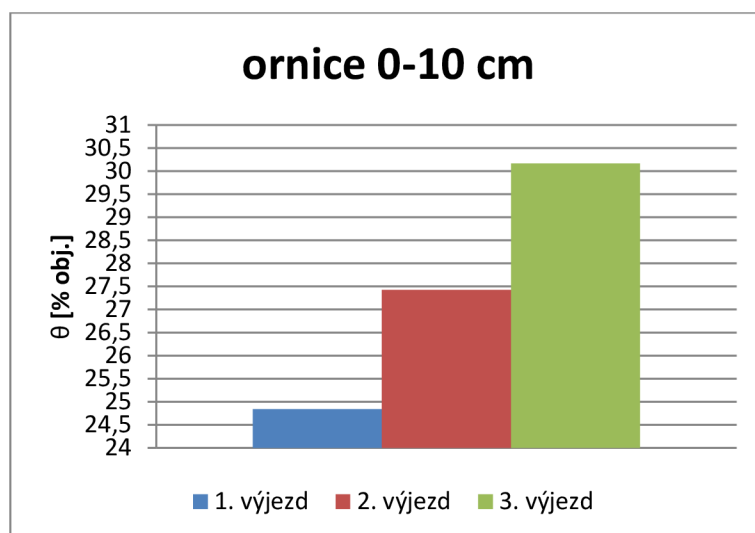
Hodnoty momentální vlhkosti v podorničí (obrázek 5.3.3.3.2) se v průběhu vegetačního období pohybovaly od 27,404 % do 30,757 % obj., maxima byla dosažena na začátku a minima na konci sledovaného období.



Obrázek 5.3.3.3.2 Graf průběhu průměrných hodnot momentální vlhkosti v podorničí (30 cm)

Lokalita K2 – bez eroze

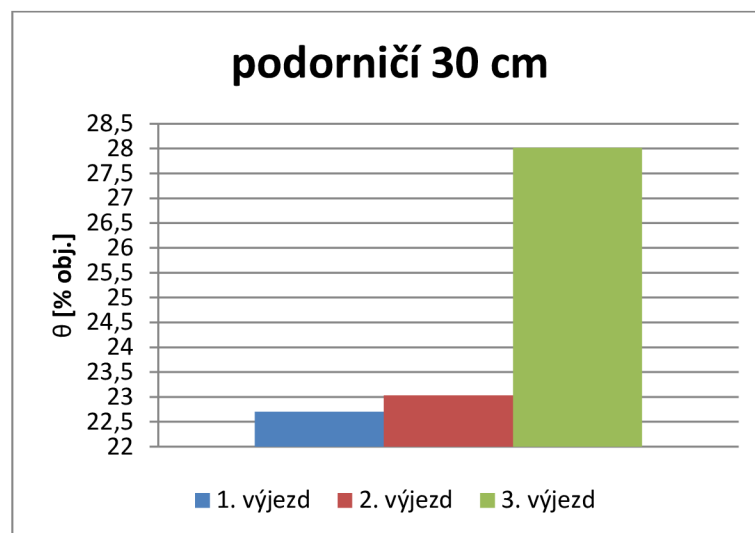
Hodnoty momentální vlhkosti v ornici (obrázek 5.3.3.3.3) se v průběhu vegetačního období pohybovaly od 24,843 % do 30,164 % obj., měly vzestupnou tendenci a byly ovlivněny výše uvedenými faktory (srážky, teploty, výpar).



Obrázek 5.3.3.3.3 Graf průběhu průměrných hodnot momentální vlhkosti v ornici (0-10 cm)

Hodnoty momentální vlhkosti v podorničí se v průběhu vegetačního období pohybovaly od 22,703 % do 28,012 % obj., momentální vlhkost se postupně

zvyšovala (obrázek 5.3.3.4) a maxima byla dosažena na konci sledovaného období.



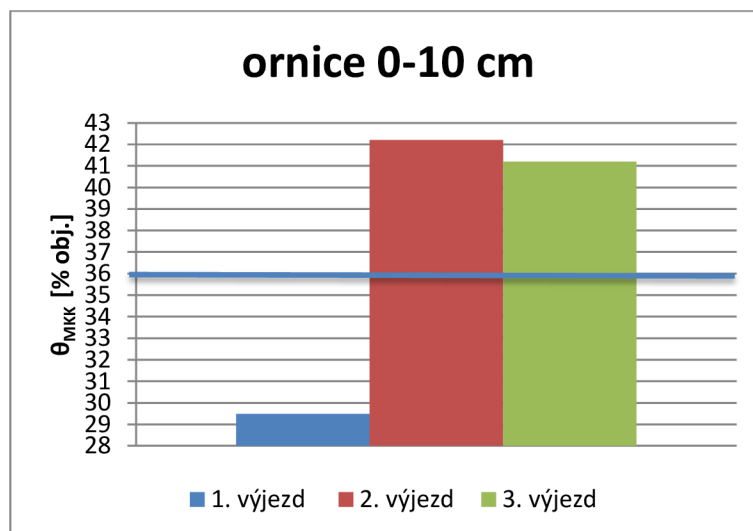
Obrázek 5.3.3.4 Graf průběhu průměrných hodnot momentální vlhkosti v podorničí (30 cm)

5.3.3.4 MAXIMÁLNÍ KAPILÁRNÍ VODNÍ KAPACITA

Maximální kapilární vodní kapacita vyjadřuje hodnotu maximálního nasycení, při překročení této vlhkosti se voda dále nevsakuje, ale dochází k zamokření půdy. Hodnota maximální vodní kapilární kapacity byla vypočítána dle výpočtu uvedeného v kapitole 3.6. U hlinitých půd by hodnota maximální kapilární vodní kapacity neměla překročit 36 % obj., jinak dojde k porušení půdy a voda pak špatně vsakuje do větších hloubek.

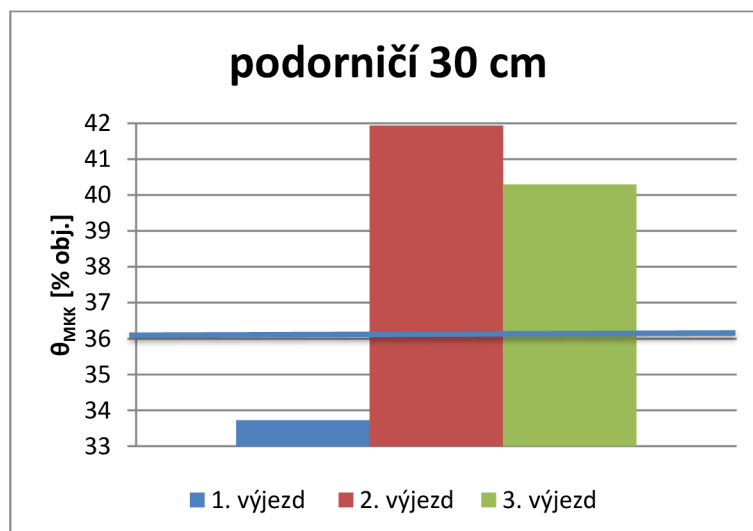
Lokalita K1 – s erozí

Ve vegetačním období se hodnoty maximální kapilární vodní kapacity v ornici pohybovaly od 29,49 do 42,208 % obj. (obrázek 5.3.3.4.1). Po prvním výjezdu byly dosaženy vyšší hodnoty maximální kapilární kapacity, což by mohlo ovlivnit vsak vody do větších hloubek.



Obrázek 5.3.3.4.1 Graf průběhu průměrných hodnot maximální kapilární vodní kapacity v ornici (0-10 cm)

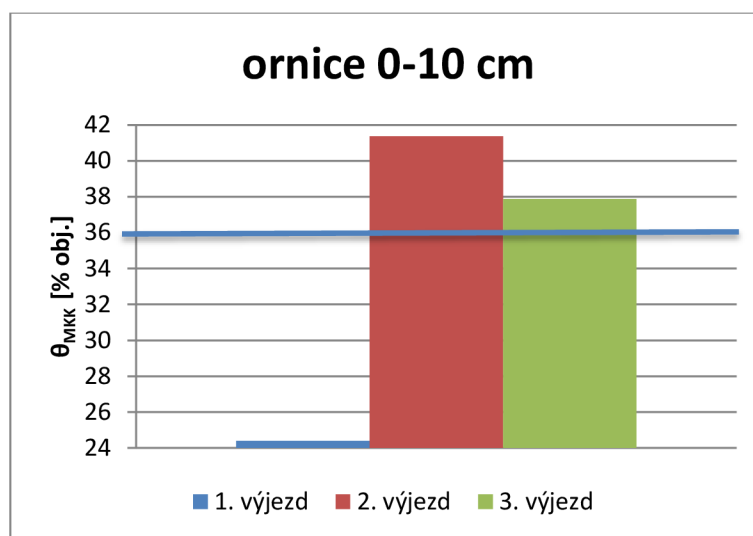
Hodnoty maximální kapilární vodní kapacity v podorničích v jednotlivých výjezdech se pohybovaly od 33,723 do 41,93 % obj. (obrázek 5.3.3.4.2), v 2. a 3. výjezdu překročily doporučenou hodnotu pro hlinitou půdu.



Obrázek 5.3.3.4.2 Graf průběhu průměrných hodnot maximální kapilární vodní kapacity v podorničích (30 cm)

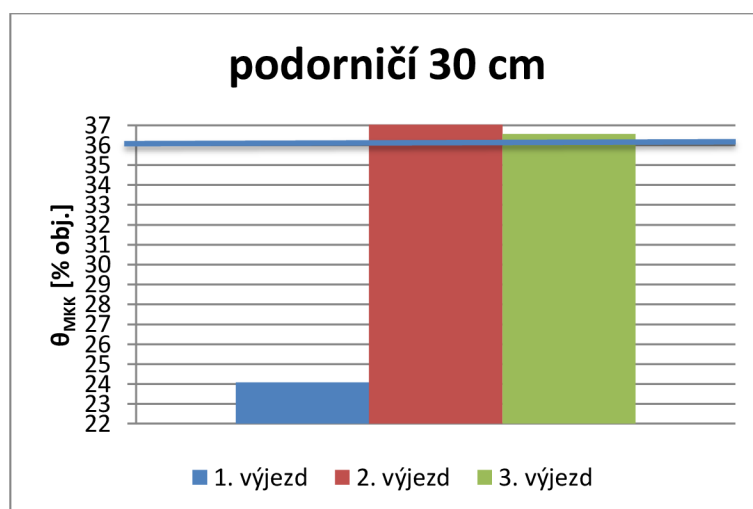
Lokalita K2 – bez eroze

Hodnoty v jednotlivých výjezdech se pohybovaly v ornici od 24,393 do 41,362 % obj. (obrázek 5.3.3.4.3). Tato doporučená maximální hodnota nebyla překročena v prvním výjezdu, v druhém a třetím byla překročena.



Obrázek 5.3.3.4.3 Graf průběhu průměrných hodnot maximální kapilární vodní kapacity v ornici (0-10 cm)

Hodnoty v podorničí v jednotlivých výjezdech se pohybovaly od 24,083 do 37,032 % obj. (obrázek 5.3.3.4.4). Maximální kapilární vodní kapacita na začátku nebyla překročena, ve druhém a třetím výjezdu pak byla překročena.



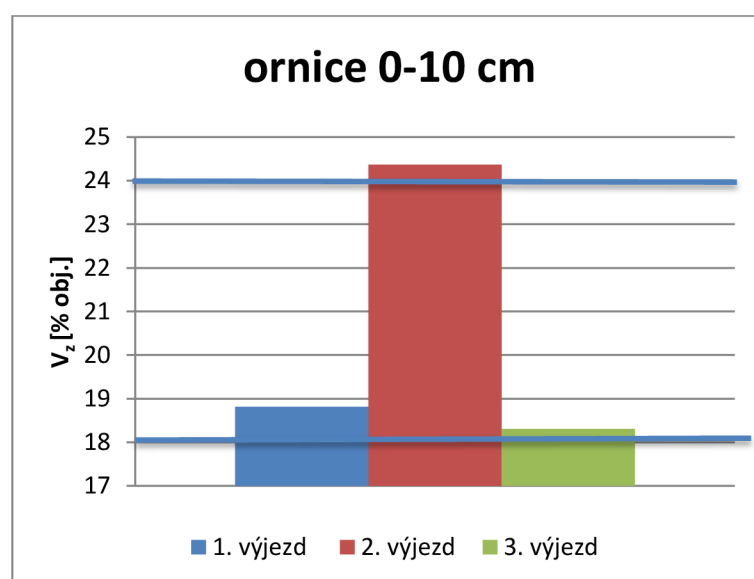
Obrázek 5.3.3.4.4 Graf průběhu průměrných hodnot maximální kapilární vodní kapacity v podorničí (30 cm)

5.3.3.5 PROVZDUŠENOST

Provzdušenost vyjadřuje momentální obsah vzduchu vyjádřený poměrem objemu vzduchu ve vzorku a objemem vzorku. Výpočty jsou uvedené v kapitole 3.6.

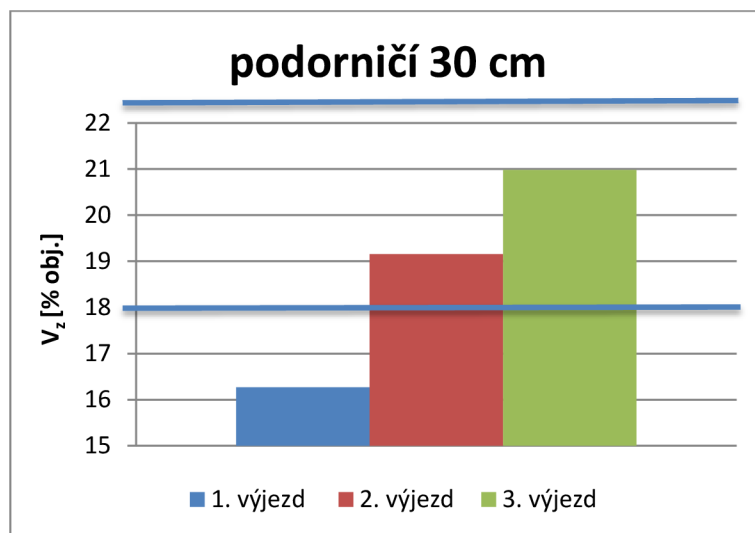
Lokalita K1 – s erozí

Naměřené hodnoty provzdušenosti v ornici se pohybovaly v optimálním rozmezí (18 až 24 % obj.), kromě měření ve druhém výjezdu, kde byla hodnota mírně překročena (obrázek 5.3.3.5.1). Zvýšení provzdušenosti bylo způsobeno nízkým srážkovým úhrnem, v důsledku čehož došlo ke snížení momentální vlhkosti a voda v pórech byla nahrazena vzduchem.



Obrázek 5.3.3.5.1 Graf průběhu průměrných hodnot provzdušenosti v ornici (0-10 cm)

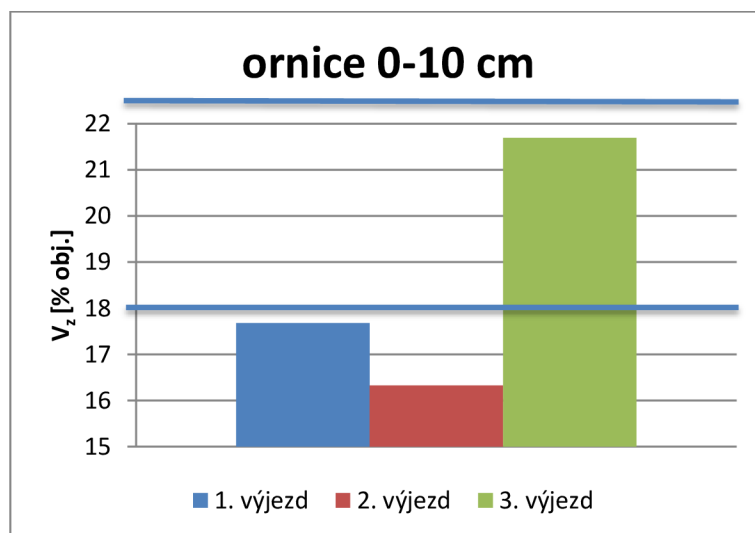
V podorničí se naměřené hodnoty pohybovaly v optimálním rozmezí (18 až 24 % obj.) kromě měření v prvním výjezdu, kdy nebyla dosažena optimální hodnota (obrázek 5.3.3.5.2). Snížení provzdušenosti bylo způsobeno velkým srážkovým úhrnem, kdy došlo ke zvýšení momentální vlhkosti.



Obrázek 5.3.3.5.2 Graf průběhu průměrných hodnot provzdušenosti v podorničí (30 cm)

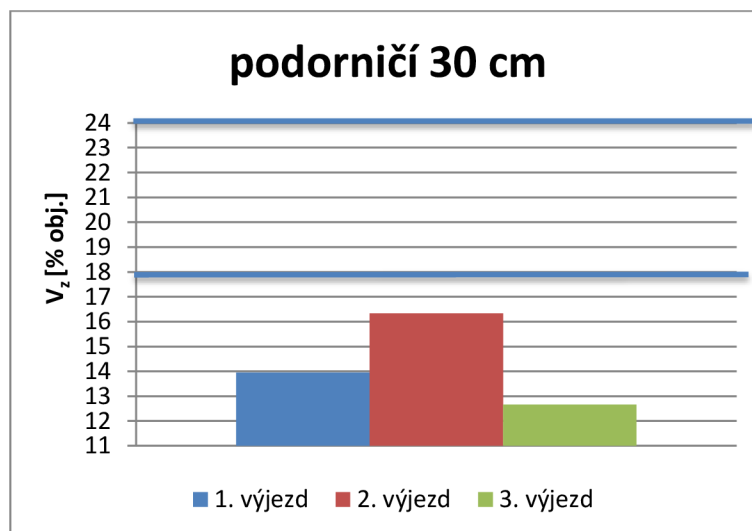
Lokalita K2 – bez eroze

Naměřené hodnoty v ornici se pohybovaly od 16,328 % do 21,692 % obj., optimální hodnoty (18 až 24 % obj.) nebyly dosaženy v prvním a druhém výjezdu, ale byly dosaženy na konci sledovaného období (obrázek 5.3.3.5.3).



Obrázek 5.3.3.5.3 Graf průběhu průměrných hodnot provzdušenosti v ornici (0-10 cm)

V podorničí ve sledovaném období nebyly dosaženy optimální hodnoty provzdušenosti (obrázek 5.3.3.5.4), je zde nízká zásoba vzduchu pro potřeby rostlin.



Obrázek 5.3.3.5.4 Graf průběhu průměrných hodnot provzdušnosti v podorničí (30 cm)

5.3.3.6 NASYČENÁ HYDRAULICKÁ VODIVOST

Nasyčená hydraulická vodivost (koeficient hydraulické vodivosti K_s) charakterizuje rychlost proudění vody půdním prostředím. Měření v laboratorních podmínkách probíhala na permeamtru s konstantním spádem. Metoda a následný výpočet je uveden v teoretické části v kapitole 4.2. Výsledné hodnoty byly určeny jako průměrné hodnoty z 3 měření.

Průměrné hodnoty nasycené hydraulické vodivosti jsou uvedené textové části v tabulce 5.3.3.6.1 a 5.3.3.6.2, v grafech 5.3.3.6.1 a 5.3.3.6.2. V přílohové části v příloze číslo 4 jsou uvedené průběžné výpočty.

V zahraniční literatuře uváděná ideální hodnota nasycené hydraulické vodivosti (saturated hydraulic conductivity) ve svrchní vrstvě půdy se pohybuje v rozmezí od $5 \cdot 10^{-3}$ do $5 \cdot 10^{-4} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ (0,43 až 4,32 m/den) [21]

V domácí literatuře hodnoty nasycené hydraulické vodivosti slouží k zařazení půdy do kategorie půdní propustnosti. Rozpětí jednotlivých kategorií jsou uvedena v tabulce 4.2.1.

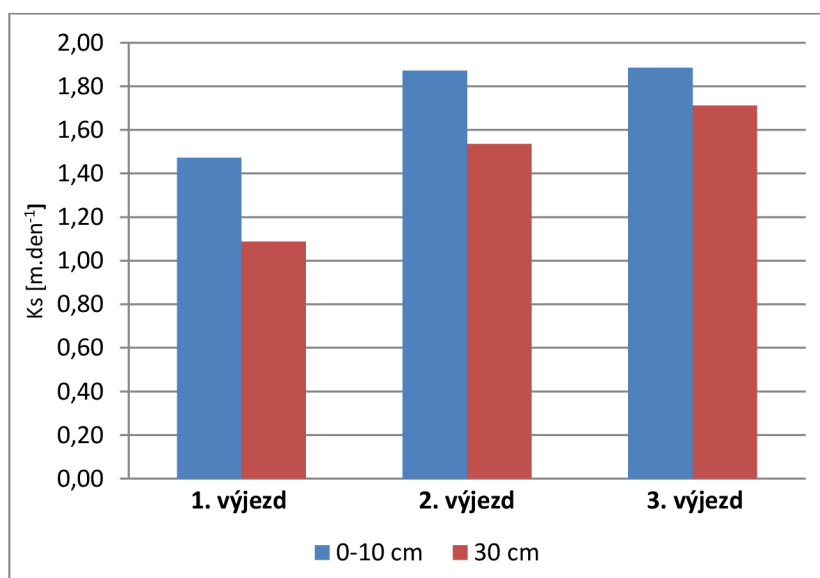
Lokalita K1 s erozí

Průměrné hodnoty nasycené hydraulické vodivosti z lokality K1 s erozí jsou uvedeny v tabulce 5.3.3.6.1.

Tabulka 5.3.3.6.1 Průměrná nasycená hydraulická vodivost v lokalitě K1 s erozí

		1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd
		Ks (m.den ⁻¹)	Ks (m.den ⁻¹)	Ks (m.den ⁻¹)
LOKALITA K1 slunečnice s erozí	0-10 cm	1,47300	1,87123	1,88532
	30 cm	1,08723	1,53641	1,71181

Z grafu 5.3.3.6.1 je patrné, že průměrné hodnoty nasycené hydraulické vodivosti jsou odrazem objemové hmotnosti a pórovitosti. Ve vegetačním období v ornici se pohybovaly od 1,47 m/den do 1,89 m/den, v podorniční vrstvě 1,09 m/den do 1,71 m/den. Hodnoty se v podstatě neměnily, propustnost půdy se klasifikovala podle Kutílka (tabulka 4.2.1) jako střední.



Obrázek 5.3.3.6.1 Graf průběhu průměrných hodnot nasycené hydraulické vodivosti v ornici a podorniční vrstvě

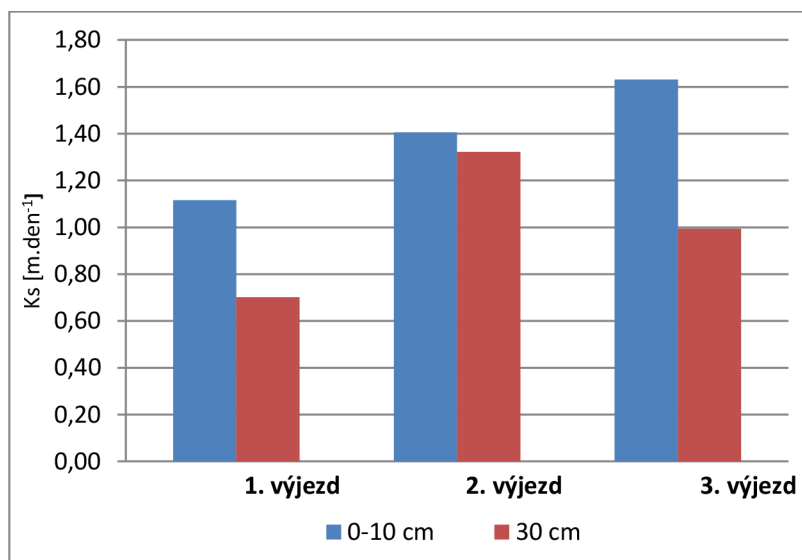
Lokalita K2 bez eroze

Průměrné hodnoty nasycené hydraulické vodivosti z lokality K2 bez eroze jsou uvedeny v tabulce 5.3.3.6.2.

Tabulka 5.3.3.6.2 Průměrná nasycená hydraulická vodivost v lokalitě K2 bez eroze

		1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd
		Ks	Ks	Ks
		(m.den ⁻¹)	(m.den ⁻¹)	(m.den ⁻¹)
LOKALITA K2 slunečnice bez eroze	0-10 cm	1,11578	1,40493	1,63042
	30 cm	0,70117	1,32268	0,99338

Z grafu 5.3.3.6.2 je patrné, že průměrné hodnoty nasycené hydraulické vodivosti v ornici měly vzestupný trend (1,12 m/den do 1,63 m/den) a v podorničí se pohybovaly nerovnoměrně (0,70 m/den do 1,32 m/den). Propustnost půdy byla klasifikovaná podle Kutílka (tabulka 4.2.1) jako střední.



Obrázek 5.3.3.6.2 Graf průběhu průměrných hodnot nasycené hydraulické vodivosti v ornici a podorniční vrstvy

6. ZÁVĚR A DISKUZE

V této bakalářské práci bylo vyhodnoceno celkem 10 vybraných parametrů (zdánlivá hustota pevných částic, objemová hmotnost, momentální vlhkost, pórovitost, kapilární póry, nekapilární póry, semikapilární póry, maximální kapilární vodní kapacita, provzdušenost, nasycená hydraulická vodivost), které se používají jako indikátory kvality půdy, a to v ornici a v podorniční vrstvě. Experimentální výzkum probíhal v roce 2017 v blízkosti obce Bohaté Málkovice, půda na jednom pozemku byla zpracována minimalizační technologií a na druhém proběhlo setí do nezpracované půdy. Pěstovanou plodinou byla slunečnice. Na základě křivky zrnitosti bylo zjištěno složení půdy v daných lokalitách K1 a K2 a půda byla klasifikovaná podle Nováka jako středně těžká hlinitá půda (tabulka 3.1.1.1). Hodnota zdánlivé hustoty pevných částic byla stanovena v lokalitě K1 v ornici $2,68 \text{ g.cm}^{-3}$ a v podorničí $2,67 \text{ g.cm}^{-3}$. V lokalitě K2 v ornici $2,66 \text{ g.cm}^{-3}$ a v podorničí $2,67 \text{ g.cm}^{-3}$. Na základě objemové hmotnosti redukované byl hodnocen stav strukturního horizontu podle Kutílka, který byl v lokalitě K1 v ornici klasifikován jako dobrý a v podorničí jako dobrý až nevyhovující. V lokalitě K2 v ornici v 1. a 2. výjezdu jako nevyhovující a ve 3. výjezdu se zlepšil na dobrý. V podorničí v 1. výjezdu byl strukturální stav vyhodnocen jako nestrukturní a ve 2. a 3. výjezdu došlo ke zlepšení na nevyhovující stav. Hodnoty pórovitosti v ornici a podorničí v lokalitě K1 podle Bretfelda (tabulka 3.4.3) byly klasifikované jako ulehlé a kritické hodnoty podle Lhotského (tabulka 3.4.4) nebyly překročeny. Zastoupení pórů kapilárních, nekapilárních a semikapilárních v celém vegetačním období v ornici a podorničí nebylo rozděleno rovnoměrně kromě 1. výjezdu v ornici, kdy bylo zastoupení pórů optimální. V lokalitě K2 byla klasifikována ornice podle Bretfelda (tabulka 3.4.3) jako velmi ulehlá až ulehlá. Hodnoty v 1. a 2. výjezdu klesly pod kritickou hodnotu podle Lhotského (tabulka 3.4.4), ve 3. výjezdu překročily kritickou hodnotu. Zastoupení pórů kapilárních, nekapilárních a semikapilárních v celém vegetačním období v ornici a podorniční vrstvě nebylo rozděleno rovnoměrně, převažovalo zastoupení kapilárních pórů. Momentální vlhkost byla největší ve 3. výjezdu v lokalitě K1 v ornici, 32,59 % obj., vyšší hodnotu způsobily vyšší srážkové úhrny. Nejnižší hodnota 22,70 % momentální vlhkosti byla dosažena v 1. výjezdu u lokality K2 v podorničí. Hodnoty maximální kapilární vodní kapacity byly překročeny z obou lokalit vždy v 2. a 3. výjezdu. U hlinitých půd by hodnota maximální kapilární vodní kapacity neměla překročit 36 % obj., jinak dojde k porušení půdy a voda se špatně vsakuje do větších hloubek. Naměřené hodnoty

provzdušenosti by se měly pohybovat v optimálním rozmezí (18 až 24 % obj.), snížení provzdušenosti bylo způsobeno velkými srážkovými úhrny, v důsledku čehož byly póry více zaplněny vodou. Při malých srážkových úhrnech tomu bylo naopak. V lokalitě K1 v ornici byly zvýšené hodnoty v 2. výjezdu a nízké hodnoty provzdušenosti byly v 1. výjezdu v podorničí. V lokalitě K2 byla optimální hodnota dosažena jen v ornici ve 3. výjezdu, ve všech ostatních výjezdech byla hodnota nízká. Hodnoty nasycené hydraulické vodivosti se použily ke klasifikaci propustnosti půdy podle Kutílka (tabulka 4.2.1), jedná se o půdy se střední propustností.

Z hlediska posuzovaných parametrů fyzikální kvality půdy (objemová hmotnost, zrnitostní rozbor, pórovitost, provzdušenost, maximální kapilární vodní kapacita, momentální vlhkost) a pohybu a akumulace vody v půdním profilu lokalita K1 s mírnou erozí vykazuje lepší výsledky. Pokud bychom chtěli porovnat dosažené výsledky hydraulické vodivosti půdy obdržené z obou experimentálních ploch, pak vodivost půdy obdržená z lokality K2 dosahovala na začátku sledovaného období $\frac{3}{4}$ a na konci $\frac{1}{2}$ hodnot. S ohledem na jednoletý výzkum lze konstatovat, že dosažené výsledky jsou pouze orientační. Pro upřesnění by bylo nutné provádět experimentální výzkum delší dobu.

7. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KUTÍLEK, Miroslav, Václav KURÁŽ a Milena CÍSLEROVÁ. *Hydropedologie 10*. Vyd. 2. přeprac. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-010-2237-4.
- [2] KAMENÍČKOVÁ, Ivana. *Návody do cvičení (VHK) Hydropedologie*, Studijní opory pro studijní programy s prezenční formou studia. VUTFAST v Brně, 2013.
- [3] KUTÍLEK, Miroslav (1978) : *Vodohospodářská pedologie*. Druhé, přepracované vydání. Praha: ALFA, vydavatelstvo technickej a ekonomickej literatúry, n. p., Bratislava, 1978.
- [4] Lhotský, J. a kol. (1984): *Soustava opatření k zúrodnování zhutněných půd*. Metodika ÚVTIZ, Praha, 39 p.
- [5] KODEŠOVÁ, R., 2005: *Modelování v pedologii*. 1. vyd. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Katedra pedologie a geologie FAPPZ, 150 s. ISBN 80-213-1347-1
- [6] MATULA, S., a kol., 1989: *Hydropedologie - praktikum*. první vydání ed. České vysoké učení technické, Praha
- [7] TOMÁŠEK, M., 2003: *Půdy České republiky*. 3. vyd. Praha: Česká geologická služba, 67 s. ISBN 80-707-5607-1.
- [8] Půdoznanství - laboratorní cvičení. *Men* [online]. Mendelu, 2018, 24.2.2018 [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=5493&typ=html
- [9] Vališ, S., Šálek, J.: *Hydropedologické praktikum*, Brno: ES VUT, 1976, 183 s
- [10] JANDÁK, Jiří. *Cvičení z půdoznalectví*, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. ISBN 80-7157-733-2
- [11] Graf dat sondy 00002; Bohaté Málkovice (VY): ZEMO, spol. s r.o. *Systém ALA* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://a.la-a.la/chart/chart.php?probe=11359123>
- [12] HŮLA, Josef a kolektiv. *Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí*. Praha: Vyzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., 2010. ISBN 978-80-86884-53-0.
- [13] ŠÁLEK, Jan. *Půdní hospodářství*. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1986. ISBN 55-610-86.
- [14] HŮLA, Josef a kolektiv. *Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí*. Praha: Vyzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., 2010. ISBN 978-80-86884-53-0.
- [15] KONVALINKA, Petr. *Základní zpracování půdy* [online]. 2012 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: http://konvalina.zf.jcu.cz/download2/7_22_cs_pk-2012-zakladni-zpracovani-pudy.pdf

- [16] BENEŠ, Petr. Těžký a robustní talířový podmiťáč. In: Mechanizace zemědělství [online]. Praha: Profi Press, 2016 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://mechanizaceweb.cz/tezky-a-robustni-talirovy-podmitac/>
- [17] FUKA, Vladislav. Anglická technologie jednoho přejezdu. In: Mechanizace zemědělství [online]. Praha: Profi Press, 2016 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://mechanizaceweb.cz/anglicka-technologie-jednoho-prejezdu/>
- [18] VAŇATOVÁ, Petra. Účinné řešení do utužených půd. In: Mechanizace zemědělství [online]. Praha: Profi Press, 2015 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://mechanizaceweb.cz/ucinne-reseni-do-utuzenych-pud/>
- [19] HŮLA, Josef, Blanka PROCHÁZKOVÁ, Pavel KOVAŘÍČEK a kolektiv. Minimalizační a půdoochranné technologie. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., 2004. ISBN 80-86884-01-5.
- [20] BAŽANTOVÁ, Adéla. Změny fyzikálních vlastností podpovrchových vrstev půdy v závislosti na technologii zpracování půdy. Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ivana Kameníčková.
- [21] Reynolds, W. D. a kolektiv. *Land management effect on the near-surface physical quality of clay loam soil* Soil & tillage research [0167-1987] rok:2007 ročník:96 iss:1-2 strany:316 -330
- [22] *Bonitované půdní ekologické jednotky* [online]. 21.5.2017 [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/>
- [23] HOLÝ, Miloš, Pavel DVOŘÁK, Václav HÁLEK a Július. *Odvodňovací stavby*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1984.

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 3.1.1 Mezinárodní roztrídění zrnitostí frakcí (KUTÍLEK, KURÁŽ a CÍSLEROVÁ, 2000)	3
Obrázek 3.6.2 Kopeckého lavicí přístroj (Půdoznalství - laboratorní cvičení)	5
Obrázek 3.6.3 Hustoměr (vlastní foto)	6
Obrázek 3.6.4 Zrnitostní křivka (MSO Excel Ing. Rudolf Milerski, CSc, 1998).....	9
Obrázek 3.1.1.1 Trojúhelníkový diagram pro určení zrnitostních tříd podle Taxonomického klasifikačního systému půd ČR (Kutílek, 1978).....	11
Obrázek 3.2.1 Pyknometry s půdou a vodou (vlastní foto)	12
Obrázek 3.3.1 Váženka v sušící komoře (vlastní foto).....	15
Obrázek 3.3.2 váha s přesností 0,001g (vlastní foto)	15
Obrázek 3.5.1 Zrnitá struktura (Tomášek, 2003).....	19
Obrázek 3.5.2 Prášková struktura (Tomášek, 2003)	19
Obrázek 3.5.3 Hrudovitá struktura (Tomášek, 2003).....	19
Obrázek 3.5.4 Hrudovitá struktura (Tomášek, 2003).....	20
Obrázek 3.5.5 Drobně polyedrická struktura (Tomášek, 2003)	20
Obrázek 3.5.6 Polyedrická struktura (Tomášek, 2003)	20
Obrázek 3.5.7 Hrubě polyedrická struktura (Tomášek, 2003)	21
Obrázek 3.5.8 Kostková struktura (Tomášek, 2003)	21
Obrázek 3.5.9 Kostečková struktura (Tomášek, 2003).....	22
Obrázek 3.5.10 Hrubě prizmatická struktura (Tomášek, 2003)	22
Obrázek 3.5.11 Drobně prizmatická struktura (Tomášek, 2003).....	22
Obrázek 3.5.12 Sloupcovitá struktura (Tomášek, 2003)	23
Obrázek 3.5.13 Prizmatická struktura (Tomášek, 2003)	23
Obrázek 3.5.14 Lístková struktura (Tomášek, 2003)	24
Obrázek 3.5.15 Deskovitá struktura (Tomášek, 2003)	24
Obrázek 3.5.16 Destičkovitá struktura (Tomášek, 2003)	24
Obrázek 3.6.1 Rozbor neporušeného půdního vzorku (převzato Kameníčková, 2013)	27
Obrázek 4.1.1 Pískový tank (Kameníčková, 2013)	33
Obrázek 4.1.2 Přetlakový aparát (Kameníčková, 2013)	24
Obrázek 4.1.3 Přetlakový aparát – detail (Kameníčková, 2013)	35
Obrázek 4.1.4 Schéma terénního měření retenční čáry (Kodešová, 2005).....	35
Obrázek 8.2.1 Guelpský permeametr (Matula, 1989)	36
Obrázek 8.2.2 Permeametr s konstantní spádem (Kameníčková,2013).....	33
Obrázek 8.2.3 Crust metoda (Kodešová, 2005)	33
Obrázek 8.3.1 Příklad jednostranného pluhu (cz.kverland.com).....	40
Obrázek 8.3.2 Talířový podmítač APF SL od firmy Quivogne (www.mechanizaceweb.cz).....	41

Obrázek 8.3.3. Ukázka práce secího stroje Mzuri Pro-Til 4T, A-aplikace hnojiva, B-příprava seťového lůžka, C-vpravování osiva a následné přitlačení nakypřené půdy (www.mechanizaceweb.cz)	41
Obrázek 4.3.4. Ukázka použití dlátového pluhu a kypřiče (převzato www.bednar-machinery.com)	42
Obrázek 5.1.1 Celková mapa umístění Bohatých Málkovic (google maps).....	45
Obrázek 5.2.1 Parcela číslo 8501/2 (Veřejný registr půd)	45
Obrázek 5.2.2 Vzorek K1 (Mapy CZ)	45
Obrázek 5.2.3 Vzorek K2 (Mapy CZ)	45
Obrázek 5.2.4 mapa BPEJ (www.bpej.vumop.cz).....	46
Obrázek 8.1.5 půdní profil 3.08.10 (ww. bpej.vumop.cz/30810).....	47
Obrázek 8.2.6 půdní profil 3.08.50 (ww. bpej.vumop.cz/30850).....	45
Obrázek 8.3.1.1 Průběh grafu zrnitostního rozboru v ornici (0-10cm).....	48
Obrázek 8.3.1.2 Průběh grafu zrnitostního rozboru v podorničí (30cm).....	49
Obrázek 8.3.3.1.1 Graf průběhu průměrných hodnot objemové hmotnosti redukované v ornici (0-10cm).....	51
Obrázek 8.3.3.1.2 Graf průběhu průměrných hodnot objemové hmotnosti redukované v podorničí (30cm).....	52
Obrázek 8.3.3.1.3 Graf průběhu průměrných hodnot objemové hmotnosti redukované v ornici (0-10cm).....	52
Obrázek 8.3.3.1.4 Graf průběhu průměrných hodnot objemové hmotnosti redukované v podorničí (30cm).....	53
Obrázek 8.3.3.2.1 Graf průběhu průměrných hodnot pórovitosti v ornici (0-10 cm)	54
Obrázek 8.3.3.2.2 Graf průběhu průměrných hodnot pórovitosti v podorničí (30 cm).....	54
Obrázek 8.3.3.2.3 Graf průběhu průměrných hodnot zastoupení jednotlivých druhů pórů v ornici s erozí (0-10 cm)	55
Obrázek 8.3.3.2.4 Graf průběhu průměrných hodnot zastoupení jednotlivých druhů pórů v podorničí s erozí (30 cm).....	56
Obrázek 8.3.3.2.5 Graf průběhu průměrných hodnot pórovitosti v ornici (0-10 cm).....	56
Obrázek 8.3.3.2.6 Graf průběhu průměrných hodnot pórovitosti v podorničí (30 cm).....	57
Obrázek 8.3.3.2.7 Graf průběhu průměrných hodnot zastoupení jednotlivých druhů pórů v ornici bez eroze (0-10 cm).....	58
Obrázek 8.3.3.2.8 Graf průběhu průměrných hodnot zastoupení jednotlivých druhů pórů v podorničí bez eroze (30 cm).....	58
Obrázek 8.3.3.3.1 Graf průběhu průměrných hodnot momentální vlhkosti v ornici (0-10 cm).....	59
Obrázek 8.3.3.3.2 Graf průběhu průměrných hodnot momentální vlhkosti v podorničí (30 cm).....	60

Obrázek 8.3.3.3.3 Graf průběhu průměrných hodnot momentální vlhkosti v ornici (0-10 cm).....	60
Obrázek 8.3.3.3.4 Graf průběhu průměrných hodnot momentální vlhkosti v podorničí (30 cm).....	61
Obrázek 8.3.3.4.1 Graf průběhu průměrných hodnot maximální kapilární vodní kapacity v ornici (0-10 cm).....	62
Obrázek 8.3.3.4.2 Graf průběhu průměrných hodnot maximální kapilární vodní kapacity v podorničí (30 cm).....	62
Obrázek 8.3.3.4.3 Graf průběhu průměrných hodnot maximální kapilární vodní kapacity v ornici (0-10 cm).....	63
Obrázek 8.3.3.4.4 Graf průběhu průměrných hodnot maximální kapilární vodní kapacity v podorničí (30 cm).....	63
Obrázek 8.3.3.5.1 Graf průběhu průměrných hodnot provzdušenosti v ornici (0-10 cm).....	64
Obrázek 8.3.3.5.2 Graf průběhu průměrných hodnot provzdušenosti v podorničí (30 cm).....	65
Obrázek 8.3.3.5.3 Graf průběhu průměrných hodnot provzdušenosti v ornici (0-10 cm).....	65
Obrázek 8.3.3.5.4 Graf průběhu průměrných hodnot provzdušenosti v podorničí (30 cm).....	66
Obrázek 8.3.3.6.1 Graf průběhu průměrných hodnot nasycené hydraulické vodivosti v ornici a podorniční vrstvy	67
Obrázek 8.3.3.6.2 Graf průběhu průměrných hodnot nasycené hydraulické vodivosti v ornici a podorniční vrstvy	68

9. SEZNAM TABULEK

Tabulka 3.1.1.1 Klasifikace zrnitosti půd podle Nováka (Kameníčková, 2013)	10
Tabulka 3.1.1.2 Klasifikace zrnitosti půd podle Kopeckého (Kameníčková, 2013)	10
Tabulka 3.3.1 Strukturní stav humusového horizontu u středně těžkých a těžkých půd (Kutílek, 1978).....	15
Tabulka 3.3.2 Kritické objemové hmotnosti po vysušení podle Lhotského (Kameníčková, 2013)	15
Tabulka 3.4.1 Klasifikace půdy podle Bretfelda (Kutílek, 1978)	17
Tabulka 3.4.2 Kritické hodnoty pórovitosti podle Lhotského (Kameníčková, 2013)	17
Tabulka 3.6.1 Formulář pro záznam stanovených hmotností (převzato Kameníčková, 2013).....	26
Tabulka 4.2.1: Klasifikace propustnosti podle Kutílka (Holý, 1984).....	38
Tabulka 5.1.1 Srážkové úhrny v roce 2017 (ZEMO. spol. s r.o.)	43
Tabulka 5.1.2 Teplota v jednotlivých měsících roku 2017 (ZEMO. spol. s r.o.)	43
Tabulka 5.3.3.1 Průměrné hodnoty neporušeného půdního vzorku 1. výjezd.....	50
Tabulka 5.3.3.2 Průměrné hodnoty neporušeného půdního vzorku 2. výjezd.....	50
Tabulka 5.3.3.3 Průměrné hodnoty neporušeného půdního vzorku 3. výjezd.....	50
Tabulka 5.3.3.6.1 Průměrná nasycená hydraulická vodivost v lokalitě K1 s erozí	67
Tabulka 5.3.3.6.2 Průměrná nasycená hydraulická vodivost v lokalitě K2 bez eroze	68

10. SEZNAM POUŽITÝCH SKRATEK A SYMBOLŮ

v ... rychlost [mm/s],

D ... průměr částic [mm],

v ... sedimentační rychlost [cm/s],

g ... tíhové zrychlení [cm/s²],

ρ_s ... zdánlivá hustota pevných částic [g/cm³],

η ... viskozita disperzního prostředí [g/cm³],

a ... konstanta pro sedimentaci zemitých částí při teplotě 20°C [cm/s],

r ... poloměr částice [cm],

D ... hmotnost odparku frakce > 0,25 mm [g],

g ... hmotnost navážky sušiny vzorku [g],

A ... hmotnost odparku 25 ml suspenze stanovené frakce [g],

C ... hmotnost odparku 25 ml dispergačního činidla [g],

g ... hmotnost navážky sušiny vzorku [g],

VV ... objem naváženého vzorku [cm³],

PV ... hmotnost pyknometru s destilovanou vodou [g],

NS ... navážka zeminy na vzduchu vyschlá a přepočtená na sušinu [g],

ρ_s ... zdánlivá hustota pevných částic [g.cm⁻³],

VS ... objem Kopeckého válečku [cm³],

GA ... vzorek s přirozenou vlhkostí [g],

p_v ... objemová hmotnost neredukovaná [g/cm³],

ρ_d ... objemová hmotnost redukována [g.cm⁻³],

G_F ... hmotnost vzorku po vysušení při 105 °C [g],

V_s ... objem Kopeckého válečku [cm³],

- ρ_d ... objemová hmotnost [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$],
- ρ_z ... měrná hmotnost [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$],
- V_s ... celkový objem půdy [%],
- V_z ... objem tuhé fáze [%],
- G_A ... vzorek s přirozenou vlhkostí [g],
- G_B ... vzorek kapilárně nasycený [g],
- G_C ... vzorek po 30' odsávání [g],
- G_D ... vzorek po 2 hodinách odsávání [g],
- G_E ... vzorek po 24 hodinách odsávání [g],
- G_F ... vzorek při vysušení při 105 °C [g],
- G_H ... čistá hmotnost vzorku po vysušení při 105 °C [g],
- G_V ... hmotnost fyzikálního válečku [g],
- G_S ... hmotnost hodinového skla [g],
- N_S ... navážka pro stanovení zdánlivé hustoty částic [g],
- P_V ... hmotnost pyknometru s vodou [g],
- P_S ... hmotnost pyknometru se zeminou [g],
- V_S ... objem fyzikálního válečku [cm^3],
- θ ... objemová vlhkost [% obj.],
- V_S ... objem vzorku [cm^3],
- V_W ... objem vody ve vzorku [cm^3],
- w ... hmotnostní vlhkost [% hm],
- M_Z ... hmotnost vzorku [g],
- M_W ... hmotnost vody ve vzorku [g],
- θ_{30} ... vlhkost 30' [% obj.],

G_C ... hmotnost vzorku po 30 minutách odsávání [g],

G_F ... hmotnost vzorku vysušeného při 105 °C [g],

θ_{ns} ... nasáklivost [% obj.],

G_B ... hmotnost vzorku kapilárně nasyceného [g],

G_F ... hmotnost vzorku vysušeného při 105 °C [g],

θ_{MKK} ... maximální kapilární vodní kapacita [% obj.],

G_D ... hmotnost vzorku po 2 hodinách odsávání [g],

G_F ... hmotnost vzorku vysušeného při 105 °C [g],

θ_{RVK} ... retenční vodní kapacita [% obj.],

G_D ... hmotnost vzorku po 24 hodinách odsávání [g],

G_F ... hmotnost vzorku vysušeného při 105 °C [g],

V_z ... provzdušenost [% obj.],

V_s ... objem vzorku [cm³],

V_A ... objem vzduchu ve vzorku [% obj.]

P ... pórovitost [% obj.],

θ ... okamžitá vlhkost [% obj.],

K_{MKK} ... maximální vzdušná kapacita [% obj.],

P ... pórovitost [% obj.],

θ_{MKK} ... maximální kapilární vodní kapacita [% obj.],

K_{RVK} ... retenční vzdušná kapacita [% obj.],

P ... pórovitost [% obj.],

θ_{RVK} ... retenční vodní kapacita [% obj.],

q ... ustálený průtok [cm³/s],

V ... objem plochy [cm³],

S ... plocha válečku [cm²],

l ... výška válečku [cm],

H ... konstantní rozdíl hladin [cm]

11. SEZNAM PŘÍLOH

1. Zrnitostní rozbor – křivka zrnitosti

Tabulka č. 1.1: Výpočet křivky zrnitosti hustoměrnou metodou: lokalita K1 – s erozí 0-10 cm, datum odběru 30. 6. 2017.....	1
Tabulka č. 1.2 : Výpočet křivky zrnitosti hustoměrnou metodou: lokalita K1 – s erozí 30 cm, datum odběru 27. 7. 2017.....	2
Obrázek č. 1.3 : Graf křivky zrnitosti: Lokalita K1 – s erozí 0-10 cm.....	3
Obrázek č. 1.4 : Graf křivky zrnitosti: Lokalita K1 – s erozí 30 cm.....	3
Tabulka č. 1.5 : Výpočet křivky zrnitosti hustoměrnou metodou: lokalita K2 – bez eroze 0-10 cm, datum odběru 2. 5. 2017.....	4
Tabulka č. 1.6 : Výpočet křivky zrnitosti hustoměrnou metodou: lokalita K2 – bez eroze 30 cm, datum odběru 2. 5. 2017.....	5
Obrázek č. 1.7 : Graf křivky zrnitosti: Lokalita K2 – bez eroze 0-10 cm.....	6
Obrázek č. 1.8 : Graf křivky zrnitosti: Lokalita K2 – bez eroze 30 cm.....	6

2. Zdánlivá hustota pevných částic

Tabulka č. 2.1: Výpočet měrné hmotnosti v lokalitě K1 a K2.....	1
---	---

3. Rozbor neporušeného půdního vzorku

Tabulka č. 3.1: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 1. výjezd - lokalita K1 – s erozí (0-10 cm).....	1
Tabulka č. 3.2: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 1. výjezd - lokalita K1 – s erozí (30 cm).....	2
Tabulka č. 3.3: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 1. výjezd - lokalita K2 – bez eroze (0-10 cm).....	3
Tabulka č. 3.4: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 1. výjezd - lokalita K2 – bez eroze (30 cm).....	4
Tabulka č. 3.5: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 2. výjezd - lokalita K1 – s erozí (0-10 cm).....	5
Tabulka č. 3.6: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 2. výjezd - lokalita K1 – s erozí (30 cm).....	6

Tabulka č. 3.7: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 2. výjezd - lokalita K2 – bez eroze (0-10 cm).....	7
Tabulka č. 3.8: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 2. výjezd - lokalita K2 – bez eroze (30 cm).....	8
Tabulka č. 3.9: Výpočet neporušeného půdního vzorku – 3. výjezd - lokalita K1 – s erozí (0-10 cm).....	9
Tabulka č. 3.10: Výpočet neporušeného půdního vzorku – 3. výjezd - lokalita K1 – s erozí (30 cm).....	10
Tabulka č. 3.11: Výpočet neporušeného půdního vzorku – 3. výjezd - lokalita K2 – bez eroze (0-10 cm).....	11
Tabulka č. 3.12: Výpočet neporušeného půdního vzorku – 3. výjezd - lokalita K2 – bez eroze (30 cm).....	12

4. Hydraulická vodivost

Tabulka č. 4.1: Výpočet hydraulické vodivosti 1. výjezd.....	1
Tabulka č. 4.2 : Výpočet hydraulické vodivosti 2. výjezd.....	2
Tabulka č. 4.3 : Výpočet hydraulické vodivosti 3. výjezd.....	3

12.PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Zrnitostní rozbor půdy

tabulka č. 1.1 : Výpočet křivky zrnitosti hustoměrnou metodou: lokalita K1 – s erozí 0-10 cm, datum odběru 30.6.2017

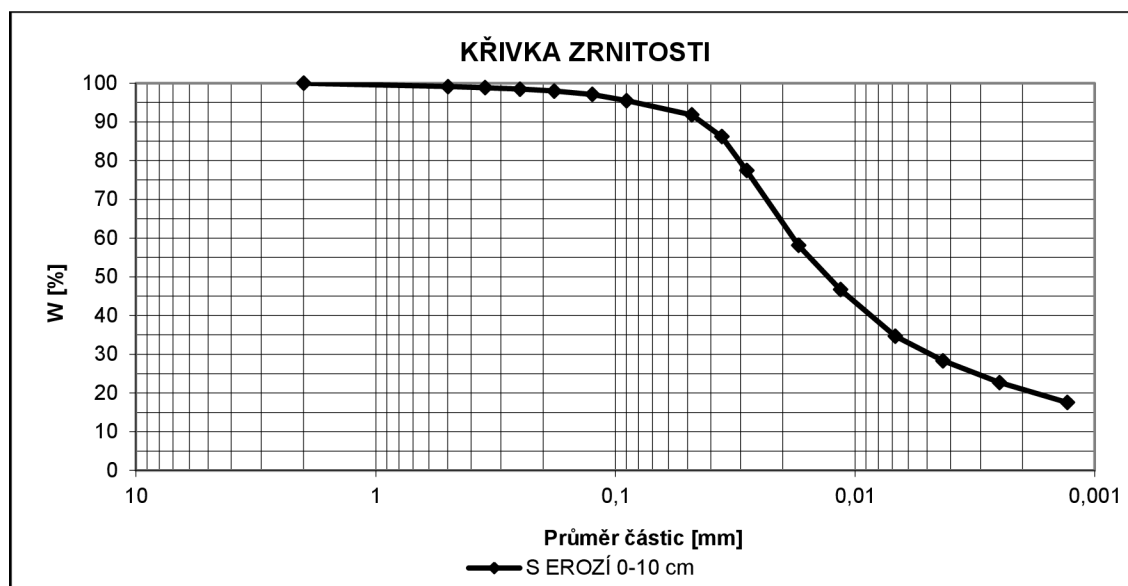
ZÁPIS MĚŘENÍ A VÝPOČET KŘIVKY ZRNITOSTI HUSTOMĚRNOU METODOU								
Lokalita: Bohaté Málkovice s erozí 0-10 cm				Vzorek: K1		Michaela Provedla : Vláčilíková Ing. I. Kameníčková Ph.D.		
Datum: 30.6.2017		Hustoměr: 818		Antikoagulans: vod. sklo				
Stanovení W_o								
Měrná hmotnost:				2,68 g/cm ³				
Navážka pro rozbor na vzduchu vyschlé zeminy:				50 g				
Navážka pro rozbor vlhkosti:		10 g		Sušina:		9,92 g		
Navážka pro rozbor vysušené zeminy W_o :				49,6 g				
Čas [s]	R_o	T_s	T_p	m	R	R + m	d [mm]	W %
Rozbor zrnitosti na sítích							2	100
							0,5	99,113
							0,35	98,851
							0,25	98,468
							0,18	97,984
							0,125	97,097
							0,09	95,484
30	27,00	26,50	26,50	1,1988	28,20	29,3988	0,048	91,82
60	25,20	26,50	26,50	1,1988	26,40	27,5988	0,036	86,20
120	22,40	26,50	26,50	1,1988	23,60	24,7988	0,0283	77,45
360	16,20	26,50	26,50	1,1988	17,40	18,5988	0,0172	58,09
900	12,60	26,25	26,25	1,1539	13,80	14,9539	0,0115	46,70
2700	8,80	26,00	26,00	1,1090	10,00	11,1090	0,0068	34,70
7200	6,80	25,75	25,75	1,0641	8,00	9,0641	0,0043	28,31
21600	5,00	25,75	25,75	1,0641	6,20	7,2641	0,0025	22,69
86400	3,00	27,75	27,75	1,4231	4,20	5,6231	0,0013	17,56

Poznámka: Výpočet křivky zrnitosti byl proveden pomocí jednoduchého programu v Excelu , jehož autorem je Ing. Rudolf Milerski, CSc, 1998

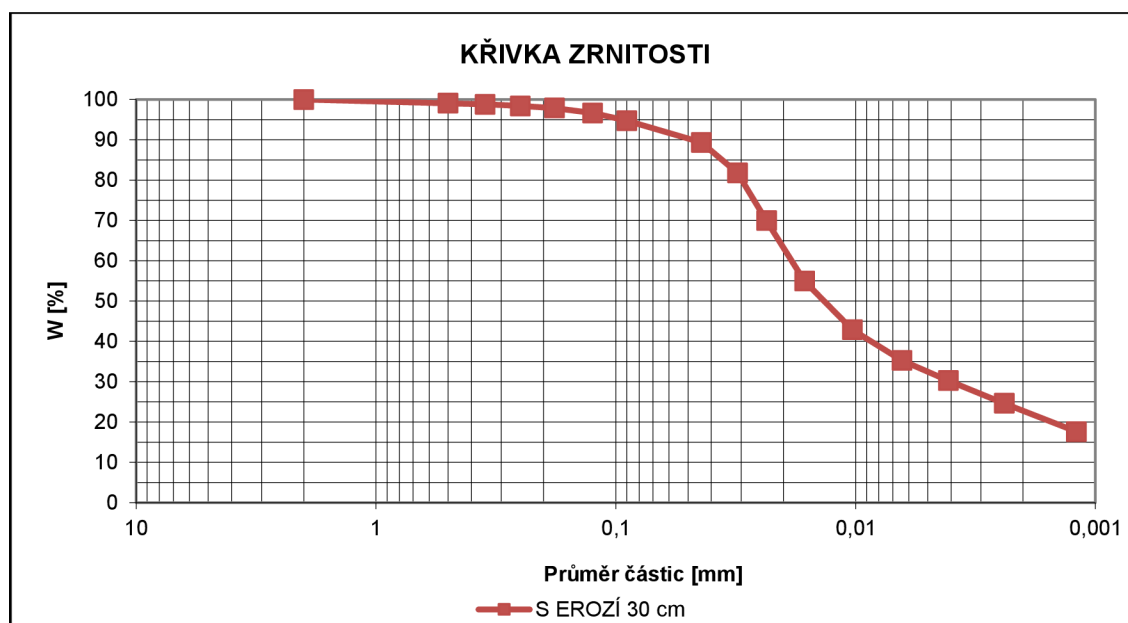
Tabulka č. 1.2 : Výpočet křivky zrnitosti hustoměrnou metodou: lokalita K1 – s erozí 30 cm, datum odběru 27.7.2017

ZÁPIS MĚŘENÍ A VÝPOČET KŘIVKY ZRNITOSTI HUSTOMĚRNOU METODOU								
Lokalita: Bohaté Málkovice s erozí 30 cm				Vzorek: K1	Provedla: Michaela Vláčilíková Ing. I. Kameníčková Ph.D.			
Datum: 27.7.2017		Hustoměr: 2916		Antikoagulans: vod. sklo				
Stanovení W_o								
Měrná hmotnost:				2,67 g/cm ³				
Navážka pro rozbor na vzduchu vyschlé zeminy:				50 g				
Navážka pro rozbor vlhkosti:		10 g		Sušiny:		9,92 g		
Navážka pro rozbor vysušené zeminy W_o :				49,6 g				
Čas [s]	Ro	Ts	Tp	m	R	R + m	d [mm]	W %
Rozbor zrnitosti na sítích							2	100
							0,5	99,093
							0,35	98,831
							0,25	98,427
							0,18	97,903
							0,125	96,694
							0,09	94,778
30	24,60	26,25	26,25	1,1539	27,40	28,5539	0,044	89,36
60	22,20	26,25	26,25	1,1539	25,00	26,1539	0,0311	81,85
120	18,40	26,25	26,25	1,1539	21,20	22,3539	0,0235	69,96
300	13,60	26,25	26,25	1,1539	16,40	17,5539	0,0163	54,94
900	9,80	26,00	26,00	1,1090	12,60	13,7090	0,0103	42,90
2700	7,40	25,75	25,75	1,0641	10,20	11,2641	0,0064	35,25
7200	5,80	25,75	25,75	1,0641	8,60	9,6641	0,0041	30,25
21600	4,00	25,75	25,75	1,0641	6,80	7,8641	0,0024	24,61
86400	1,40	27,75	27,75	1,4231	4,20	5,6231	0,0012	17,60

Obrázek č. 1.3 : Graf křivky zrnitosti: Lokalita K1 – s erozí 0-10 cm



Obrázek č. 1.4 : Graf křivky zrnitosti: Lokalita K1 – s erozí 30 cm



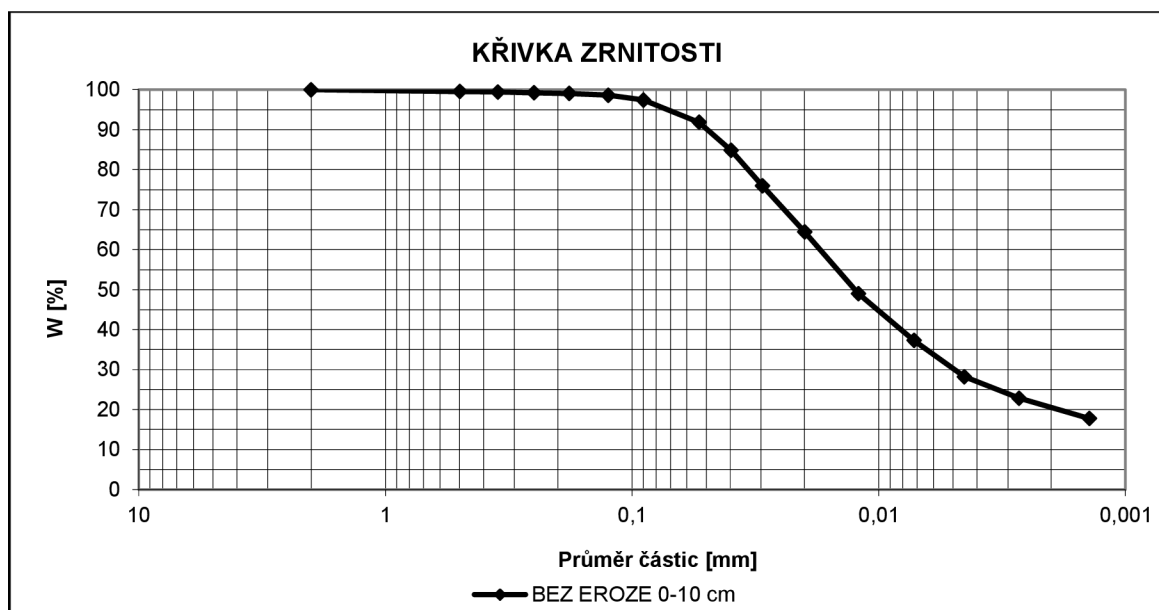
Tabulka č. 1.5 : Výpočet křivky zrnitosti hustoměrnou metodou: lokalita K2 – bez eroze 0-10 cm, datum odběru 2.5.2017

ZÁPIS MĚŘENÍ A VÝPOČET KŘIVKY ZRNITOSTI HUSTOMĚRNOU METODOU									
Bohaté Lokalita: Málkovice Vzorek: K2 Provedla : Michaela Vláčilíková 0-10 cm bez eroze Ing. I. Kameníčková Ph.D. Datum: 2.5.2017 Hustoměr: 804 Antikoagulans: vod. sklo									
Stanovení W_o									
Měrná hmotnost:							2,66	g/cm ³	
Navážka pro rozbor na vzduchu vyschlé zeminy:							50	g	
Navážka pro rozbor vlhkosti:			10	g		Sušina:		9,77 g	
Navážka pro rozbor vysušené zeminy W_o :							48,85	g	
Čas [s]	R_o	T_s	T_p	m	R	R + m	d [mm]	W %	
Rozbor zrnitosti na sítích							2	100	
							0,5	99,550	
							0,35	99,427	
							0,25	99,222	
							0,18	99,058	
							0,125	98,628	
							0,09	97,441	
30	27,60	26,75	26,75	1,2436	27,6	28,8436	0,0536	91,8482	
60	25,40	26,75	26,75	1,2436	25,4	26,6436	0,0397	84,8427	
120	22,60	26,75	26,75	1,2436	22,6	23,8436	0,0296	75,9265	
300	19,00	26,75	26,75	1,2436	19,0	20,2436	0,0200	64,4628	
900	14,20	26,50	26,50	1,1988	14,2	15,3988	0,0121	49,0350	
2700	10,60	26,00	26,00	1,1090	10,6	11,7090	0,0072	37,2856	
7200	7,80	26,00	26,00	1,0641	7,8	8,8641	0,0045	28,2265	
21600	5,80	25,75	25,75	1,3783	5,8	7,1783	0,0027	22,8581	
86400	4,20	27,50	27,50	1,3783	4,2	5,5783	0,0014	17,7631	

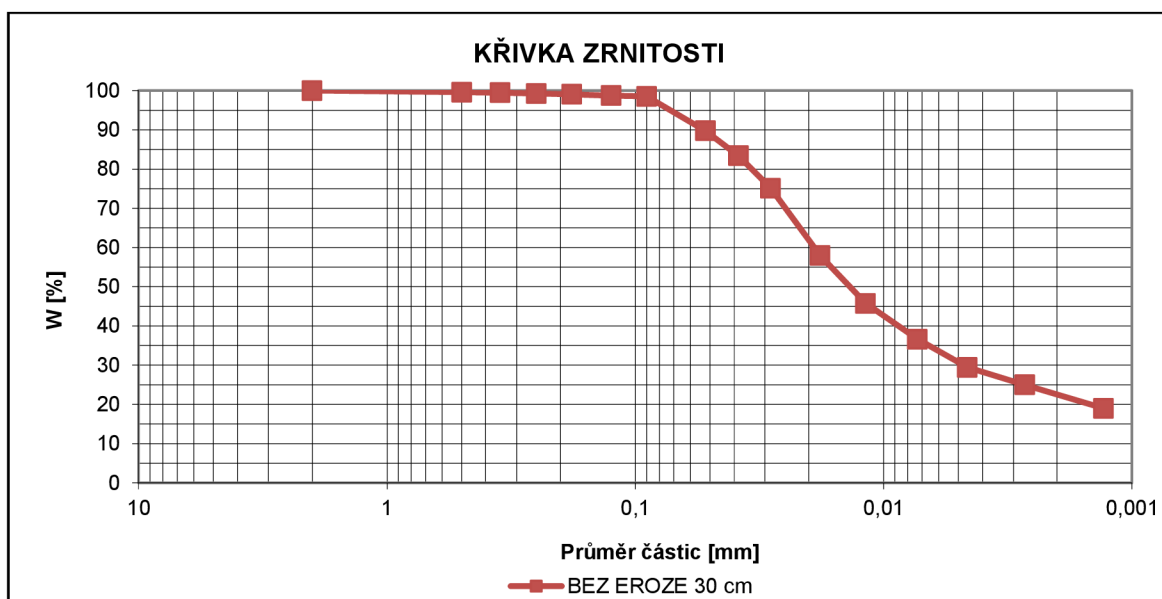
Tabulka č. 1.6 : Výpočet křivky zrnitosti hustoměrnou metodou: lokalita K2 – bez eroze 30 cm, datum odběru 2.5.2017

ZÁPIS MĚŘENÍ A VÝPOČET KŘIVKY ZRNITOSTI HUSTOMĚRNOU METODOU								
Lokalita: Bohaté Málkovice 30 cm bez eroze			Vzorek: K2		Michaela Provedla : Vláčilíková Ing. I. Kameníčková Ph.D.			
Datum: 2.5.2017		Hustoměr: 384		Antikoagulans:		vod. sklo		
Stanovení W_o								
Měrná hmotnost:						2,67 g/cm ³		
Navážka pro rozbor na vzduchu vyschlé zeminy:						50 g		
Navážka pro rozbor vlhkosti:			10 g		Sušina:		9,77 g	
Navážka pro rozbor vysušené zeminy W_o :						48,85 g		
Čas [s]	R_o	T_s	T_p	m	R	R + m	d [mm]	W %
Rozbor zrnitosti na sítích							2	100
							0,5	99,591
							0,35	99,488
							0,25	99,263
							0,18	99,079
							0,125	98,751
							0,09	98,526
30	27,0	26,75	26,75	1,2436	27,0	28,2436	0,0521	89,75
60	25,0	26,75	26,75	1,2436	25,0	26,2436	0,0384	83,40
120	22,4	26,75	26,75	1,2436	22,4	23,6436	0,0285	75,13
360	17,0	26,75	26,75	1,2436	17,0	18,2436	0,018	57,97
940	13,2	26,50	26,50	1,1988	13,2	14,3988	0,0118	45,76
2700	10,4	26,10	26,10	1,1270	10,4	11,5270	0,0073	36,63
7200	8,2	25,75	25,75	1,0641	8,2	9,2641	0,0046	29,44
21600	6,8	25,75	25,75	1,0641	6,8	7,8641	0,0027	24,99
86400	4,6	27,50	27,50	1,3783	4,6	5,9783	0,0013	19,00

Obrázek č. 1. 7 : Graf křivky zrnitosti: Lokalita K2 – bez eroze 0-10 cm



Obrázek č. 1. 8 : Graf křivky zrnitosti: Lokalita K2 – bez eroze 30 cm



Příloha č. 2: Zdánlivá hustota pevných částic

Tabulka č. 2.1: Výpočet zdánlivé hustoty pevných částic v lokalitě K1 a K2

lokalita	č. sondy	hloubka (cm)	hmotnost sušiny + váženka (g)	s vodou m_1 (g)	s vodou a zeminou m_2 (g)	hmotnost vytlačené vody (g)	měrná hmotnost (g/cm ³)	hmotnost sušiny m_s (g)	m_w (g)
K1	s erozí	0-10	26,122	136,848	142,927	3,609	2,684	9,688	16,434
				135,827	141,900	3,615	2,680		
K1	s erozí	30	24,996	135,046	141,017	3,713	2,608	9,684	15,312
				149,160	155,124	3,720	2,603		
K2	bez eroze	0-10	24,968	135,320	141,385	3,638	2,667	9,703	15,265
				145,675	151,716	3,662	2,650		
K2	bez eroze	30	20,487	136,928	142,960	3,595	2,678	9,627	10,860
				137,098	143,112	3,613	2,665		

Příloha č. 3: Rozbor neporušeného půdního vzorku

Tabulka č. 3.1: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 1. výjezd - lokalita K1 - s erozí (0-10 cm)

1. VÝJEZD 2.5.2017					
LOKALITA K1 - slunečnice s erozí					
hloubka odběru	h	0-10 cm			jednotky
tara	T	95,39	95,65	96,42	g
bezprostředně po odběru	A	267,67	261,02	266,57	g
nasycený vzlín. vodou	B	268,16	264,27	268,26	g
odsávání na filtr. papíru -30	B30	267,85	263,48	267,66	g
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B2	267,35	262,93	267,16	g
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B24	265,58	262,12	265,47	g
vysušený při 105°C	C	236,95	232,80	239,22	g
měrná hmotnost-pyknometr	ρ_s	2,68	2,68	2,68	g.cm^{-3}
objemová hmotn. nereduk.	ρ_v	1,72	1,65	1,70	g.cm^{-3}
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1,42	1,37	1,43	g.cm^{-3}

momentální vlhkost	θ	30,72	28,22	27,35	% obj.
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_S$	31,21	31,47	29,04	% obj.
30'vlhkost	θ_{30}	30,90	30,68	28,44	% obj.
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	30,40	30,13	27,94	% obj.
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	28,63	29,32	26,25	% obj.
pórovitost	P	47,18	48,82	46,72	% obj.
kapilární póry	P_K	28,63	29,32	26,25	% obj.
semikapilární póry	P_S	2,27	1,36	2,19	% obj.
nekapilární póry	P_N	16,28	18,14	18,28	% obj.
provzdušenost	V_Z	16,46	20,60	19,37	% obj.
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	16,78	18,69	18,78	% obj.
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	18,55	19,50	20,47	% obj.

Tabulka č. 3.2: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 1. výjezd - lokalita K1 - s erozí (30 cm)

1. VÝJEZD 2.5.2017					
LOKALITA K1 - slunečnice s erozí					
hloubka odběru	h	30cm			jednotky
tara	T	97,26	94,72	94,74	g
bezprostředně po odběru	A	270,63	266,74	265,92	g
nasycený vzlín. vodou	B	275,61	270,61	270,81	g
odsávání na filtr. papíru -30	B30	274,60	269,86	269,98	g
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B2	273,71	269,31	269,17	g
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B24	270,58	266,93	266,04	g
vysušený při 105°C	C	239,32	234,75	236,95	g
měrná hmotnost-pyknometr	ρ_s	2,67	2,67	2,67	g.cm^{-3}
objemová hmotn. nereduk.	ρ_v	1,73	1,72	1,71	g.cm^{-3}
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1,42	1,40	1,42	g.cm^{-3}
momentální vlhkost	θ	31,31	31,99	28,97	% obj.
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_S$	36,29	35,86	33,86	% obj.
30'vlhkost	θ_{30}	35,28	35,11	33,03	% obj.
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	34,39	34,56	32,22	% obj.
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	31,26	32,18	29,09	% obj.
pórovitost	P	46,79	47,55	46,74	% obj.
kapilární póry	P_K	31,26	32,18	29,09	% obj.
semikapilární póry	P_S	4,02	2,93	3,94	% obj.
nekapilární póry	P_N	11,51	12,44	13,71	% obj.
provzdušenost	V_Z	15,48	15,56	17,77	% obj.
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	12,40	12,99	14,52	% obj.
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	15,53	15,37	17,65	% obj.

Tabulka č. 3.3: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 1. výjezd - lokalita K2 - bez eroze (0-10 cm)

1. VÝJEZD 2.5.2017					
LOKALITA K2 - oprava slunečnice bez eroze s minimalizací					
hloubka odběru	h	0-10 cm			jednotky
tara	T	98,90	96,63	95,17	g
bezprostředně po odběru	A	272,14	276,25	275,50	g
nasycený vztl. vodou	B	273,42	275,35	276,47	g
odsávání na filtr. papíru -30	B30	272,97	274,99	276,01	g
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B2	272,47	274,52	275,55	g
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B24	270,46	273,03	274,08	g
vysušený při 105°C	C	247,93	250,79	250,64	g
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2,66	2,66	2,66	g.cm^{-3}
objemová hmotn. nereduk.	ρ_v	1,73	1,80	1,80	g.cm^{-3}
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1,49	1,54	1,55	g.cm^{-3}
momentální vlhkost	θ	24,21	25,46	24,86	% obj.
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_S$	25,49	24,56	25,83	% obj.
30' vlhkost	θ_{30}	25,04	24,20	25,37	% obj.
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	24,54	23,73	24,91	% obj.
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	22,53	22,24	23,44	% obj.
pórovitost	P	43,97	42,05	41,55	% obj.
kapilární póry	P_K	22,53	22,24	23,44	% obj.
semikapilární póry	P_S	2,51	1,96	1,93	% obj.
nekapilární póry	P_N	18,93	17,85	16,18	% obj.
provzdušenost	V_Z	19,76	16,59	16,69	% obj.
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	19,43	18,32	16,64	% obj.
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	21,44	19,81	18,11	% obj.

Tabulka č. 3.4: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 1. výjezd - lokalita K2 – bez eroze (30 cm)

1. VÝJEZD 2.5.2017					
LOKALITA K2 - oprava slunečnice bez eroze s minimalizací					
hloubka odběru	h	30 cm			jednotky
tara	T	98,59	93,92	95,59	g
bezprostředně po odběru	A	286,62	287,53	289,45	g
nasycený vztlín. vodou	B	289,44	289,39	292,13	g
odsávání na filtr. papíru -30	B30	288,85	288,89	291,54	g
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B2	288,30	288,42	291,02	g
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B24	286,07	286,20	288,71	g
vysušený při 105°C	C	263,21	265,00	267,28	g
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2,67	2,67	2,67	g.cm^{-3}
objemová hmotn. nereduk.	ρ_v	1,88	1,94	1,94	g.cm^{-3}
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1,65	1,71	1,72	g.cm^{-3}

momentální vlhkost	θ	23,41	22,53	22,17	% obj.
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_S$	26,23	24,39	24,85	% obj.
30'vlhkost	θ_{30}	25,64	23,89	24,26	% obj.
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	25,09	23,42	23,74	% obj.
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	22,86	21,20	21,43	% obj.
pórovitost	P	38,34	35,93	35,70	% obj.
kapilární póry	P_K	22,86	21,20	21,43	% obj.
semikapilární póry	P_S	2,78	2,69	2,83	% obj.
nekapilární póry	P_N	12,70	12,04	11,44	% obj.
provzdušenost	V_Z	14,93	13,40	13,53	% obj.
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	13,25	12,51	11,96	% obj.
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	15,48	14,73	14,27	% obj.

Tabulka č. 3.5: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 2. výjezd - lokalita K1 - s erozí (0-10 cm)

2. VÝJEZD 30.6.2017							
LOKALITA K1 - za družstvem s erozí							
hloubka odběru	h	0-10 cm					jednotky
tara	T	95,4	97,3	96,5	94,8	96,8	g
bezprostředně po odběru	A	256,0	266,1	257,3	248,8	245,0	g
nasycený vzlín. vodou	B	275,7	283,6	278,6	271,3	268,5	g
odsávání na filtr. papíru - 30 min.	B30	272,7	281,6	275,4	267,9	264,9	g
odsávání na filtr.papíru - 2 hod.	B2	271,2	280,5	272,7	266,1	262,2	g
odsávání na filtr.papíru - 24 hod.	B24	266,0	275,3	268,4	260,6	256,3	g
vysušený při 105°C	C	229,6	238,1	230,7	223,6	219,7	g
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	g.cm^{-3}
objemová hmotnost nereduk.	ρ_v	1,61	1,69	1,61	1,54	1,48	g.cm^{-3}
objemová hmotnost reduk.	ρ_d	1,34	1,41	1,34	1,29	1,23	g.cm^{-3}
momentální vlhkost	θ	26,5	27,9	26,6	25,2	25,3	% obj.
nasákivost	$\theta_{NS} = \theta_s$	46,2	45,5	47,9	47,7	48,8	% obj.
30' vlhkost	θ_{30}	43,2	43,5	44,7	44,3	45,2	% obj.
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	41,7	42,4	42,0	42,5	42,5	% obj.
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	36,5	37,1	37,7	37,0	36,6	% obj.
pórovitost	P	49,9	47,4	49,9	51,9	54,1	% obj.
kapilární póry	P_K	36,5	37,1	37,7	37,0	36,6	% obj.
semikapilární póry	P_S	6,7	6,4	6,9	7,3	8,6	% obj.
nekapilární póry	P_N	6,8	3,9	5,3	7,6	9,0	% obj.
provzdušenost	V_z	23,5	19,5	23,3	26,7	28,8	% obj.
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	8,2	5,0	7,9	9,5	11,6	% obj.
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	13,5	10,3	12,2	14,9	17,5	% obj.

Tabulka č. 3.6: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 2. výjezd - lokalita K1 - s erozí
(30 cm)

2. VÝJEZD 30.6.2017							
LOKALITA K1 - za družstvem s erozí							
hloubka odběru	h	30 cm					jednotky
tara	T	96,3	96,0	92,3	92,4	95,8	g
bezprostředně po odběru	A	275,5	257,9	259,2	256,2	266,6	g
nasyčený vzlín. vodou	B	291,2	275,7	276,9	275,9	285,0	g
odsávání na filtr. papíru - 30 min.	B30	289,2	272,9	273,8	272,3	282,1	g
odsávání na filtr.papíru - 2 hod.	B2	288,0	271,4	272,5	270,5	280,8	g
odsávání na filtr.papíru - 24 hod.	B24	283,6	267,3	268,2	265,4	275,9	g
vysušený při 105°C	C	246,1	230,4	230,8	227,7	238,6	g
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67	g.cm^{-3}
objemová hmotnost nereduk.	ρ_v	1,79	1,62	1,67	1,64	1,71	g.cm^{-3}
objemová hmotnost reduk.	ρ_d	1,50	1,34	1,38	1,35	1,43	g.cm^{-3}

momentální vlhkost	θ	29,4	27,5	28,4	28,5	28,0	% obj.
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_s$	45,2	45,3	46,1	48,2	46,4	% obj.
30'vlhkost	θ_{30}	43,1	42,5	43,0	44,5	43,6	% obj.
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	41,9	41,0	41,8	42,8	42,3	% obj.
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	37,5	36,9	37,4	37,7	37,3	% obj.
pórovitost	P	43,9	49,7	48,1	49,3	46,5	% obj.
kapilární póry	P_K	37,5	36,9	37,4	37,7	37,3	% obj.
semikapilární póry	P_S	5,6	5,6	5,7	6,9	6,3	% obj.
nekapilární póry	P_N	0,8	7,2	5,1	4,8	3,0	% obj.
provzdušenost	V_Z	14,5	22,2	19,8	20,8	18,5	% obj.
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	2,0	8,7	6,4	6,6	4,3	% obj.
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	6,4	12,8	10,8	11,6	9,2	% obj.

Tabulka č. 3.7: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 2. výjezd - lokalita K2 - bez eroze (0-10 cm)

2. VÝJEZD 30.6.2017							
LOKALITA K2 - bez eroze							
hloubka odběru	h	0-10 cm					jednotky
tara	T	96,30	97,52	95,77	94,65	93,85	g
bezpr. po odběru	A	268,3	281,5	279,0	254,9	279,6	g
nasycený vzlín. vodou	B	288,9	294,2	292,6	282,6	291,2	g
odsávání na filtr. papíru -30	B30	286,4	292,7	291,3	278,4	290,2	g
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B2	285,1	291,9	290,6	275,9	289,5	g
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B24	279,7	288,8	286,7	268,1	285,5	g
vysušený při 105°C	C	241,6	252,9	251,5	230,6	249,5	g
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66	g.cm^{-3}
objemová hmotn. nereduk.	ρ_v	1,72	1,84	1,83	1,60	1,86	g.cm^{-3}
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1,45	1,55	1,56	1,36	1,56	g.cm^{-3}
momentální vlhkost	θ	26,67	28,56	27,51	24,31	30,08	% obj.
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_s$	47,31	41,26	41,07	51,97	41,62	% obj.
30' vlhkost	θ_{30}	44,72	39,82	39,77	47,77	40,70	% obj.
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	43,47	39,04	39,03	45,35	39,92	% obj.
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	38,10	35,86	35,16	37,54	35,96	% obj.
pórovitost	P	45,36	41,59	41,44	48,90	41,47	% obj.
kapilární póry	P_K	38,10	35,86	35,16	37,54	35,96	% obj.
semikapilární póry	P_S	6,62	3,96	4,61	10,23	4,74	% obj.
nekapilární póry	P_N	0,64	1,77	1,67	1,13	0,77	% obj.
provzdušenost	V_z	18,69	13,03	13,93	24,59	11,39	% obj.
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	1,89	2,55	2,41	3,55	1,55	% obj.
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	7,26	5,73	6,28	11,36	5,51	% obj.

Tabulka č. 3.8: Výpočet neporušeného půdního vzorku - 2. výjezd - lokalita K2 - bez eroze (30 cm)

2. VÝJEZD 30.6.2017							
LOKALITA K2 - bez eroze							
hloubka odběru	h	30 cm					jednotky
tara	T	96,61	95,52	94,55	96,81	98,93	g
bezpr. po odběru	A	273,2	256,9	270,0	272,4	281,5	g
nasycený vzlín. vodou	B	293,1	275,6	288,3	291,4	298,4	g
odsávání na filtr. papíru -30	B30	289,2	272,2	285,5	288,4	295,5	g
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B2	287,6	270,7	284,0	287,2	294,5	g
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B24	282,3	266,0	279,2	282,6	289,6	g
vysušený při 105°C	C	252,8	233,3	245,3	251,1	256,3	g
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67	g.cm^{-3}
objemová hmotn. nereduk.	ρ_v	1,77	1,61	1,75	1,76	1,83	g.cm^{-3}
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1,56	1,38	1,51	1,54	1,57	g.cm^{-3}
momentální vlhkost	θ	20,32	23,55	24,78	21,30	25,20	% obj.
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_s$	40,24	42,26	43,04	40,29	42,15	% obj.
30' vlhkost	θ_{30}	36,38	38,85	40,20	37,32	39,25	% obj.
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	34,74	37,31	38,76	36,10	38,25	% obj.
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	29,48	32,65	33,94	31,51	33,29	% obj.
pórovitost	P	41,49	48,38	43,55	42,23	41,07	% obj.
kapilární póry	P_K	29,48	32,65	33,94	31,51	33,29	% obj.
semikapilární póry	P_s	6,90	6,20	6,26	5,81	5,96	% obj.
nekapilární póry	P_N	5,11	9,53	3,35	4,91	1,82	% obj.
provzdušenost	V_z	21,17	24,83	18,77	20,93	15,87	% obj.
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	6,75	11,07	4,79	6,13	2,82	% obj.
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	12,01	15,73	9,61	10,72	7,78	% obj.

Tabulka č. 3.9: Výpočet neporušeného půdního vzorku – 3. výjezd - lokalita K1 – s erozí (0-10 cm)

3. VÝJEZD 27.7.2017							
LOKALITA K1 - slunečnice s erozí							
hloubka odběru	h	0-10 cm					jednotky
tara	T	93,85	94,65	95,41	94,65	95,41	g
bezpr. po odběru	A	262,64	261,88	248,01	269,42	252,93	g
nasycený vzlín. vodou	B	275,82	271,56	262,24	281,51	265,72	g
odsávání na filtr. papíru -30	B ₃₀	273,64	270,59	258,25	279,33	262,89	g
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B ₂	272,42	269,43	256,5	278,09	261,44	g
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B ₂₄	268,3	264,98	252,46	273,83	257,1	g
vysušený při 105°C	C	230,85	225,01	219,08	235,69	221,3	g
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	g.cm ⁻³
objemová hmotn. nereduk.	ρ_V	1,69	1,67	1,53	1,75	1,58	g.cm ⁻³
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1,37	1,30	1,24	1,41	1,26	g.cm ⁻³
momentální vlhkost	θ	31,79	36,87	28,93	33,73	31,63	% obj.
nasákivost	$\theta_{NS} = \theta_S$	44,97	46,55	43,16	45,82	44,42	% obj.
30' vlhkost	θ_{30}	42,79	45,58	39,17	43,64	41,59	% obj.
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	41,57	44,42	37,42	42,40	40,14	% obj.
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	37,45	39,97	33,38	38,14	35,8	% obj.
pórovitost	P	48,88	51,36	53,85	47,37	53,03	% obj.
kapilární póry	P _K	37,45	39,97	33,38	38,14	35,80	% obj.
semikapilární póry	P _S	5,34	5,61	5,79	5,50	5,79	% obj.
nekapilární póry	P _N	6,09	5,78	14,68	3,73	11,44	% obj.
provzdušenost	V _Z	17,09	14,49	24,92	13,64	21,40	% obj.
max. kap. vzdušná kapacita	K _{MKKVZ}	7,31	6,94	16,43	4,97	12,89	% obj.
retenční vzdušná kapacita	K _{RVKKVZ}	11,43	11,39	20,47	9,23	17,23	% obj.

Tabulka č. 3.10: Výpočet neporušeného půdního vzorku – 3. výjezd - lokalita K1 – s erozí (30 cm)

3. VÝJEZD 27.7.2017							
LOKALITA K1 - slunečnice s erozí							
hloubka odběru	h	30 cm					jednotky
tara	T	95,00	96,42	96,66	96,37	92,19	g
bezpr. po odběru	A	261,3	266,6	259,8	263,0	252,0	g
nasycený vzlín. vodou	B	280,0	282,7	277,2	278,6	269,6	g
odsávání na filtr. papíru -30	B ₃₀	277,0	280,3	274,5	276,1	266,2	g
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B ₂	275,3	279,2	273,1	274,9	264,7	g
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B ₂₄	270,6	275,2	269,1	272,7	262,0	g
vysušený při 105°C	C	233,1	238,6	232,8	236,2	225,1	g
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67	g.cm ⁻³
objemová hmotn. nereduk.	ρ_v	1,66	1,70	1,63	1,67	1,60	g.cm ⁻³
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1,38	1,42	1,36	1,40	1,33	g.cm ⁻³

momentální vlhkost	θ	28,21	28,09	26,98	26,84	26,90	% obj.
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_S$	46,91	44,10	44,36	42,36	44,53	% obj.
30' vlhkost	θ_{30}	43,93	41,77	41,69	39,86	41,10	% obj.
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	42,20	40,66	40,25	38,72	39,63	% obj.
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	37,51	36,6	36,31	36,49	36,91	% obj.
pórovitost	P	48,30	46,77	49,00	47,63	50,22	% obj.
kapilární póry	P _K	37,51	36,60	36,31	36,49	36,91	% obj.
semikapilární póry	P _S	6,42	5,17	5,38	3,37	4,19	% obj.
nekapilární póry	P _N	4,37	5,00	7,31	7,77	9,12	% obj.
provzdušenost	V _Z	20,09	18,68	22,02	20,79	23,32	% obj.
max. kap. vzdušná kapacita	K _{MKKVZ}	6,10	6,11	8,75	8,91	10,59	% obj.
retenční vzdušná kapacita	K _{RVKKVZ}	10,79	10,17	12,69	11,14	13,31	% obj.

Tabulka č. 3.11: Výpočet neporušeného půdního vzorku – 3. výjezd - lokalita K2 – bez eroze (0-10 cm)

3. VÝJEZD 27.7.2017							
LOKALITA K2 - slunečnice bez eroze s minimalizací							
hloubka odběru	h	0-10 cm					jednotky
tara	T	94,96	95,00	97,33	97,10	98,57	g
bezpr. po odběru	A	248,54	238,0	275,32	273,31	238,89	g
nasycený vzlín. vodou	B	260,6	249,1	283,56	286,76	253,56	g
odsávání na filtr. papíru -30	B ₃₀	257,99	246,82	282,78	285,36	249,69	g
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B ₂	255,91	244,21	281,8	284,11	246,62	g
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B ₂₄	251,34	240,48	279,21	280,48	241,85	g
vysušený při 105°C	C	217,85	208,44	244,26	243,15	209,58	g
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66	g.cm ⁻³
objemová hmotn. nereduk.	ρ_V	1,54	1,43	1,78	1,76	1,40	g.cm ⁻³
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1,23	1,13	1,47	1,46	1,11	g.cm ⁻³
momentální vlhkost	θ	30,69	29,60	31,06	30,16	29,31	% obj.
nasákivost	$\theta_{NS} = \theta_S$	42,75	40,66	39,30	43,61	43,98	% obj.
30' vlhkost	θ_{30}	40,14	38,38	38,52	42,21	40,11	% obj.
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	38,06	35,77	37,54	40,96	37,04	% obj.
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	33,49	32,04	34,95	37,33	32,27	% obj.
pórovitost	P	53,80	57,35	44,76	45,09	58,27	% obj.
kapilární póry	P _K	33,49	32,04	34,95	37,33	32,27	% obj.
semikapilární póry	P _S	6,65	6,34	3,57	4,88	7,84	% obj.
nekapilární póry	P _N	13,66	18,97	6,24	2,88	18,16	% obj.
provzdušenost	V _Z	23,11	27,75	13,70	14,93	28,96	% obj.
max. kap. vzdušná kapacita	K _{MKKVZ}	15,74	21,58	7,22	4,13	21,23	% obj.
retenční vzdušná kapacita	K _{RVKKVZ}	20,31	25,31	9,81	7,76	26,00	% obj.

Tabulka č. 3.12: Výpočet neporušeného půdního vzorku – 3. výjezd - lokalita K2 – bez eroze (30 cm)

3. VÝJEZD 27.7.2017							
LOKALITA K2 - slunečnice bez eroze s minimalizací							
hloubka odběru	h	30 cm					jednotky
tara	T	92,27	95,00	98,93	94,32	95,00	g
bezpr. po odběru	A	277,0	278,4	284,7	279,2	288,3	g
nasycený vzlín. vodou	B	289,3	290,4	294,8	289,7	297,4	g
odsávání na filtr. papíru -30	B ₃₀	287,4	288,9	293,9	288,2	296,1	g
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B ₂	286,5	288,1	293,1	287,3	295,3	g
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B ₂₄	282,5	284,5	290,7	285,3	291,7	g
vysušený při 105°C	C	248,8	251,4	255,1	251,6	260,6	g
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67	g.cm ⁻³
objemová hmotn. nereduk.	ρ_V	1,85	1,83	1,86	1,85	1,93	g.cm ⁻³
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1,56	1,56	1,56	1,57	1,66	g.cm ⁻³
momentální vlhkost	θ	28,26	26,93	29,51	27,66	27,70	% obj.
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_S$	40,55	38,95	39,65	38,14	36,83	% obj.
30' vlhkost	θ_{30}	38,65	37,46	38,79	36,67	35,57	% obj.
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	37,77	36,63	37,96	35,73	34,74	% obj.
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	33,7	33,07	35,54	33,74	31,13	% obj.
pórovitost	P	41,39	41,41	41,49	41,11	38,00	% obj.
kapilární póry	P _K	33,70	33,07	35,54	33,74	31,13	% obj.
semikapilární póry	P _S	4,95	4,39	3,25	2,93	4,44	% obj.
nekapilární póry	P _N	2,74	3,95	2,70	4,44	2,43	% obj.
provzdušenost	V _Z	13,13	14,48	11,98	13,45	10,30	% obj.
max. kap. vzdušná kapacita	K _{MKKVZ}	3,62	4,78	3,53	5,38	3,26	% obj.
retenční vzdušná kapacita	K _{RVKKVZ}	7,69	8,34	5,95	7,37	6,87	% obj.

Příloha č. 4: Hydraulická vodivost

Tabulka č. 4.1: Výpočet hydraulické vodivosti 1. výjezd

		1. VÝJEZD 2.5.2017												
		V (cm ³)	t (s)	h ₁ (cm)	h ₂ (cm)	Δh (cm)	L (cm)	F (cm ²)	q=V/t (s.cm ⁻³)	Ks (cm.s)	Ks (cm.min ⁻¹)	Ks (m.den ⁻¹)	Ks (cm.s)	Ks (m.den ⁻¹)
LOKALITA K1 slunečnice s erozí	0-10cm	2,6	90	6,6	3,3	3,3	5	25	0,0289	0,0018	0,1051	1,5127	0,002	1,473
		2,4	90	6,5	3,3	3,2	5	25	0,0267	0,0017	0,1000	1,4400		
		2,5	90	6,6	3,3	3,3	5	25	0,0278	0,0017	0,1010	1,4545		
		2,4	90	6,4	3,3	3,1	5	25	0,0267	0,0017	0,1032	1,4865		
	30cm	1,2	60	6,5	3,3	3,2	5	25	0,0200	0,0013	0,0750	1,0800	0,001	1,087
		1,1	60	6,6	3,3	3,3	5	25	0,0183	0,0011	0,0667	0,9600		
		1,3	60	6,6	3,2	3,4	5	25	0,0217	0,0013	0,0765	1,1012		
		1,3	60	6,4	3,3	3,1	5	25	0,0217	0,0014	0,0839	1,2077		
LOKALITA K2 slunečnice bez eroze	0-10cm	1,4	60	6,5	3,3	3,2	5	25	0,0233	0,0015	0,0875	1,2600	0,001	1,116
		1,3	60	6,6	3,2	3,4	5	25	0,0217	0,0013	0,0765	1,1012		
		1,2	60	6,5	3,3	3,2	5	25	0,0200	0,0013	0,0750	1,0800		
		1,1	60	6,3	3,2	3,1	5	25	0,0183	0,0012	0,0710	1,0219		
	30cm	0,7	60	6,3	3,2	3,1	5	25	0,0117	0,0008	0,0452	0,6503	0,001	0,701
		0,8	60	6,5	3,3	3,2	5	25	0,0133	0,0008	0,0500	0,7200		
		0,9	60	6,6	3,2	3,4	5	25	0,0150	0,0009	0,0529	0,7624		
		0,7	60	6,3	3,3	3	5	25	0,0117	0,0008	0,0467	0,6720		

Tabulka č. 4.2 : Výpočet hydraulické vodivosti 2. výjezd

		2. VÝJEZD 30.6.2017												
		V	t	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks	Ks	Ks
		(cm ³)	(s)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(s.cm ⁻³)	(cm.s)	(cm.min ⁻¹)	(m.den ⁻¹)	(cm.s)	(m.den ⁻¹)
LOKALITA K1 slunečnice s erozí	0-10cm	2,7	90	6,6	3,3	3,3	5	25	0,0300	0,0018	0,1091	1,5709	0,0022	1,8712
		3	90	6,5	3,3	3,2	5	25	0,0333	0,0021	0,1250	1,8000		
		2,6	90	6,6	3,3	3,3	5	25	0,0289	0,0018	0,1051	1,5127		
		2,8	60	6,4	3,3	3,1	5	25	0,0467	0,0030	0,1806	2,6013		
	30cm	1,7	90	6,5	3,3	3,2	5	25	0,0189	0,0012	0,0708	1,0200	0,0018	1,5364
		1,9	60	6,6	3,3	3,3	5	25	0,0317	0,0019	0,1152	1,6582		
		1,9	60	6,6	3,2	3,4	5	25	0,0317	0,0019	0,1118	1,6094		
		2	60	6,4	3,3	3,1	5	25	0,0333	0,0022	0,1290	1,8581		
LOKALITA K2 slunečnice bez eroze	0-10cm	2,3	90	6,5	3,3	3,2	5	25	0,0256	0,0016	0,0958	1,3800	0,0016	1,4049
		2	90	6,6	3,2	3,4	5	25	0,0222	0,0013	0,0784	1,1294		
		2,5	90	6,5	3,3	3,2	5	25	0,0278	0,0017	0,1042	1,5000		
		2,6	90	6,3	3,2	3,1	5	25	0,0289	0,0019	0,1118	1,6103		
	30cm	1,5	60	6,3	3,2	3,1	5	25	0,0250	0,0016	0,0968	1,3935	0,0015	1,3227
		1,4	60	6,5	3,3	3,2	5	25	0,0233	0,0015	0,0875	1,2600		
		1,3	60	6,6	3,2	3,4	5	25	0,0217	0,0013	0,0765	1,1012		
		1,6	60	6,3	3,3	3	5	25	0,0267	0,0018	0,1067	1,5360		

Tabulka č. 4.3 : Výpočet hydraulické vodivosti 3. výjezd

		3. VÝJEZD 27.7.2017												
		V	t	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks	Ks	Ks
		(cm ³)	(s)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(s.cm ⁻³)	(cm.s)	(cm.min ⁻¹)	(m.den ⁻¹)	(cm.s)	(m.den ⁻¹)
LOKALITA K1 slunečnice s erozí	0-10cm	2,8	90	6,6	3,3	3,3	5	25	0,0311	0,0019	0,1131	1,6291	0,0022	1,8853
		2,9	90	6,5	3,3	3,2	5	25	0,0322	0,0020	0,1208	1,7400		
		2,7	90	6,6	3,3	3,3	5	25	0,0300	0,0018	0,1091	1,5709		
		2,8	60	6,4	3,3	3,1	5	25	0,0467	0,0030	0,1806	2,6013		
	30cm	2	90	6,5	3,3	3,2	5	25	0,0222	0,0014	0,0833	1,2000	0,0020	1,7118
		2,1	60	6,6	3,3	3,3	5	25	0,0350	0,0021	0,1273	1,8327		
		2,2	60	6,6	3,2	3,4	5	25	0,0367	0,0022	0,1294	1,8635		
		2,1	60	6,4	3,3	3,1	5	25	0,0350	0,0023	0,1355	1,9510		
LOKALITA K2 slunečnice bez eroze	0-10cm	2	60	6,5	3,3	3,2	5	25	0,0333	0,0021	0,1250	1,8000	0,0019	1,6304
		1,9	60	6,6	3,2	3,4	5	25	0,0317	0,0019	0,1118	1,6094		
		1,6	60	6,5	3,3	3,2	5	25	0,0267	0,0017	0,1000	1,4400		
		1,8	60	6,3	3,2	3,1	5	25	0,0300	0,0019	0,1161	1,6723		
	30cm	1,5	90	6,3	3,2	3,1	5	25	0,0167	0,0011	0,0645	0,9290	0,0011	0,9934
		1,3	90	6,5	3,3	3,2	5	25	0,0144	0,0009	0,0542	0,7800		
		1,2	60	6,6	3,2	3,4	5	25	0,0200	0,0012	0,0706	1,0165		
		1,3	60	6,3	3,3	3	5	25	0,0217	0,0014	0,0867	1,2480		