



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

HODNOCENÍ KVALITY/ZDRAVÍ PŮDY V BLÍZKOSTI OBCE BOHATÉ MÁLKOVICE

ASSESSMENT HEALTH/QUALITY OF THE SOIL NEAR THE VILLAGE BOHATÉ
MÁLKOVICE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kateřina Suchá

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVANA KAMENÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

HODNOCENÍ KVALITY/ZDRAVÍ PŮDY V BLÍZKOSTI OBCE BOHATÉ MÁLKOVICE

ASSESSMENT HEALTH/QUALITY OF THE SOIL NEAR THE VILLAGE BOHATÉ
MÁLKOVICE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kateřina Suchá

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVANA KAMENÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Kateřina Suchá
Název	Hodnocení kvality/zdraví půdy v blízkosti obce Bohaté Málkovice
Vedoucí práce	Ing. Ivana Kameníčková, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Hůla, J. a kol.: Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí. Verifikovaná metodika - VÚZT, 2010.

Kutílek, M.: Vodohospodářská pedologie. Druhé vydání. SNTL/ALFA, Praha, 1978.

Kutílek, M., Kuráž, V., Císlerová, M.: Hydropedologie. Skriptum ČVUT, Praha, 1993.

Kutílek, M., Nielsen, D.R.: Soil Hydrology, Catena Verlag, Cremlingen-Drestedt, Germany, 1994.

Pokorný, E., Denešová, O.: Aktuální a potencionální vlastnosti orných půd střední Moravy. MZLU Brno. Folia universitatis agriculturæ et silviculturæ mendelianæ brunensis.

Facultas agronomica, monografie. ISBN 80-7157-889-4,2005.

Články v domácích a zahraničních odborných časopisech.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Diplomová práce bude rozdělena na teoretickou a praktickou část. V literární rešerši bude popsána problematika posouzení kvality půdy na základě indikátorů, které jsou uváděny v naší i zahraniční odborné literatuře. V praktické části pak bude posouzena kvalita svrchní vrstvy půdy a podorničí v blízkosti obce Bohaté Málkovice pomocí vybraných indikátorů s doporučením, které parametry nejlépe charakterizují zdraví půdy v dané oblasti.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ 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 diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá hodnocením kvality/zdraví půdy v blízkosti obce Bohaté Málkovice a sledováním změn fyzikálních a chemických vlastností půdy v průběhu let.

V teoretické části jsou popsány vybrané fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy. Popisovanými fyzikálními vlastnostmi jsou struktura, textura, zdánlivá hustota pevných částic, objemová hmotnost, pórovitost, momentální vlhkost, provzdušenost, nasycená a nenasycená hydraulická vodivost, infiltrace a barva. Z chemických vlastností půdy uvádíme pH, obsah uhličitánů v půdě, vodivost vodního výluhu a obsah humusu v půdě. Z biologických vlastností byla vybrána mikrobiální biomasa, respirace, obsah dusíku v půdě a zaplevelení.

V praktické části diplomové práce je provedeno vyhodnocení vybraných indikátorů kvality půdy z experimentální plochy v blízkosti obce Bohaté Málkovice. Zkoumaná plocha je dlouhodobě zpracována minimalizační technologií. Praktická část diplomové práce vychází z odběrů porušených a neporušených půdních vzorků v průběhu let 2016 – 2018 a následného vyhodnocení vybraných parametrů v laboratoři.

Na základě zjištěných údajů je možné zhodnotit kvalitu půdy s ohledem na růst a vývoj rostlin a úrodnost.

KLÍČOVÁ SLOVA

Degradace půdy, fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy, infiltrace, minidiskový infiltrometr, minimalizační technologie, momentální vlhkost, nasycená hydraulická vodivost, nenasycená hydraulická vodivost, objemová hmotnost, obsah uhličitánů, organická hmota, organický uhlík, pH, pórovitost, provzdušenost, retenční vodní kapacita, struktura půdy, zrnitost.

ABSTRACT

Diploma thesis evaluates quality and healthiness of the soil health located close to Bohate Malkovice focusing on changes in both physical and chemical characteristics of the soil in time.

The theoretical part describes physical, chemical, and biological parameters of the soil. Selected physical parameters are structure, texture, determination of measured weight, bulk density of the soil, porosity, actual volumetric water content of the soil, aeration, saturated and unsaturated hydraulic conductivity,

infiltration, and colour. Chosen chemical parameters are pH, carbonates, soil electrical conductivity, and humus content. Picked biological parameters are microbial biomass, respiration, nitrogen content, and weed infestation.

The practical part analyses selected indicators of quality of the soil from the location of the experiment close to Bohate Malkovice. The area under evaluation has been treated using reduced tillage for long term. The practical part is based on the laboratory examination of disturbed and undisturbed soil samples taken between years 2016 and 2018.

Based on outcome results we can evaluate the quality of the soil considering plants growth, development, and soil fertility.

KEYWORDS

Soil degradation, physical, chemical and biological properties of soil, infiltration, minidisc infiltrometer, reduced tillage, actual volumetric water content of the soil, saturated hydraulic conductivity, unsaturated hydraulic conductivity, bulk density, carbonates, soil organic matter, organic carbon, pH, porosity, aeration, water retention capacity, soil texture, the particle size distribution.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Kateřina Suchá *Hodnocení kvality/zdraví půdy v blízkosti obce Bohaté Málkovice*. Brno, 2018. 73 s., 27 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Ivana Kameníčková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Hodnocení kvality/zdraví půdy v blízkosti obce Bohaté Málkovice* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2019

Bc. Kateřina Suchá
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Hodnocení kvality/zdraví půdy v blízkosti obce Bohaté Málkovice* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2019

Bc. Kateřina Suchá
autor práce

OBSAH

1	ÚVOD	1
1.1	CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	2
2	TEORETICKÁ ČÁST	3
2.1	VYBRANÉ FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PŮDY	3
2.1.1	STRUKTURA	3
2.1.1.1	VODOSTÁLOST	3
2.1.2	TEXTURA (ZRNITOST)	5
2.1.3	ZDÁNLIVÁ HUSTOTA PŮDNÍCH ČÁSTIC	7
2.1.4	ROZBOR NEPORUŠENÉHO PŮDNÍHO VZORKU A VYBRANÉ FYZIKÁLNÍ VELIČINY	8
2.1.4.1	OBJEMOVÁ HMOTNOST	11
2.1.4.2	PÓROVITOST	13
2.1.4.3	MOMENTÁLNÍ VLHKOST	15
2.1.4.4	PROVZDUŠENOST PŮDY	16
2.1.5	NASYCENÁ HYDRAULICKÁ VODIVOST	16
2.1.6	INFILTRACE	19
2.1.7	BARVA	22
2.2	VYBRANÉ CHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮDY	24
2.2.1	pH/H ₂ O	24
2.2.2	STANOVENÍ OBSAHU UHLIČITANŮ V PŮDĚ	26
2.2.3	VODIVOST PŮDNÍHO VÝLUHU	28
2.2.4	OBSAH HUMUSU V PŮDĚ	30
2.3	VYBRANÉ BIOLOGICKÉ VLASTNOSTI PŮDY	34
2.3.1	MIKROBIÁLNÍ BIOMASA	34
2.3.2	RESPIRACE	34
2.3.3	OBSAH DUSÍKU V PŮDĚ	34
2.3.4	ZAPLEVELENÍ	34
3	PRAKTICKÁ ČÁST	36
3.1	CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ	36
3.1.1	VYMEZENÍ A POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	36
3.1.2	KLIMATICKÉ POMĚRY	38
3.1.3	HYDROLOGICKÉ PODMÍNKY	38
3.1.4	GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY	39
3.1.5	GEOLOGICKÉ POMĚRY	39
3.1.6	PEDOLOGICKÉ POMĚRY	39
3.1.7	BIOGEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA	40
3.1.8	OCHRANA PŘÍRODY	40
3.2	POPIS PRÁCE V TĚRÉNU A LABORATOŘI	40
3.2.1	PRÁCE V TERÉNU	40

3.2.2	PRÁCE V LABORATOŘI	41
3.3	VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ	41
3.3.1	VYBRANÉ FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PŮDY	42
3.3.1.1	VODOSTÁLOST AGREGÁTŮ	42
3.3.1.2	TEXTURA A ZRNITOSTNÍ ROZBOR	44
3.3.1.3	ZDÁNlivÁ HUSTOTA PŮDNÍCH ČÁSTIC	45
3.3.1.4	OBJEMOVÁ HMOTNOST REDUKOVANÁ	45
3.3.1.5	PÓROVITOST	47
3.3.1.6	MOMENTÁLNÍ VLHKOST	52
3.3.1.7	PROVZDUŠENOST	54
3.3.1.8	VLHKOST 30°	56
3.3.1.9	MAXIMÁLNÍ VODNÍ KAPACITA	58
3.3.1.10	RETENČNÍ VODNÍ KAPACITA	60
3.3.1.11	NASYCENÁ HYDRAULICKÁ VODIVOST	61
3.3.1.12	INFILTRACE	64
3.3.2	VYBRANÉ CHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮDY	66
3.3.2.1	pH/H ₂ O	66
3.3.2.2	STANOVENÍ OBSAHU UHLIČITANŮ V PŮDĚ	67
3.3.2.3	VODIVOST PŮDNÍHO VÝLUHU	69
3.3.2.4	OBSAH HUMUSU V PŮDĚ	70
4	ZÁVĚR	72
5	POUŽITÁ LITERATURA	74
	SEZNAM TABULEK	76
	SEZNAM OBRÁZKŮ	79
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	82
	SEZNAM PŘÍLOH	85

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat vedoucí své diplomové práce Ing. Ivaně Kameníčkové, Ph.D. za odborný dohled při provádění laboratorních zkoušek, spoustu cenných rad a všechen věnovaný čas.

1 ÚVOD

Kvalitní půda patří mezi základní podmínky existence života na Zemi. Je nepostradatelná pro růst rostlin, zásobu vody i správný koloběh látek. Umožňuje produkci potravin a funguje jako stavební materiál. Člověk je na ní tedy v mnoha ohledech závislý, proto by nám mělo záležet na její kvalitě a měli bychom omezit její devastaci.

Kvalitu půdy lze posuzovat z mnoha hledisek. Jejimi nejčastějšími indikátory jsou fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. Ty mimo jiné závisejí na způsobu zpracování půdy nebo klimatických podmínkách. Stanovujeme je zpravidla v prostředí laboratoře či přímo v terénu a můžeme je číselně nebo graficky vyjádřit a porovnat. Výčet těchto základních půdních charakteristik se v odborné literatuře často lehce liší, protože odpovídá možnostem a potřebám konkrétního výzkumu.

Mezi základní fyzikální vlastnosti půdy patří textura, struktura, hloubka půdy, objemová hmotnost, pórovitost, hydraulická vodivost, maximální a retenční vodní kapacita. [9]

Chemickými charakteristikami půdy je obsah uhlíku a dusíku, pH, konduktivita, obsah živin, nasycenost sorpčního komplexu a hygienické parametry s ohledem na organické kontaminanty a rizikové prvky a obsah některých dalších prvků jako je uhličitán vápenatý nebo humus a organická hmota. [9]

Mezi biologické a biochemické parametry řadíme mikrobiální biomasu, potenciálně mineralizovaný dusík, respiraci, poměr biomasy k uhlíkovému cyklu k celkovému organickému uhlíku, poměr respirace k biomase, biodiverzitu, zaplevelení, výskyt škůdců a zemědělskou produktivitu. [9]

1.1 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem této diplomové práce je v teoretické části popsat základní indikátory kvality půdy a některé z nich posoudit v praktické části. Zkoumanou lokalitou je území v blízkosti obce Bohaté Málkovice, v němž je dlouhodobě realizována minimalizační technologie zpracování půdy. Zpracovány jsou půdní vzorky z let 2016, 2017 a 2018, pokaždé ze třech výjezdů. Posuzována je jak svrchní vrstva půdy, tak podorničí (2017, 2018). Závěrem bude zhodnoceno, které parametry nejlépe charakterizují zdraví půdy v dané oblasti. Diplomová práce je mimo jiné shrnutím experimentálního výzkumu "*Vliv hospodaření na půdě na kvalitu svrchní vrstvy hlinité půdy*" podpořeného specifickým vysokoškolským výzkumem na VUT v Brně.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 VYBRANÉ FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PŮDY

2.1.1 STRUKTURA

Struktura půdy popisuje prostorové uspořádání pevných částic v půdním horizontu a jejich shlukování do celků, půdních agregátů. Zabývá se velikostí, tvarem a distribucí pórů. Je určována fyzikálními, chemickými i biologickými faktory. Stanovuje se pro jednotlivé horizonty. Vypovídá o odolnosti půdních agregátů vůči srážkám. Má vliv na vodní a vzdušné poměry půdy. [2]

Agregáty se dle velikosti dělí na mikroagregáty do 0,25 mm a makroagregáty o průměru nad 0,25 mm. Dále rozlišujeme pseudoagregáty, které vznikají uměle, nejčastěji zhutněním. [2]

Půdní strukturu lze dělit pomocí stupně vývoje na strukturní, slabě strukturní a nestrukturní. Podle tvaru agregátů zatřídíme půdu do čtyř morfologických tříd a tím rozlišujeme hrudkovou, kostkovitou, sloupkovitou a lístkovitou strukturu. [2]

Struktura půdy výrazně ovlivňuje hydrologické vlastnosti půdy a tím i její úrodnost. Dále má vliv na infiltraci, provzdušenost, rychlejší prohřívání, snadnější obdělávání a míru náchylnosti k půdní erozi.

Přibližný strukturní stav je možné odhadnout pomocí objemové hmotnosti a pórovitosti. Půdní struktura se může neustále měnit, protože je ovlivňována množstvím srážek a technologií zpracování půdy. Její stav lze vylepšit například zvýšením obsahu humusu v půdě. V laboratoři se k popisu půdní struktury používá zkouška vodostálosti.

2.1.1.1 VODOSTÁLOST

Zkouška vodostálosti podle Andrianova probíhá následovně: Půdní vzorek necháme vyschnout na vzduchu. Pomocí sady sít oddělíme agregáty velikosti 3 až 5 mm. Do misky s plochým dnem umístíme skleněnou desku, na kterou položíme filtrační papír s 50 čtverečky o stranách 1x1 cm. Rozmístíme agregáty do čtverečků. Do misky nalijeme destilovanou vodu tak, aby se nasýtil filtrační papír. Tím dojde ke kapilárnímu nasycení agregátů. Poté agregáty přelijeme vodou přibližně do výšky 1 cm. Do předpřipravené tabulky zapisujeme počet rozplavených agregátů v intervalu po 1 minutě. Po uplynutí deseti minut zapíšeme počet polorozpadlých agregátů. [1]

Výpočet vodostálosti probíhá podle vzorce:

$$V = \frac{\Sigma(n_i * k_i)}{\Sigma \text{ agregátů}} [\%], \quad (2.1)$$

kde

V ... vodostálost [%],

$\Sigma(n_i * k_i)$... suma součinů počtu agregátů a koeficientu vodostálosti [-],

Σ agregátů ... celkový počet zkoumaných agregátů, zde Σ agregátů = 50 [-].



Obrázek 2.1 - Zkouška vodostálosti



Obrázek 2.2 - Zkouška vodostálosti – detail

Další metodou pro stanovení stability agregátů je měření přístrojem pro mokré prosévání. Tato zkouška je přesnější. Realizuje se automaticky na osmi sítích vložených do zmíněného přístroje. Ty jsou střídavě ponořovány a vytahovány z vody v předem nastavených časových intervalech. Rozpadlé agregáty se oddělují a propadávají do nádoby pod síty.

2.1.2 TEXTURA (ZRNITOST)

Textura je definována zrnitostí, což je významná fyzikální vlastnost, která vyjadřuje procentuální zastoupení částic určité velikosti v celém objemu půdy. Má zásadní vliv na další fyzikální, chemické i biologické vlastnosti půd. Významně ovlivňuje například vznik vodní či větrné eroze. Častější eroze je pozorována u půd s vysokým obsahem prachu a jílu. Jedním z důvodů je, že písčité půdy jsou těžší než půdy jílovité a prachové, což způsobuje jejich složitější přesun. Navíc jsou nasáklavější než zbylé dvě kategorie. Zrnitost dále determinuje rychlost vody v půdě při jejím nasycení. V jílovitých půdách dochází k daleko pomalejšímu pohybu vody než v půdách písčitých. Textura je dána genezí, z čehož vyplývá, že ji nelze ovlivnit. Jednoznačně vymezuje půdní druh (nikoliv typ).

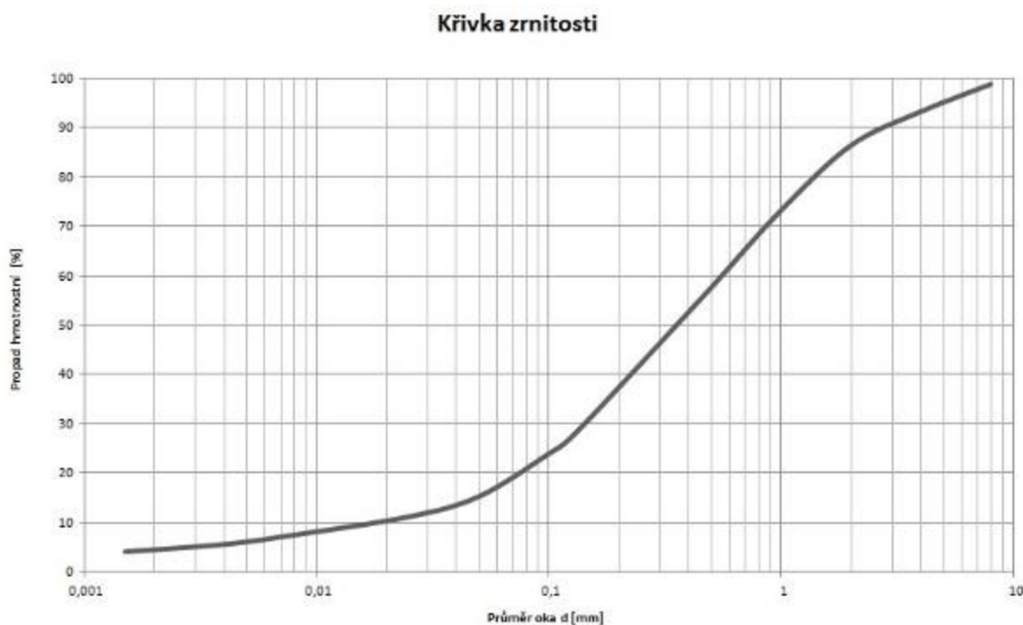
Existuje více druhů hodnocení zrnitosti. Rozlišujeme klasifikaci Novákovu, Kopeckého a Taxonomický systém půd ČR. Pro určování zrnitostních tříd podle Taxonomického klasifikačního systému půd ČR používáme od roku 2001 převzaté zrnitostní frakce podle Ministerstva zemědělství USA (USDA). V rámci Taxonomické klasifikace půd ČR určujeme zrnitostní třídu z trojúhelníkového diagramu (pomocí znalosti procent jílu, písku a prachu). Nejobecnější je Nováková klasifikace, která vychází z Kopeckého. Jednotlivé druhy klasifikace byly podrobně popsány v bakalářské práci s názvem Dopad netradičních technologií zpracování půdy na kvalitu půdy.

Zrnitost lze stanovit několika způsoby. Základní metodou zrnitostního rozboru je prosévání přes sadu sít s danými průměry ok. Tato metoda patří mezi nejjednodušší a používá se pro hrubé zeminy se zrnem větším než 0,06 mm. K následnému třídění texturních částic využíváme usazovací (sedimentační) nebo vyplavovací (elutriační) metodu. Při sedimentační metodě se sleduje usazování částic rozdílných rozměrů a jejich rychlost, kdežto u elutriační metody pozorujeme unášecí sílu proudu vody. Obě tyto metody jsou rozebrány v bakalářské práci. [3]

Ke stanovení zrnitostního rozboru dále používáme hustoměrnou metodu dle A. Casagrandeho, která patří k sedimentačním metodám. Funguje na principu neopakované sedimentace, při které dochází ke snižování hustoty suspenze, což se projeví poklesem speciálního hustoměru o rozsahu 0,995 – 1,030. Součástí hustoměrné metody je také mechanická či chemická preparace vzorku, která slouží k oddělení půdních agregátů

na jednotlivá zrna a zamezení tvorbě koagulačních vloček v průběhu zrnitostního rozboru. Před samotným zrnitostním rozбором je tedy potřebné nechat jemnozeme na 24 hodin máčet v destilované vodě, poté 60 minut protřepávat na horizontální třepačce (440 rázů/min) a následně znovu nechat na 24 hodin odpočinout v misce. Poté suspenzi přelijeme do sedimentačního válce a doplníme ji destilovanou vodou (objem 1000 cm³) a dispergačním činidlem (1 ml činidla/1 g jemnozeme). Suspenzi před počátkem sedimentace mícháme po dobu jedné minuty. V okamžiku vyjmutí míchadla začíná měření. Do suspenze vložíme hustoměr, na kterém po jeho ustálení (nesmí se houpat a otáčet) odečteme na horním menisku hodnotu hustoty. Následně provedeme opravu nulového čtení a úpravu meniskové korekce. Odečet hustoty provádíme v časových intervalech: 30', 1', 2', 5', 15', 45', 2, 5 a 24 hodin. Po každém vyjmutí hustoměru ze sedimentačního válce je potřeba jej důkladně opláchnout. Při hustoměrné zkoušce také měříme teplotu suspenze po 15' a posléze při každém čtení s přesností $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Podle naměřených teplot určíme teplotní korekci z nomogramu. V současné době však nomogramy nepožíváme a naměřené hodnoty zpracováváme v programu Microsoft Excel, v němž Ing. Rudolf Milerski, CSc. vytvořil jednoduchý program pro výpočet jednotlivých frakcí, což umožňuje vykreslit křivku zrnitosti.

Výsledkem těchto zkoušek je tedy křivka zrnitosti s průměrem zrn (v logaritmickeém měřítku) na ose x a procentuálním podílem propadů jednotlivých frakcí na ose y. Frakce z křivky zrnitosti odečítáme v závislosti na použitém klasifikačním systému.



Obrázek 2.3 - Křivka zrnitosti [14]

2.1.3 ZDÁNLIVÁ HUSTOTA PŮDNÍCH ČÁSTIC

Tato veličina udává poměr pevných částic k jejich objemu. Podává informaci o zastoupení organického podílu v zemině. Jedná se o uměle vytvořený stav bez pórů, který lze v laboratoři zjistit pomocí pyknometru.

Před samotným určováním objemu je potřeba zeminu vysušit při 105 °C. Následně vzorek zvážíme a určíme objem vytlačené kapaliny. Nejpoužívanější metodou stanovení měrné hmotnosti zemin je stanovení pomocí vodních pyknometrů, které probíhá následovně: vzorek jemnozeme o hmotnosti 10 g nasypeme do misky, zalijeme destilovanou vodou a vaříme po dobu 3 – 10 minut. Suspenzi promícháváme skleněnou tyčinkou. Při vaření se ze vzorku vypudí vzduch a odpařenou vodu postupně doplňujeme. Pyknometr naplníme převařenou destilovanou vodou až po hrdlo a temperujeme ve vodní lázni na teplotu 20°C. Poté přilijeme převařenou destilovanou vodu (20°C) a uzavřeme jej zátkou. Pyknometr vyjmeme z vodní lázně, osušíme jej a provedeme kontrolu vzduchu v systému. Poté pyknometr zvážíme. Destilovanou vodu následně z pyknometru vylijeme a místo ní do pyknometru beze zbytku vlijeme zchlazenou suspenzi. Zbytek objemu pyknometru dolijeme převařenou destilovanou vodou a necháme jej temperovat na 20°C. Zátku necháme volně zapadnout, pyknometr osušíme a zvážíme. Poté určíme objem naváženého vzorku a zdánlivou hustotu vypočítáme podle rovnic 2.2 a 2.3. [3]

$$V_v = P_V + N_S - P_S [cm^{-3}], \quad (2.2)$$

$$\rho_s = \frac{N_S}{V_v} = \frac{N_S}{P_V + N_S - P_S} [g \cdot cm^{-3}], \quad (2.3)$$

kde:

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

P_S ... hmotnost pyknometru se suspenzí [g],

N_S ... navážka zeminy na vzduchu vyschlá a přepočtená na sušinu (použije-li se rozmělněná zemina z vysušeného válečku, přepočet se neprovádí) [g]. [3]

Zkoušku provádíme vždy 2x, u výsledků je požadovaná shoda 0,02 g.cm⁻³.

2.1.4 ROZBOR NEPORUŠENÉHO PŮDNÍHO VZORKU A VYBRANÉ FYZIKÁLNÍ VELIČINY

Neporušený půdní vzorek reprezentuje půdu v jejím autentickém uložení, proto jeho rozbor podává informaci o skutečném stavu půdního horizontu. Z rozboru neporušeného půdního vzorku jsme schopni zjistit základní fyzikální veličiny charakterizující vodní a vzdušný režim půdy, především objemovou hmotnost, pórovitost, momentální vlhkost a provzdušenost půdy.

Při odběru neporušeného půdního vzorku se snažíme získat půdu v nezměněném stavu, proto se řídíme podle předem stanovených pravidel a snažíme se zamezit promíchání vzorků. Odběr se realizuje z čela sondy ze středu jednotlivých horizontů, a to zespona nahoru. Do námi vytvořené rovné plošky tlačíme váleček. Váleček je dostatečně hluboko, pokud je kolem něj přibližně 1 cm převýšení zeminy. Přebytky zeminy jemně odkrojíme nožem. K samotnému odběru používáme Kopeckého válečky o objemu 100 cm³, které je předtím v laboratoři potřeba zvážit.



Obrázek 2.4 - Odběr neporušeného půdního vzorku



Obrázek 2.5 - Příprava neporušeného půdního vzorku

Následně v laboratoři pomocí váhy zjistíme hmotnost zeminy s původní okamžitou vlhkostí G_A a zapíšeme si ji. Poté vzorek nasytíme pomocí destilované vody, přičemž se snažíme zabránit výparu. Kapilárně nasycený vzorek zvážíme a dostaneme hmotnost G_B . Postavíme jej na filtrační papír a z vrchní strany překryjeme hodinovým sklem, abychom zabránili výparu. Po prvních 30 minutách změříme hmotnost G_C , po 90 minutách hmotnost G_D a po 22 hodinách hmotnost G_E . Vzorek zeminy poté necháme vysušit do konstantní hmotnosti při teplotě 105 °C. Po vychladnutí v exsikátoru jej zvážíme a tím získáme hmotnost G_F . Z této hodnoty, odečtením hmotnosti válečku a hmotnosti hodinového skla, získáme hmotnost sušiny. V následující tabulce je ukázka výpočtu hodnot některých fyzikálních vlastností půdy z výše popsaných hmotností.

Tabulka 2.1 - Formulář pro záznam stanovených hmotností [3]

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_{MCK}	$(G_D - G_F)$	% 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_{MCKvz}	$P - \theta_{MCK}$	% obj.
Retenční vzdušná kapacita	K_{RVKvz}	$P - \theta_{RVK}$	% obj.

kde:

G_A ... hmotnost zeminy s původní okamžitou vlhkostí,

G_F ... hmotnost vysušené zeminy,

V_S ... objem Kopeckého válečku,

G_B ... vzorek kapilárně nasycený,

G_C ... vzorek po 30' odsávání,

G_D ... vzorek po 2 hodinách odsávání,

G_E ... vzorek po 24 hodinách odsávání,

G_H ... čistá hmotnost vzorku po vysušení při 105°C,

G_V ... hmotnost fyzikálního válečku,

G_S ... hmotnost hodinového skla,

N_S ... navážka pro stanovení zdánlivé hustoty částic,

P_V ... hmotnost pyknometru s vodou,

P_S ... hmotnost pyknometru se zeminou



Obrázek 2.6 – Připravené vzorky k vážení

2.1.4.1 OBJEMOVÁ HMOTNOST

Rozlišujeme objemovou hmotnost v přirozeném stavu tj. hmotnost 1 cm³ půdy včetně vody obsažené v půdě v okamžiku odběru vzorku a objemovou hmotnost redukovanou neboli hmotnost 1 cm³ půdy dokonale vysušené do konstantní hmotnosti při 105°C. Objemová hmotnost v přirozeném stavu závisí na okamžité vlhkosti a její výpočet je analogií výpočtu objemové hmotnosti redukované, počítá se tedy jako podíl hmotnosti zeminy a jejího objemu.

$$\rho_v = \frac{G_A}{V_S} [g \cdot cm^{-3}], \quad (2.4)$$

kde

ρ_v ... objemová hmotnost neredukovaná [g.cm⁻³],

G_A ... hmotnost vzorku s přirozenou vlhkostí [g],

V_S ... objem Kopeckého válečku [cm³].

Výpočet objemové hmotnosti redukované provádíme podle vzorce:

$$\rho_d = \frac{G_F}{V_S} [g \cdot cm^{-3}], \quad (2.5)$$

kde

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

G_F ... hmotnost vysušené zeminy [g],

V_S ... objem Kopeckého válečku [cm³].

Stanovení hodnoty objemové hmotnosti lze využít například při hodnocení strukturního stavu humusového horizontu, míry zhutnění či stupně nakypření půdy, viz následující tabulky 2.2, 2.3 a 2.4.

Tabulka 2.2 - Přibližné hodnocení strukturního stavu humusového horizontu podle objemové hmotnosti [4]

Strukturní stav humusového horizontu	Objemová hmotnost [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]
výborný	1,2
dobrý	1,2-1,4
nevyhovující	1,4-1,6
nestrukturní půda	1,6-1,8

Tabulka 2.3 - Kategorie nakypřenosti podle objemové hmotnosti [4]

Svrchní vrstva půdy		Podorničí		Spodina	
objemová hm. ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	kategorie	objemová hm. ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	kategorie	objemová hm. ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	kategorie
< 0,95	čerstvě nakypřená	<1,2	velmi kypré	<1,35	velmi kyprá
0,95 – 1,15	kyprá	1,2 – 1,35	slabě ulehlé	1,35 – 1,5	ulehlá
1,15 – 1,25	slabě ulehlá	1,35 – 1,45	ulehlé	> 1,5	silně ulehlá
>1,25	silně ulehlá	>1,45	silně ulehlé		

Objemová hmotnost také souvisí s růstem kořenů rostlin. Proto zde uvádíme tabulku přibližných limitů hodnot objemové hmotnosti v závislosti na půdním druhu (podle USDA) dle Arshada.

Tabulka 2.4 - Přibližné limity hodnot objemové hmotnosti, které v závislosti na půdním druhu (kategorie USDA) omezují růst kořenů rostlin. Arshad et al. (1996) [9]

půdní druh (textura)	minimální hodnota objemové hmotnosti pro omezení růstu kořenů (g/cm^3)
písčítá, hlinitopísčítá	1.80
velmi jemné písky a hlinité písky	1.77
písčitohlinitá	1.75
hlinitá, hlinitojílovitopísčítá	1.70
jílovitohlinitá	1.65
jílovitopísčítá	1.60
prachovitá, prachovitohlinitá	1.55
prachovitojílovitohlinitá	1.50
prachovitojílovitá	1.45
jíl	1.40

Hodnota objemové hmotnosti se v průběhu roku mění vlivem bobtnání či smršťování půdy, které může být zapříčiněno mimo jiné počasím nebo způsobem obhospodařování půdy. Objemová hmotnost zpravidla roste s vyšší hloubkou odběru.

2.1.4.2 PÓROVITOST

Celková pórovitost vyjadřuje procentuální zastoupení pórů v celkovém objemu zeminy v přirozeném uložení. Půdní póry jsou volné prostory, které nejsou vyplněny žádnými pevnými částicemi a slouží k proudění vzduchu a vody v půdě. Probíhají v nich fyzikální, chemické i biologické procesy. Mají různou velikost a tvar, dělí se na póry kapilární, semikapilární a nekapilární. Zvláštním druhem jsou póry druhotné, neboli preferenční cesty, vznikající vlivem rostlin a živočichů.

Kapilární póry P_K přibližně odpovídají hodnotě retenční vodní kapacity, protože v sobě proti směru gravitace zadržují vodu pomocí kapilárních sil. V ideálním případě tvoří asi 2/3 z celkové pórovitosti. Zbytek prostoru se dělí zhruba rovným dílem mezi semikapilární a nekapilární póry. Nedostatek kapilárních pórů negativně ovlivňuje množství zadržené vody a tím růst a vývoj rostlin. Při opačném extrému, tedy nadměrnému množství kapilárních pórů obvykle dojde ke snížení infiltrace, čímž se zvýší povrchový odtok. Semikapilární póry P_S tvoří mezistupeň mezi kapilárními a nekapilárními póry. Na vodu v nich působí síly gravitační i kapilární. Dochází v nich k postupnému ustálení hladiny podzemní vody. Podle počasí jsou vyplněny vodou či vzduchem. Dají se spočítat jako rozdíl objemové vlhkosti po 30 minutách odsávání a retenční vodní kapacity. Nekapilární póry P_N jsou dutiny, které bývají zpravidla vyplněny vzduchem. Voda z nich okamžitě gravitačně vytéká do větších hloubek půdy, čímž přispívají k nasycení kapilárních pórů a k dostatku vláhy pro rostliny.

Další způsob dělení pórů je podle velikosti na makropóry (hrubé nekapilární póry o průměru nad 50 μm) a mikropóry (malé kapilární póry o průměru menším než 50 μm). [13]

Celková pórovitost závisí na objemové hmotnosti a na hustotě, lze ji vypočítat pomocí vzorce:

$$P = \frac{\rho_z - \rho_d}{\rho_z} \cdot 100 [\%], \quad (2.6)$$

kde:

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

ρ_z ... měrná hmotnost půdy [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$].

Pokud dochází ke změnám celkového objemu půdy, například vlivem bobtnání či smršťování nebo nadměrným zatěžováním půdy, používáme výpočet pomocí poměrného čísla P a čísla pórovitosti e . Pak platí:

$$0 < P < 1, \quad (2.7)$$

a zároveň

$$P = \frac{e}{1 + e}, \quad (2.8)$$

kde:

P ... poměrné číslo [-],

e ... číslo pórovitosti [-].

Celková pórovitost dále závisí na půdním druhu, struktuře půdy, zrnitosti nebo způsobu zpracování půdy. Přímě úměrně roste se zvyšující se vlhkostí. Zastoupení pórů významně ovlivňuje vodní a vzdušný režim půdy, pohyb vody v půdě, transport látek nebo proces pedogeneze.

Podobně jako u objemové hmotnosti lze i z pórovitosti určit strukturní stav humusového horizontu a ulehlost svrchní či spodní vrstvy půdy, viz tabulky 2.5 a 2.6.

Tabulka 2.5 - Hodnocení strukturního stavu humusového horizontu podle pórovitosti [4]

Strukturní stav humusového horizontu	Pórovitost (%)
výborný	> 54
dobrý	46 – 54
nevyhovující	39 – 46
nestrukturní půda	31 – 39

Hodnota celkové pórovitosti je významná pro určení kyprosti či ulehlosti půdy, viz tabulka 2.6. Čím je půda pórovitější, tím klesá její ulehlost.

Tabulka 2.6 - Klasifikace půdy dle pórovitosti podle Breffelda [4]

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

Tabulka 2.7 uvádí kritické hodnoty pórovitosti podle Lhotského v závislosti na půdním druhu. Takové hodnoty jsou většinou způsobeny velkým ztuhnutím ornice, případně podorničí, což má za následek například zhoršení infiltrace a následné zvýšení povrchového odtoku vody. K tomu dochází nejčastěji v důsledku pojezdu těžké zemědělské techniky.

Tabulka 2.7 - Kritické hodnoty pórovitosti podle Lhotského [3]

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

2.1.4.3 MOMENTÁLNÍ VLHKOST

Momentální vlhkost θ_{mom} je vodní charakteristika představující okamžitý objem vody ve vzorku půdy v době odběru neporušeného půdního vzorku a vyjadřuje se v objemových případně hmotnostních procentech. Podává informaci o zastoupení kapalně fáze v půdě. Její hodnota se celoročně mění v závislosti na průběhu srážek, výparu, teplotě, vláhové potřebě rostlin a hladině podzemní vody. Dále je ovlivněna hodnotami objemové hmotnosti a objemu vzduchu v půdě. Podle hodnot momentální vlhkosti jsme schopni zhodnotit infiltrační schopnost půdy.

2.1.4.4 PROVZDUŠENOST PŮDY

Provzdušenost půdy V_z vyjadřuje poměr objemu vzduchu ve vzorku půdy k jeho celkovému objemu v době odběru neporušeného půdního vzorku. Jedná se tedy o momentální obsah vzduchu v půdě. Její hodnota se mění v závislosti na vlhkosti půdy. Je možné ji vypočítat jako rozdíl hodnot celkové pórovitosti a momentální vlhkosti.

$$V_z = P - \theta_{mom} = \frac{V_A}{V_S} [\% \text{ obj.}], \quad (2.9)$$

kde:

P ... pórovitost [% obj.],

θ_{mom} ... momentální vlhkost [% obj.],

V_A ... objem vzduchu ve vzorku [cm^3],

V_S ... objem celého vzorku [cm^3].

Hodnota provzdušenosti je významně ovlivněna vlhkostí. Optimální hodnota provzdušenosti pro pole se pohybuje v rozmezí 18 až 24% obj. Pokud pórovitost klesne pod 10 % obj., v půdě přestává probíhat výměna vzduchu, a tím dojde k anaerobním procesům. Při nadměrné pórovitosti naopak dochází k přemnožení aerobních mikroorganismů a tím k mineralizaci humusu. Půdy s vysokou provzdušeností jsou náchylné k rychlejší ztrátě vláhy, tedy k vysychání.

2.1.5 NASYCENÁ HYDRAULICKÁ VODIVOST

Nasyčená hydraulická vodivost je charakterizována koeficientem nasycené hydraulické vodivosti K_S a udává se v jednotkách $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$. Popisuje chování, především rychlost vody při prostupu přes půdní prostředí.

Hodnota koeficientu nasycené hydraulické vodivosti závisí na půdním druhu a na některých fyzikálních a chemických vlastnostech půdy, například na textuře nebo struktuře půdy. U písčitéch půd je zpravidla vyšší než 10 cm/den, u jílu bývá vyšší než 0,1 cm/den a u rašelinných půd závisí na stupni rašeliny. [2]

Hodnotu nasycené hydraulické vodivosti lze stanovit přímo v laboratoři či terénu nebo nepřímo odvozením z jiných pedologických vlastností. Nepřímé stanovení hydraulické vodivosti je spíše odhadem a jeho přesnost závisí na více faktorech. [2]

Pro laboratorní metody stanovení hydraulické vodivosti jsou potřeba neporušené půdní vzorky v Kopeckého válečcích, které vložíme do permeamtru s konstantním nebo proměnným hydraulickým sklonem. Při měření v permeamtru sledujeme pokles horní hladiny, přičemž dolní hladina zůstává konstantní. Pro následný výpočet využijeme Darcyho vztah:

$$v = K_S \frac{\Delta h}{L} = K_S I_h \text{ [m.s}^{-1}\text{]}, \quad (2.10)$$

kde

K_S ... nasycená hydraulická vodivost [m.s⁻¹],

Δh ... rozdíl hladin před vtokem a po výtoku z půdy [m],

I_h ... hydraulický sklon. [2]

Při použití permeamtru s proměnným hydraulickým sklonem platí následující upravená rovnice:

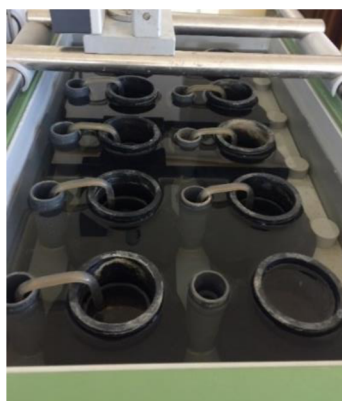
$$K_S = \frac{L}{t} \ln \frac{h_1}{h_2} \text{ [m. s}^{-1}\text{]}, \quad (2.11)$$

kde

h_1 ... úroveň v čase $t = 0$,

h_2 ... úroveň v čase t ,

L ... délka vzorku. [2]



Obrázek 2.7 - Permeametr s konstantním spádem - detail



Obrázek 2.8 - Permeametr s konstantním spádem

V terénu se nasycená hydraulická vodivost stanovuje pomocí čerpacího pokusu, při kterém měříme množství čerpané vody ze studny a pozorujeme snížení hladiny v sondách. Prochází-li hladina podzemní vody měřeným půdním profilem, můžeme použít jednosondovou metodu, při které stanovujeme hydraulickou vodivost výpočtem z naměřených hodnot rychlosti zaplňování sondy filtračním přítokem stěnami a dnem po předchozím odčerpání určitého objemu vody ze sondy. [2]

Následuje výpočet hydraulické vodivosti pomocí vzorců:

$$K_S = C \frac{dy}{dt} \text{ [m.s}^{-1}\text{]}, \quad (2.12)$$

$$C = \frac{4000r}{\left(\frac{H}{r} + 20\right) \left(\frac{2-y}{H}\right) y} \text{ [-]}, \quad (2.13)$$

$$C = \frac{3600r}{\left(\frac{H}{r} + 10\right) \left(\frac{2-y}{H}\right) y} \text{ [-]}, \quad (2.14)$$

kde

C ...bezrozměrný tvarový součinitel (závisí na poloměru sondy, na hloubce a na hloubce hladiny podzemní vody), pro $S = 0$ druhá varianta [-],

H ...hloubka vody v sondě při ustálené hladině [cm],

r ...poloměr sondy [cm],

S ...vzdálenost nepropustného podloží ode dna sondy [cm]. [2]

Další terénní metodou je metoda piezometrická, která má obdobný princip jako jednosondová s tím rozdílem, že voda proudí do sondy pouze dnem, protože sonda je zapažena. [2]

Pokud se hladina podzemní vody nachází ve vyšší hloubce, používáme Guelphský permeametr, který funguje na principu Mariottovy láhve. [2]

2.1.6 INFILTRACE

Infiltrační schopnost půdy patří mezi elementární hydrologické procesy. Jedná se o vsak neboli průtok vody do půdy. Zpravidla měříme rychlost infiltrace v (infiltrační schopnost, infiltrační kapacita) a celkové množství zasáknuté vody I (kumulativní infiltraci). V praxi rozlišujeme stacionární infiltraci s konstantní rychlostí a nestacionární infiltraci s Dirichletovou či Neumannovou okrajovou podmínkou. [2]

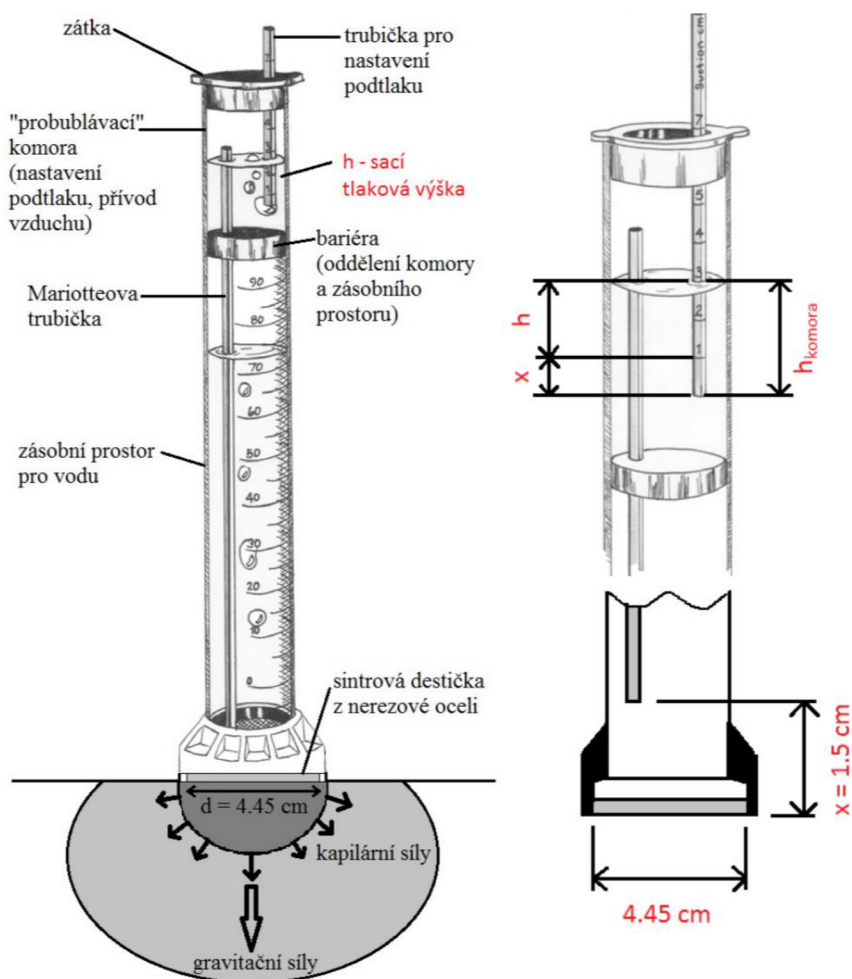
Infiltrace je ovlivňována celou řadou vnějších vlivů i pedologických vlastností, například půdní strukturou, množstvím kapilárních pórů, ulehlostí a zhutněním.

Infiltraci je možno stanovit laboratorními metodami nebo přímo v terénu. V terénu se infiltrace stanovuje pomocí průběhu nasycené hydraulické vodivosti K_s nebo nenasyčené hydraulické vodivosti $K(h)$. Nasycená hydraulická vodivost se v terénu měří z povrchu výtopy nebo z přirozeného/umělého deště. Hodnota nasycené hydraulické vodivosti bývá obvykle ovlivněna existencí sítě preferenčních cest, které vznikají činností žízální nebo jako trhliny. Vliv takto vzniklého preferenčního proudění lze vyloučit pomocí podtlakového diskového infiltrometru. Měření infiltrace výtopou se provádí jednoválcovou nebo dvouválcovou metodou, používají se různé druhy infiltrometrů, nejčastěji dvouválcový, tlakový nebo kruhový. Přesnější metodou je stanovení infiltrace pomocí simulátoru deště. [3]

Při použití dvouválcového infiltrometru měříme schopnost infiltrace na povrchu půdy. Před začátkem pokusu je potřeba změřit průměr vnitřního i vnějšího válce na 8 místech a spočítat jeho průměrnou hodnotu a plochu. Dále odebereme vzorek zeminy v okolí válce pro určení hodnoty momentální vlhkosti. Vnitřní válec postavíme na rovnou čistou a nenarušenou plošku. Oba válce postupně zatlačíme dřevěným trátkem a palicí do země do hloubky 10 cm. Nastavíme hroty pro kontrolu hladiny

a nasadíme ochrannou děrovanou desku proti rozplavení povrchu. Vnější válec slouží k zajištění vertikálního pohybu vsakované vody a infiltraci měříme na vnitřním válci. Je důležité, aby v obou válcích zůstala po celou dobu pokusu stejná výška hladiny a aby se zamezilo vzniku přetlaku. Změřené hodnoty zapisujeme do připraveného formuláře a výsledky analyticky i graficky vyhodnotíme. K vyhodnocení terénního měření infiltrace používáme rovnice Košťakova, Mezenceva, Philipa a tříparametrickou rovnici Philipova typu. [3]

Dalším typem je minidiskový infiltrometr s nastavitelným sáním, kterým se měří hydraulická vodivost, neboli kolik vody se za den vsákne do půdy díky gravitaci. Minidiskový infiltrometr je na obrázcích 2.9. a 2.10. Jeho výhodou je relativně malá spotřeba vody oproti jiným metodám a nenáročnost měření, které může provádět jeden člověk.



Obrázek 2.9 - Podtlakový minidiskový infiltrometr Decagon [11]



Obrázek 2.10 - Minidiskový infiltrometr

Sací trubici naplníme vodou a po naplnění vrchní komory zasuneme sací trubici směrem dolů. Obrátíme infiltrometr, odstraníme spodní elastomer a naplníme zásobník vodou. Poté dáme elastomer zpět tam, kde byl. Úroveň sání nastavíme posunutím kontrolní trubky sání podle typu půdy (výrobce doporučuje hodnotu sání -2 cm) a vyrovnáme hladinu vody s požadovanou mírou sání. Zapišeme si počáteční objem vody a položíme minidiskový infiltrometr na rovný povrch půdy bez zbytků rostlin a bez prasklin. Postupně pomocí stopek odečítáme ve zvoleném časovém intervalu ze stupnice objem vody v *ml*. Výrobce dodává jednoduchý program v tabulkovém procesoru Microsoft Excel k tabulkovému a grafickému vyhodnocení výsledků změřené infiltrace. Výsledné hodnoty průběhu kumulativní infiltrace proložíme křivkou (spojnicí trendu) se zobrazením rovnice. Z rovnice křivky dostaneme parametr související s hydraulickou vodivostí půdy a podělíme jej koeficientem *A*, získaným z tabulky, čímž stanovíme nenasycenou hydraulickou vodivost půdy *K*. Výpočet průniku vody do půdy lze realizovat podle několika metod. Mezi nejznámější a nejjednodušší patří Zhangova metoda [3]:

$$I = C_1 t + C_2 \sqrt{t} \text{ [m}^2\text{]}, \quad (2.15)$$

kde

C_1 ... parametr vztažený k hydraulické vodivosti půdy [ms^{-1}],

C_2 ... parametr vztažený k sorpci půdy [$\text{ms}^{-1/2}$],

I ... kumulativní infiltrace [m^2],

t ... čas [s]. [3]

Výsledná nenasyčená hydraulická vodivost se vypočítá z rovnice:

$$K = \frac{C_1}{A} [\text{ms}^{-1}], \quad (2.16)$$

kde

C_1 ... úhel sklonu křivky kumulativní infiltrace a druhé odmocniny času,

A ... hodnota vztahující van Genuchtenovy parametry (van Genuchten, 1980) pro daný půdní druh k nastavené hodnotě tenze a poloměru disku infiltrometru; hodnota A se získá z tabulky 2.8 nebo vypočítá podle rovnic s použitím van Genuchtenových parametrů. [3]

Tabulka 2.8 – van Genuchtenovy parametry pro 12 tříd texturních půd, hodnoty A pro poloměr disku 2,2 cm a hodnoty sání od -0,5 do -6 cm [3]

Texture	α	n	h_e							
			-0.5	-1.0	-2.0	-3.0	-4.0	-5.0	-6.0	
sand	0.145	2.68	2.9	2.5	1.8	1.3	0.9	0.7	0.5	
loamy sand	0.124	2.28	3.0	2.8	2.5	2.2	1.9	1.6	1.4	
sandy loam	0.075	1.89	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.1	
loam	0.036	1.56	5.6	5.8	6.4	7.0	7.7	8.4	9.2	
silt	0.016	1.37	8.1	8.3	8.9	9.5	10.1	10.8	11.5	
silt loam	0.020	1.41	7.2	7.5	8.1	8.7	9.4	10.1	10.9	
sandy clay loam	0.059	1.48	3.3	3.6	4.3	5.2	6.3	7.6	9.1	
clay loam	0.019	1.31	6.0	6.2	6.8	7.4	8.0	8.7	9.5	
silty clay loam	0.010	1.23	8.1	8.3	8.7	9.1	9.6	10.1	10.6	
sandy clay	0.027	1.23	3.4	3.6	4.2	4.8	5.5	6.3	7.2	
silty clay	0.005	1.09	6.2	6.3	6.5	6.7	6.9	7.1	7.3	
clay	0.008	1.09	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8	5.1	5.3	

2.1.7 BARVA

K dalším půdním charakteristikám můžeme zařadit také barvu. Ta bývá ovlivněna obsahem organické hmoty, přítomností minerálů v půdě a oxidačně

redukčními podmínkami. Kromě barvy je určující i její odstín a sytost. Posuzujeme ji na standardizované Munsellově barevné škále. Hodnocení barevnosti můžeme využít pro odhad obsahu organické hmoty v půdě základní taxonomii. [9]

2.2 VYBRANÉ CHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮDY

2.2.1 pH/H₂O

Půdní reakce neboli číslo *pH* patří mezi základní chemické charakteristiky půdy a je definována jako reakce půdního roztoku. Je vyjádřena záporným logaritmem koncentrace vodíkových iontů a je bezrozměrná. Vzniká aktivitou volných iontů vodíku a hydroxidu. V praxi se půdní reakce dělí na aktivní (*pH* půdního roztoku, které je stanoveno z vodního výluhu) a výměnnou (z výluhu neutrálních solí *KCl*, *CaCl₂*). V našem případě bylo posuzováno aktivní *pH*, tedy *pH/H₂O*.

Kyselost či zásaditost je ovlivněna nejen antropogenně, tedy činností člověka, ale také přirozeným působením prostředí. Z přirozených vlivů prostředí je to například přítomnost organické hmoty v půdě. Kyselá půdní reakce vzniká hnojením kyselými hnojivy, vlivem kyselých dešťů, nitrifikací a intenzivní biologickou činností půdy. K alkalizaci půd dochází v důsledku aplikace hnojiv s obsahem sodíku, případně přirozeným výskytem uhličitanu vápenatého.

Hodnota *pH* je ukazatelem stavu půdy a významně ovlivňuje další fyzikální, chemické i biologické vlastnosti půdy jako je přítomnost půdních mikroorganismů nebo příjem živin. Půdní reakce má zásadní vliv na úrodnost půdy. V kyselých půdách dochází ke vzniku plísni a poklesu úrodnosti. Pro snížení kyselosti půdy je zpravidla využíváno vápnění. Nadměrná alkalita půdy naopak způsobuje omezení příjmu některých důležitých živin a má vliv na peptizaci půdních koloidů (přeměna agregátů na koloidní disperzi).

Půdní reakci *pH/H₂O* stanovíme pomocí elektrody. Připravíme si kádinku o objemu 50 ml a vsypeme do ní 10 g jemnozeme. Do kádinky s jemnozemí přilijeme 25 ml destilované vody, kterou předtím převaříme a necháme vychladnout. Považením vzorek zbavíme CO₂. Takto připravený vzorek promícháváme pomocí třepačky po dobu 1 hodiny nebo jej necháme na 24 hodin odstát. Poté změříme hodnotu *pH*.



Obrázek 2.11 - Vzorky na třepačce

Obrázek 2.12 - Stanovení pH

Kyselý roztok má hodnotu pH menší než 7, zásaditý naopak vyšší než 7. Většině rostlin prospívá mírně kyselá pH . Při číslu pH menším než 5 nastává zásadní pokles úrodnosti půdy. V případě velmi silně kyselého pH ztrácí většina rostlin schopnost růstu.

Tabulka 2.9 - Hodnocení pH [15]

pH/KCl	pH/H_2O	typ reakce
více než 7,0	více než 7,2	mírně alkalická
6,1-7,0	6,6-7,2	neutrální
5,1-6,0	5,6-6,5	mírně kyselá
4,1-5,0	4,5-5,5	středně kyselá
3,0-4,0	3,5-4,4	silně kyselá
méně než 3,0	méně než 3,5	velmi silně kyselá

Optimální hodnoty pH jsou rozdílné pro různé půdní druhy a způsoby využívání půdy viz tabulka 2.10.

Tabulka 2.10 - Optimální *pH* [1]

Půdní druh	Orná půda		Trvalý travní porost	
	optimální <i>pH</i>	žádoucí rozmezí <i>pH</i>	optimální <i>pH</i>	žádoucí rozmezí <i>pH</i>
písčítá půda	5,5	5,3 - 5,7	5,0	4,5 - 5,2
hlinitopísčítá půda	6,0	5,8 - 6,2	5,0	4,5 - 5,2
písčitohlinitá půda	6,5	6,3 - 6,7	5,2	4,8 - 5,5
hlinitá půda až jíl	7,0	6,7 - 7,5	5,5	5,3 - 6,0

2.2.2 STANOVENÍ OBSAHU UHLIČITANŮ V PŮDĚ

V půdě se uhličitany nachází převážně ve formě uhličitanu vápenatého $CaCO_3$, případně také jako uhličitán hořečnatý $MgCO_3$. Původ uhličitanu vápenatého v půdě je buď primární (neboli z mateční horniny) nebo sekundární (vlivem hnojení či vápnění). V případě sekundárního výskytu, tedy výskytu antropogenním vlivem, se nachází hlavně na povrchu půdy a jeho obsah se na rozdíl od primárního původu s hloubkou nezvyšuje.

Obsah uhličitánů v půdě má nezanedbatelný vliv na ostatní půdní vlastnosti jako je například úrodnost. Dále ovlivňuje pufrční (tlumící) schopnosti, čímž zabraňuje okyselení půdy, nebo nasycenost sorpčního komplexu. Příznivě působí na rozklad látek v půdě spojený s tvorbou humusu, tedy humifikaci.

Nedostatek uhličitánů v půdě se obvykle řeší vápněním, které se aplikuje při jejich obsahu nižším než 0,3 %.

Mezi základní způsoby stanovení obsahu uhličitánů v půdě patří zkoušky kvalitativní a kvantitativní.

Orientační neboli kvalitativní zkoušku provádíme na hodinovém sklíčku, na které vysypeme menší množství vzorku a přilijeme trochu desetiprocentního roztoku HCl . Vlivem kyseliny chlorovodíkové dojde k rozkladu uhličitánů a uvolnění oxidu uhličitého z půdy. Obsah uhličitánů v půdě subjektivně odhadneme dle intenzity šumění a vyhodnotíme jej pomocí tabulky 2.11.

Tabulka 2.11 - Hodnocení uhličitánů v půdě [1]

Vývin plynů	% uhličitánů
šumění slabé, sotva znatelné	< 0,3
šumění slabé	0,3 - 1,0
šumění výrazné	1,0 - 5,0
šumění bouřlivé	> 5,0

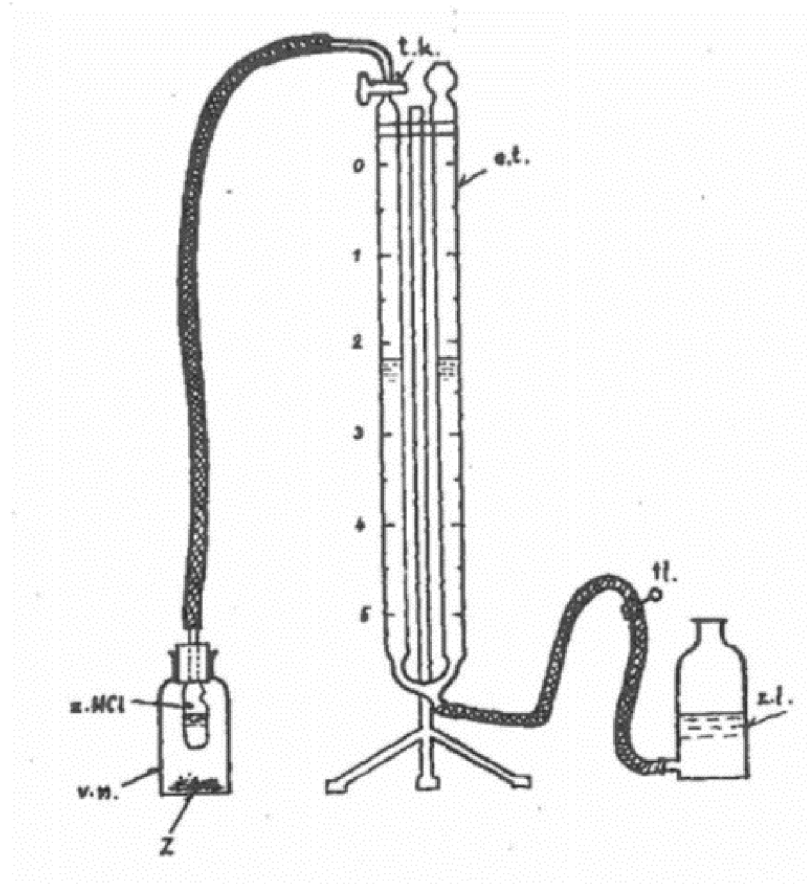
Kvantitativní zkouška je přesnější a provádí se na Jankově vápnoměru. Řadí se mezi volumetrické zkoušky, kdy se měří objem uvolněného oxidu uhličitého při rozkladu uhličitanu vápenatého kyselinou chlorovodíkovou. Zkouška probíhá tak, že nasypeme navážku zeminy (standardně 20 g) do rozkladné baňky a po rysku naplníme vyvíjecí nádobku 10% roztokem *HCl*. Zásobník uzavřeme. Poté pomalu nakláníme vyvíjecí nádobu a tím naléváme *HCl* na zeminu. Až vzorek přestane šumět, vyrovnáme hladiny v trubicích pomocí tlačky. Na stupnici Jankova vápnoměru přečteme výsledek, který můžeme zařadit podle tabulek 2.12 a 2.13. Pokud byla navážka menší, musíme výsledky vynásobit odpovídající hodnotou (u 10 g je to 2x). Podrobnější popis postupu byl uveden v bakalářské práci.

Tabulka 2.12 - Kritéria pro hodnocení obsahu uhličitánů v půdě dle vyhlášky č. 275/1998 Sb. ve a znění pozdějších předpisů [9].

% uhličitánů	hodnocení
0	žádný
0,1 - 0,5	nízký
0,6 - 3,0	střední
3,1 - 5,0	vysoký
> 5,0	velmi vysoký

Tabulka 2.13 - Hodnocení výsledků [1]

% uhličitánů	Označení zeminy
< 0,3	bezkarbonátová
0,3 - 3,0	slabě vápenitá
3,1- 25,0	vápenitá
25,1 - 60,0	slín (silně vápenitá)
> 60,0	vápencovitá



Obrázek 2.13 - Jankův vápnoměr [1]

(t.k.- trojcestný kohout, e.t. - eudiometrická trubice, v.n. – vyvíjecí nádoba, z. HCl – zásobník HCl, Z – zemina, z. l. – zásobní láhev, tl. – tlačka)

Dále lze obsah uhličitánů v půdě stanovit například barometricky, kdy sledujeme změnu tlaku vyvolanou produkcí oxidu uhličitého.

2.2.3 VODIVOST PŮDNÍHO VÝLUHU

Elektrická vodivost půdního výluhu neboli konduktivita je významná půdní charakteristika, která determinuje salinitu, tedy zasolení půdy. Jedná se především o obsah solí hořčíku, vápníku a sodíku. Rozlišujeme primární (přírozené) a sekundární (antropogenní) zatížení půd solemi. Přírozně zasolená půda se nachází zpravidla v aridních oblastech, poblíž moře nebo tam, kde dochází ke krystalizaci solí pocházejících z podzemní vody. K akumulaci solí v půdě vlivem člověka dochází v důsledku hnojení či zavlažování.

Stupeň zasolení půdy má vliv na fyzikální, chemické i biologické vlastnosti půdy. Vysoká salinita negativně ovlivňuje především úrodnost půdy a vede k její degradaci.

Problémy s vysokou akumulací rozpustných solí v půdě se v Evropě týkají především jižních oblastí, v České republice tento jev není příliš častý.

Voda s obsahem rozpustných solí vede elektrický proud. Při stanovení elektrické vodivosti tedy vycházíme z Ohmova zákona, přičemž elektrická vodivost je převrácenou hodnotou elektrického odporu. Jednotkou konduktivity je siemens, v praxi se však vyjadřuje častěji v milisiemensích nebo mikrosiemensích. Měrná vodivost se potom udává v jednotkách milisiemens na centimetr nebo mikrosiemens na centimetr.

Pro stanovení elektrické vodivosti vodního výluhu půdy je třeba si navážit 20 g jemnozeme, kterou nasypeme do kádinky o objemu 100 ml a zalijeme destilovanou vodou (50 ml). Vzorek zamícháme tyčinkou a poté necháme na 24 hodin odstát nebo jej hodinu intenzivně protřepáváme.

Následné měření probíhá pomocí elektrody a hodnotu elektrické vodivosti čteme na obrazovce konduktoměru. Pro stanovení měrné vodivosti je třeba zjištěnou vodivost přenásobit odporovou konstantou elektrody.



Obrázek 2.14 - Zjišťování vodivosti pomocí elektrody

Míru zatížení solemi obdržíme z hodnot měrné vodivosti, viz tabulka 2.14.

Tabulka 2.14 - Hodnocení salinity podle vodivosti [12]

vodivost (mS.cm ⁻¹)	půdy
do 0,70	nezasolené
0,71 - 1,20	středně zasolené
nad 1,20	zasolené

2.2.4 OBSAH HUMUSU V PŮDĚ

Humus je organická hmota, která vznikla procesem humifikace z odumřelých látek rostlinného a živočišného původu. Proces humifikace můžeme tedy charakterizovat jako mikrobiální rozklad a syntézu organických látek. Vlivem působení mikroorganismů v půdě dochází k jeho neustálé přeměně. Obsah a kvalita humusu v půdě patří mezi nejdůležitější pedologické parametry a jeho absence značí vysoký stupeň degradace půdy. Má zásadní vliv na úrodnost půdy a zvyšuje biologickou aktivitu. Půda bez obsahu humusu nedokáže zadržet vodu. Jeho kvalita se mimo jiné odvíjí od druhu jeho zdroje. Obsahem humusu se liší půda od horniny. Rozklad humusu v půdě trvá až stovky let.

Humus zpravidla obsahuje organickou hmotu přeměněnou humifikačním pochodem, produkty životní činnosti organismů a složky původní organické hmoty. [2]

Kvalita humusu podmiňuje odolnost půdy vůči zhutnění nebo acidifikaci. Posuzuje se především podle poměru obsahu huminových kyselin k fulvokyselinám. Čím vyšší je obsah huminových kyselin v půdě, tím větší je kvalita humusu. [6]

Humus dělíme na povrchový a pravý neboli vlastní. Dále rozlišujeme tmavé specifické a světlé nespecifické humusové látky. Nespecifické humusové látky jsou pro půdu zdrojem živin a energie. Specifické humusové látky tvoří vazby s minerálními koloidy a dále se třídí na humusové kyseliny, soli humusových kyselin, huminy a humusové uhlí. [2]

Ke ztrátám humusu v půdě dochází především mineralizací nebo smyvem. Vodní a větrná eroze významně přispívá k úbytku organické hmoty. Na dehumifikaci půdy se podílí i intenzivní zemědělské zpracování půdy. Zatravněné půdy obvykle obsahují více humusu než půdy, na nichž probíhá orba. Existuje několik způsobů zvýšení obsahu humusu v půdě (či jeho zachování) pomocí změny agrotechniky nebo osevniho postupu. K nejčastějším řešením patří hnojení kompostem a jinými statkovými hnojivy, pěstování meziplodin, správné střídání plodin, využití rašeliny nebo rybníčního bahna. U kyselých půd je možno využít vápnění, po kterém dochází ke koagulaci a tím k zamezení odnosu půdních částic. Ztráta humusu způsobuje okamžité snížení produkčních schopností půdy.

Stanovení obsahu humusu v půdě probíhá v terénu (odhadem) nebo v laboratoři zjištěním oxidovatelného organicky vázaného uhlíku za sucha nebo (v ČR častěji) za mokra.

Principem stanovení obsahu humusu v půdě mokrou cestou je oxidace organického uhlíku pomocí kyslíku ze sloučeniny dvojchromanu draselného $K_2Cr_2O_7$ v prostředí kyseliny sírové H_2SO_4 . Oxidovaný organický uhlík se stanoví z množství vyprodukovaného oxidu uhličitého nebo výpočtem ze spotřeby oxidačního činidla při titraci. Jendou z titračních metod je Metoda Walkley-Black v modifikaci Novák-Pelíšek, při níž je organický uhlík zoxidován chromsírovou směsí při působení teploty $120^\circ C$. Navážený vzorek (dle tabulky 2.15) jemnozeme II umístíme do Erlenmayerovy baňky o objemu 250 cm^3 a přidáme k němu 10 cm^3 dvojchromanu draselného a 10 cm^3 koncentrované kyseliny sírové. Směs opatrně promícháme tak, aby zemina nezůstala na stěně nádoby, a potom ji necháme na hodinu odležet. Poté směs zředíme destilovanou vodou o objemu 200 cm^3 a přidáme 6 cm^3 koncentrované kyseliny fosforečné a 5-7 kapek indikátoru o-fenantrolinu. Titrujeme pomocí $0,5M$ koncentrované kyseliny fosforečné. Sledujeme barevný přechod od lahvově zelené barvy po barvu hnědočervenou. Procento organického uhlíku vypočítáme podle rovnice 2.17. [1]

$$C_{org} = \frac{(10 - c \cdot B \cdot 0,5) \cdot 0,003 \cdot 100}{g} [\%], \quad (2.17)$$

kde

c ... koncentrace roztoku Mohrovy soli ($c = 0,5M$),

B ... spotřeba Mohrovy soli při zpětné titraci [cm^3],

g ... navážka vzorku zeminy [g]. [1]

Výslednou hodnotu procenta organického uhlíku je potřeba přepočítat na humus vynásobením koeficientem 1,724. Tento koeficient vychází z předpokladu, že v humusu se nachází 58 % uhlíku. [1]

Tabulka 2.15 - Vztah mezi obsahem humusu a navázkou vzorku [1]

Humus (%)	C _{org} (%)	Navážka (g)
menší než 1	menší než 0.58	1.00
1 až 2	0.60 až 1.20	1.00 až 0.50
2 až 4	1.20 až 2.30	0.50 až 0.20
4 až 7	2.30 až 4.10	0.20 až 0.15
7 až 10	4.10 až 5.80	0.15 až 0.10
10 až 15	5.80 až 8.70	0.10 až 0.05

Stanovení obsahu humusu v půdě suchou cestou probíhá pomocí žihání při teplotě 500° C s následným odečtením hygroskopické vody. Do předem vyžihaného kelímku nasypeme 5 g vzorku jemnozeme II a žiháme ho ve spalovací peci. Poté jej necháme vychladnout v exsikátoru a zvážíme. Obsah humusu v procentech odpovídá úbytku hmotnosti vzorku a dostaneme jej dosazením do vzorce 2.18. [5]

$$H = \frac{a}{b} \cdot 100 \text{ [% hm.]}, \quad (2.18)$$

kde

H... hmotnost zeminy v gramech po vyžihání, [% hm.],

a ... ztráta žiháním [g],

b... navážka na vzduchu vyschlé zeminy v gramech před žiháním [g]. [5]

Při hodnocení obsahu humusu v půdě se řídíme tabulkami 2.16 a 2.17. Obsah humusu ve svrchní vrstvě půdy podle půdního typu popisuje tabulka 2.18.

Tabulka 2.16 - Hodnocení obsahu humusu [9]

Obsah humusu v %	Zásoba humusu
< 0,5	extrémně nízká
0,5 - 1,0	velmi nízká
1,0 - 2,0	nízká
2,0 - 3,0	střední
3,0 - 5,0	dobrá
> 5,0	velmi dobrá

Tabulka 2.17 - Hodnocení obsahu humusu [4]

Půdy	Obsah humusu v půdách (% hmotn.)	
	lehkých	středních a těžkých
Bezhumózní	0	0
Slabě humózní	pod 1	pod 2
Středně humózní	1 - 2	2 - 5
Silně humózní	nad 2	nad 5

Tabulka 2.18 - Obsah humusu v ornících půd ČR [1]

Půdní představitel	Humus (%)
černozem	2,2 - 4,5
hnědozem	1,7 - 1,9
luvizem	1,5 - 3,6
pseudoglej	1,9 - 4,0
fluvizem	3,3 - 4,5
černice	3,8 - 5,3
glej	0,9 - 2,9
kambizem nižších poloh	1,7 - 4,3
kambizem vyšších poloh	3,4 - 8,6
podzol	3,4 - 15,5
regozem	2,1 - 3,4

2.3 VYBRANÉ BIOLOGICKÉ VLASTNOSTI PŮDY

2.3.1 MIKROBIÁLNÍ BIOMASA

Pojem biomasa obecně znamená veškerý materiál, ze kterého se skládají těla všech živých organismů. Její obsah v půdě je ovlivněn například technologií zpracování půdy nebo klimatickými poměry. Mikrobiální biomasa se významným způsobem podílí na utváření půdních poměrů a patří mezi základní indikátory zdraví a kvality půdy. Nejvyšší procento biomasy a největší biodiverzita se nachází ve svrchní vrstvě půdy a s hloubkou zpravidla klesá. Souvisejícími a nejjednodušeji změřitelnými charakteristikami jsou uhlík mikrobiální biomasy a dusík mikrobiální biomasy. Mezi nejčastější metody stanovení uhlíku mikrobiální biomasy patří fumigačně extrakční metoda za použití chloroformu.

2.3.2 RESPIRACE

Půdní respirace neboli dýchání patří mezi základní procesy půdních mikroorganismů. Dochází při něm k produkci oxidu uhličitého a spotřebě kyslíku. Respirační aktivita podmiňuje úrodnost půdy. Rozlišujeme bazální (produkce CO_2) a potenciální respiraci (s přidavkem substrátu). Respirační aktivita se stanovuje pomocí respirometrického testu, který je založen na měření produkce oxidu uhličitého. Množství uvolněného oxidu uhličitého se měří v inkubovaném vzorku půdy. Výsledkem je posouzení mineralizační schopnosti půdy. [6]

2.3.3 OBSAH DUSÍKU V PŮDĚ

V půdě se nachází především organický dusík (např. z metabolismu půdních mikroorganismů) a v menší míře minerální dusík, jehož množství v půdě v průběhu roku značně kolísá. Obsah minerálního dusíku v půdě závisí na činnosti mikroorganismů, klimatických podmínkách a intenzitě a způsobu hnojení. Vzorky půdy pro stanovení obsahu minerálního dusíku v půdě by se měly odebírat v závislosti na termínech hnojení. [5]

2.3.4 ZAPLEVENÍ

Rozlišujeme aktuální (množství rostlin ve všech fázích růstu) a potenciální zaplevelení (kvantum rozmnožovacích orgánů plevelů v půdě). Pod kvantifikaci plevelů spadají tyto činnosti: zjišťování semen plevelů v ornici, prohlídka porostů v odlišných fázích růstu a následné vyhodnocování plevelného spektra. [17]

Přítomnost plevelů může vést ke snížení výnosové schopnosti plodin, dochází k ochuzování plodin o živiny, vodu, světlo a prostor k jejich růstu a vývoji. Specifické druhy plevelů zpřičinují zpomalení nebo zastavení růstu jiných plodin. Mezi takové plevele patří například pýr plazivý nebo trnovník akát. [16]

K regulaci plevelů používáme mechanické, chemické a biologické prostředky.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

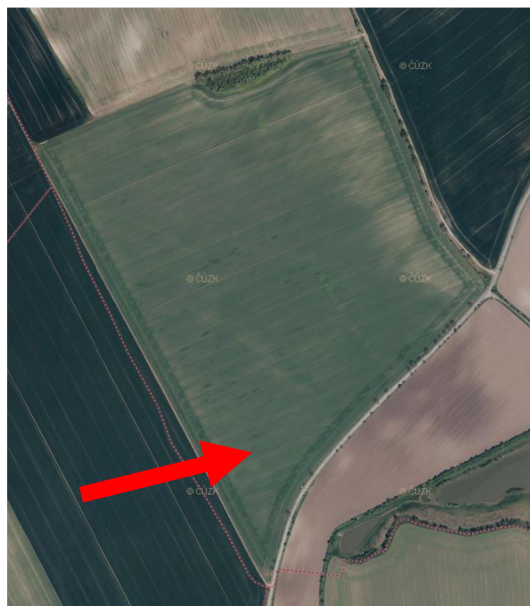
3.1.1 VYMEZENÍ A POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Experimentální plocha leží poblíž obce Bohaté Málkovice v okrese Vyškov v Jihomoravském kraji. Zkoumaný pozemek má plochu 55,37 ha. V roce 2015 zde byl zaset mák setý, v letech 2016 až 2017 ječmen jarní a v roce 2018 slunečnice.

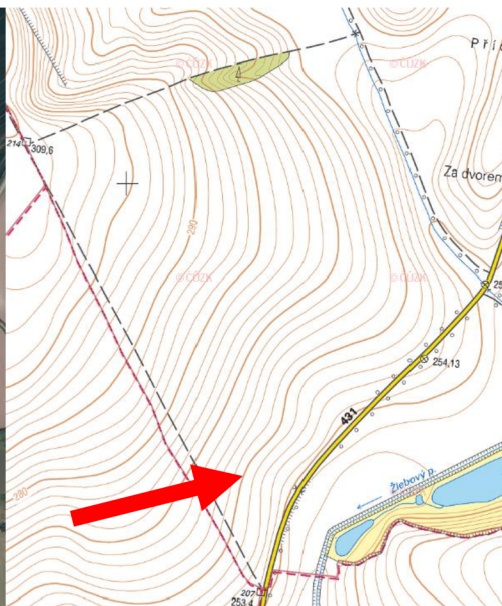
Na zadané experimentální ploše půdu zpracovává firma *ZEMO, spol. s r.o.*, která od roku 1992 využívá minimalizační technologie (talířový podmítač, radličkový kypřič a diskový secí stroj bez válení). Minimalizační technologie se od klasické liší především absencí orby a šetrností k životnímu prostředí. Způsob zpracování zemědělské půdy má významný vliv na fyzikální, chemické i biologické vlastnosti, například na objemovou hmotnost.

Porušené i neporušené půdní vzorky byly odebrány v průběhu vegetačního období pěstovaných plodin (29. 4., 24. 6. a 19. 7. 2016; 12. 5., 30. 6. a 27. 7. 2017; 27. 4., 1. 6. a 29. 6. 2018 vždy ze stejného místa ze svrchní vrstvy půdy (0–10 cm) a v letech 2017 a 2018 i z podorničí (30 cm).

Lokalizace experimentální plochy i odběrného místa (pomocí šipky) je vidět na obrázcích 3.1 a 3.2. Obrázky 3.3 a 3.4 byly pořízeny na zadaném území v době odběrů vzorků v posledním roce.



Obrázek 3.1 – Ortofoto zájmového území [10]



Obrázek 3.2 - ZM zájmového území [10]



Obrázek 3.3 - Experimentální plocha - 2. výjezd 2018



Obrázek 3.4 - Experimentální plocha - 3. výjezd 2018

3.1.2 KLIMATICKÉ POMĚRY

Zadané území leží v teplé klimatické oblasti T2, pro kterou je dle Quittovy charakteristiky typické dlouhé, teplé a suché léto, velmi krátké přechodné období s teplým až mírně teplým jarem i podzimem a krátká, mírně teplá, suchá až velmi suchá zima s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky. Klimatické charakteristiky oblasti T2 jsou popsány v tabulce 3.1. [7]

Tabulka 3.1 - Charakteristika teplé klimatické oblasti T2 [7]

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

Průběh srážek ve sledovaném období na zadaném území je znázorněn v tabulce 3.2. Průměrná roční teplota v se v dané lokalitě pohybovala od 9,7 °C do 10,5 °C. Všechny tyto informace poskytla společnost ZEMO, spol. s r.o.

Tabulka 3.2 – Průběh srážek v letech 2016 až 2018 (údaje poskytla společnost ZEMO s.r.o.)

měsíc/rok	srážky (mm)													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII	IV-IX
2016	15.2	63.6	51.4	44.8	23.8	21.8	70.0	19.7	6.8	35.0	21.1	4.8	378.0	186.9
2017	7.0	27.0	25.0	40.0	28.0	37.0	59.5	25.0	81.0	47.0	29.0	43.0	448.5	270.5
2018	45.0	17.0	10.0	48.0	40.0	50.0	39.0	14.0	69.0	29.4	44.1	34.2	445.7	266.0

3.1.3 HYDROLOGICKÉ PODMÍNKY

Zadaná lokalita náleží do povodí řeky Svatky, hlavního povodí Moravy. V blízkosti odběrného místa se nachází několik menších potoků místního významu, k významnějším patří Žlebový potok pod zkoumaným územím. Nedaleko experimentální plochy se rozprostírá malá vodní nádrž Bařisko.

3.1.4 GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY

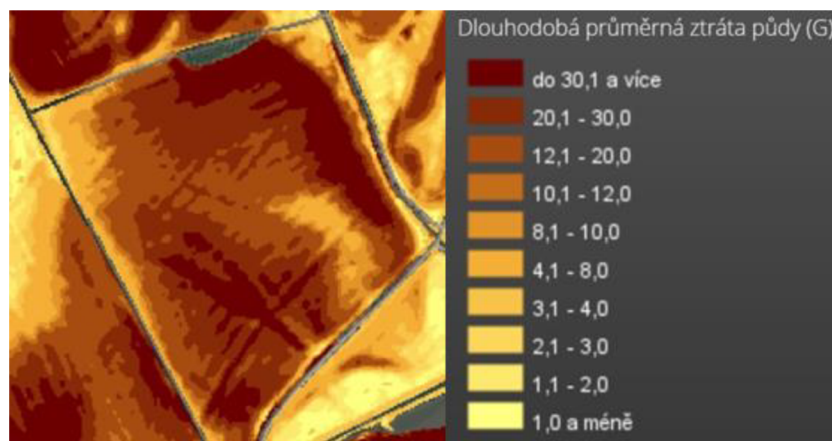
Z geomorfologického hlediska se zkoumaná lokalita nachází ve vnějších Západních Karpatech, v podsoustavě Středomoravské Karpaty, v celku Litenčická pahorkatina, v podcelku Bučovická pahorkatina a v okrsku Kučerovská pahorkatina. Tyto informace byly zjištěny z webového prohlížeče mapových služeb AOPK ČR. Z hlediska výškopisu je území poměrně málo členité. Odběrné místo se nachází přibližně ve výšce 270 m n. m. a v okolí převažuje mírný sklon terénu (směrem k Žlebovému potoku).

3.1.5 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Pokryvným útvarem území jsou spraše a sprašová hlína. Ty se zde usadily ve svrchním pleistocénu čtvrtohor. Zásadní složkou spraše je křemičitý prach s příměsí uhlíkatu vápenatého. Spraše jsou charakteristické okrovou barvou a často se nacházejí v nížinách jižní Moravy. Patří mezi nezpevněné sedimenty.

3.1.6 PEDOLOGICKÉ POMĚRY

Na vybraném území se nachází černozem, která je považována za nejurodnější půdní typ. Tento typ půdy je zpravidla velmi bohatý na obsah humusu a vzniká převážně na spraších. Půda je zde bezskeletovitá, takže neobsahuje štěrk o velikosti 4 až 0 mm nebo kamení o velikosti 30 až 300 mm. Nachází se zde nadprůměrně produkční půda. Bonitovaná půdně ekologická jednotka je 3.08.10. Dle mapy erozní ohroženosti by mělo být území ohroženo poměrně vysokou průměrnou ztrátou půdy G , která je základním ukazatelem vodní eroze. Zkoumaná lokalita je ale ve skutečnosti ohrožena pouze mírnou větrnou erozí. [10] Půda z místa odběru experimentální plochy byla klasifikována jako středně těžká hlinitá (dle Nováka) a dle USDA klasifikace jako prachovitá hlína.



Obrázek 3.5 – Dlouhodobá průměrná ztráta půdy (G) [10]

3.1.7 BIOGEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA

Zadané území se nachází v panonské biogeografické oblasti a panonské biogeografické podprovincii. Podle biogeografického členění území ČR dle Culka (1995) patří studované území do Hustopečského bioregionu a biochory s označením 2BE (Erodované plošiny na spraších 2. vegetačního stupně). Hustopečský bioregion je charakterizován pahorkatinou na vápnitém flyši a spraších. Fytogeografická oblast je thermophyticum, fytogeografický obvod pannonicum. Tyto informace byly zjištěny z webového prohlížeče mapových služeb AOPK ČR.

3.1.8 OCHRANA PŘÍRODY

Vybraná oblast neleží v žádném maloplošném zvláště chráněném území (MZCHÚ) ani velkoplošném zvláště chráněném území (národní parky a chráněné krajinné oblasti). Zadaným územím neprochází žádná ptačí oblast ani evropsky významná lokalita (EVL). Toto území spadá do mezinárodně významné části přírody chráněné územní působností Karpatské úmluvy. Nenachází se zde žádný geopark, památný strom, nadregionální biocentrum, nadregionální biokoridor, regionální biocentrum ani regionální biokoridor. Tyto informace byly zjištěny z webového prohlížeče mapových služeb AOPK ČR.

3.2 POPIS PRÁCE V TĚRÉNU A LABORATOŘI

3.2.1 PRÁCE V TERÉNU

V terénu se odebírají porušené a neporušené půdní vzorky. K určení základních fyzikálních vlastností půdy a k charakterizování vodního a vzdušného režimu půdy je zapotřebí získat neporušené půdní vzorky. Zemina, ze které odebíráme neporušené půdní vzorky, by měla odpovídat přirozenému stavu. Extrémně vysušená nebo naopak výrazně zamokřená půda takovému stavu neodpovídá. Vzorky se vždy odebírají do Kopeckého válečků. Je potřeba odebrat více válečků (4 až 5), aby byl vzorek půdy reprezentativní. Při převozu do laboratoře je třeba zajistit svislou polohu válečků. Podrobnější popis odběru neporušeného půdního vzorku se nachází v kapitole 2.1.4.

Pro stanovení většiny mechanických, chemických a biologických vlastností půdy se využívají porušené půdní vzorky. Odebírají se z kopané sondy nebo z povrchu pomocí lopatky v takovém množství, jaké je potřeba ke konkrétním rozborům. Tyto vzorky se umisťují do sáčků, které je potřeba popsat (lokalita, hloubka, datum).



Obrázek 3.6 - Odběr neporušených půdních vzorků

3.2.2 PRÁCE V LABORATOŘI

Porušené i neporušené půdní vzorky se odvezou do laboratoře, porušené vzorky se nechají vyschnout na vzduchu. Sáčky otevřeme, případně přesypeme do misek. Neporušené půdní vzorky můžeme využít k rozboru neporušeného půdního vzorku, kdy získáme vodní a vzdušné charakteristiky, ale i objemově hmotnostní.

Půdní materiál lze rozdělit na hrubozem a jemnozem. Za hrubozem se považuje půda z odebraného porušeného půdního vzorku, která obsahuje skelet a různé půdní agregáty. Jemnozem znamená půdní frakci o velikosti částic menší než 2 mm a dále se rozlišuje na jemnozem I a jemnozem II. Jemnozem II je prosetá jemnozem I (na sítu o průměru ok 0,25 mm). Jemnozem I se používá například k zrnitostnímu rozboru, ke stanovení zdánlivé hustoty pevných částic ve vodních pyknomelech nebo při zjišťování půdní reakce. Jemnozem II je potřeba při stanovení obsahu organických látek v půdě.

3.3 VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

Vybrané fyzikální a chemické vlastnosti půdy byly stanoveny v laboratoři z porušených a neporušených půdních vzorků, které byly odebrány při hydropedologickém průzkumu v terénu. Vzorky v prvním roce se odebíraly ze svrchní vrstvy půdy (0-10 cm) a v letech 2017 a 2018 také z podorniční vrstvy (30 cm), a to vždy ve vegetačním období dané plodiny. Výsledky měření jsou ovlivněny způsobem zpracování půdy a dalšími faktory. Srážkové úhrny v letech 2017 a 2018 byly bez výrazných rozdílů, naopak rok 2016 byl velmi suchý, především v průběhu května a června.

3.3.1 VYBRANÉ FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PŮDY

3.3.1.1 VODOSTÁLOST AGREGÁTŮ

Měření stability půdních agregátů bylo provedeno pomocí zkoušky vodostálosti podle Andrianova dle postupu popsáno v kapitole 2.1.1.1. Tato zkouška vychází ze skutečnosti, že po ponoření do vody dojde k rychlejšímu rozpadu nestabilních agregátů (než agregátů stabilních).

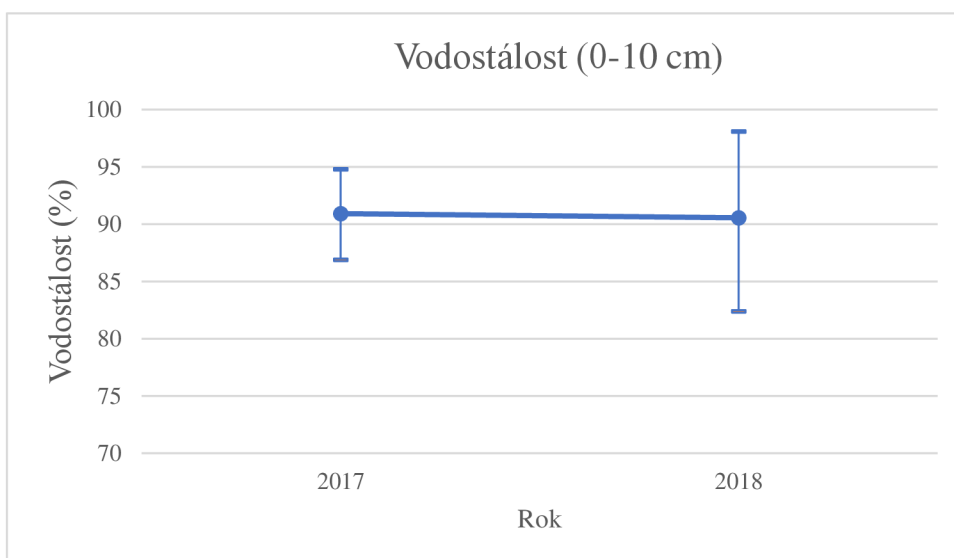
Zkouška vodostálosti byla provedena na porušených půdních vzorcích z let 2017 a 2018 ze dvou vrstev půdy, svrchní vrstvy (0-10 cm) a podorniční (30 cm). Výsledky měření jsou znázorněny v tabulkách 3.3 a 3.4 a grafech 3.7 a 3.8. Podrobný výpočet se nachází v příloze číslo 1.

Tabulka 3.3 - Výsledky zkoušky vodostálosti

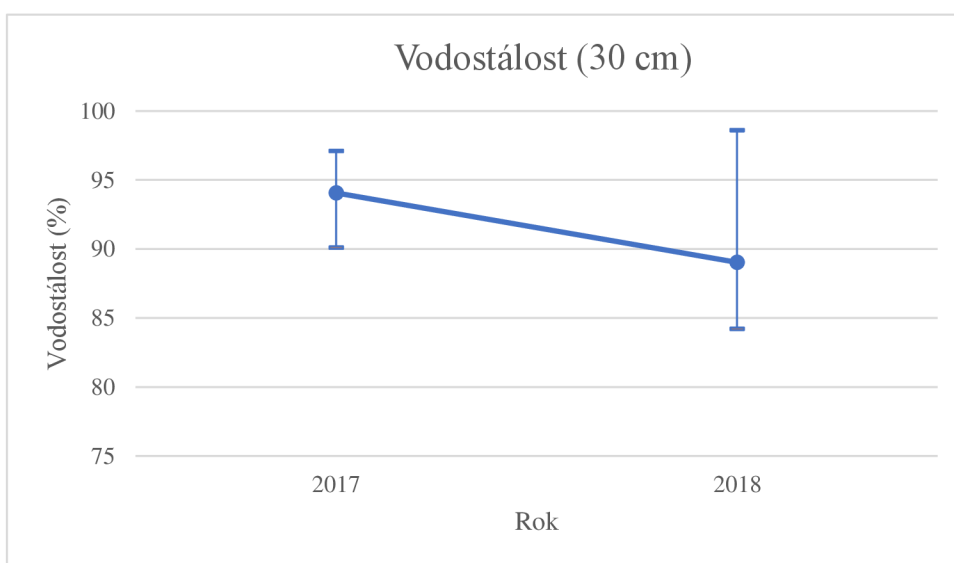
	VODOSTÁLOST (0-10 cm) [%]			VODOSTÁLOST (30 cm) [%]		
	1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd	1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd
rok 2017	91.1	94.8	86.9	95.0	97.1	90.1
rok 2018	98.1	82.4	91.2	98.6	84.2	84.3

Tabulka 3.4 - Výsledky zkoušky vodostálosti - minima, maxima a průměry

	VODOSTÁLOST (0-10 cm) [%]			VODOSTÁLOST (30 cm) [%]		
	MAX	MIN	PRŮMĚR	MAX	MIN	PRŮMĚR
rok 2017	94.8	86.9	90.9	97.1	90.1	94.1
rok 2018	98.1	82.4	90.6	98.6	84.2	89.0



Obrázek 3.7 - Výsledky zkoušky vodostálosti svrchní vrstvy půdy - minima, maxima a průměry

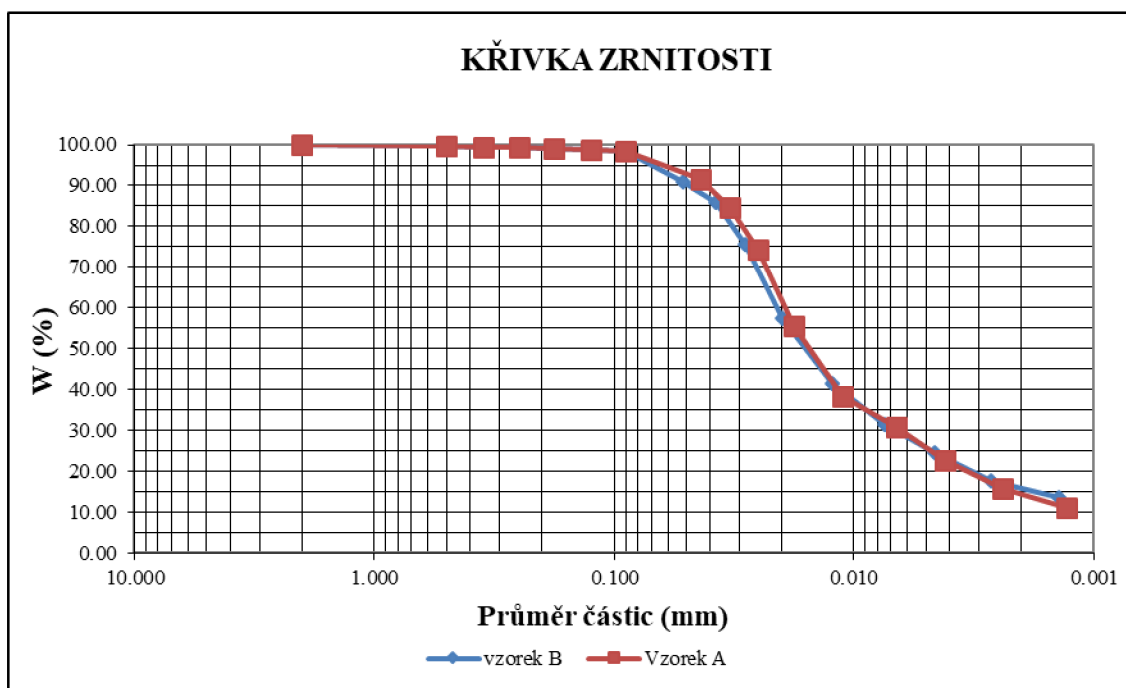


Obrázek 3.8 - Výsledky zkoušky vodostálosti podorníci - minima, maxima a průměry

Z výsledků zkoušky vodostálosti vyplývá, že měřená stabilita půdních agregátů je poměrně vysoká, to znamená, že zkoumaná půda má dobrou strukturu. To obecně přispívá k odolnosti půdy proti mechanickým vlivům a vodě. Na stabilitu a vodostálost půdních agregátů má pozitivní vliv půdní edafon. Výsledky tedy svědčí o bohatém zastoupení mikroorganismů v půdě, což také reflektuje dostatek uhlíku.

3.3.1.2 TEXTURA A ZRNITOSTNÍ ROZBOR

Zrnitostní rozbor vzorků byl proveden síťovým rozбором a hustoměrnou zkouškou podle A. Casagrandeho dle postupu popsaného v kapitole 2.1.2. Výsledky zrnitostního rozboru z prosévání na sítěch a hustoměrné zkoušky se nacházejí v příloze číslo 2. Na základě zrnitostního rozboru vznikly křivky zrnitosti, viz obrázek 3.9. Tyto křivky zrnitosti byly použity při klasifikaci půdního druhu dle Nováka a trojúhelníkového diagramu USDA. Výsledky klasifikace půdního druhu jsou zobrazeny v tabulce 3.5.



Obrázek 3.9 - Křivka zrnitosti

Tabulka 3.5 - Klasifikace půdy na základě zrnitostního rozboru

	Hloubka (cm)	<0.01 %	Jíl %	Prach %	Písek %	Klasifikace	
						Novák	USDA
vzorek 1	0-10	36.71	15.53	74.77	9.7	hlinitá	prachovitá hlína
vzorek 2	0-10	36.3	14.09	76.21	9.7	hlinitá	prachovitá hlína

Stanovili jsme procentuální zastoupení jednotlivých frakcí a určili půdní typ. Z výsledků zrnitostního rozboru a následné klasifikace je patrné, že se u obou vzorků jedná o stejný půdní druh. Hlinité půdy se na území České republiky objevují v největším zastoupení. Vyznačují se velmi dobrými fyzikálními, chemickými i biologickými vlastnostmi a jsou vhodné pro zemědělské využití. Zpravidla obsahují

dostatečné množství živin pro růst a vývoj rostlin a umožňují dobrou infiltraci vody do půdy. Výsledek klasifikace podle Taxonomického klasifikačního systému půd ČR odpovídá geologické charakteristice zkoumané lokality, tedy sprašovému pokryvu, viz kapitola 3.1.5.

3.3.1.3 ZDÁNLIVÁ HUSTOTA PŮDNÍCH ČÁSTIC

Zdánlivá hustota byla stanovena ze vzorků jemnozeme pomocí pyknometrů podle postupu popsaného v kapitole 2.1.3. Následným výpočtem jsme získali informaci o zastoupení organického podílu v půdě. Výsledná průměrná hodnota zdánlivé hustoty půdních částic je uvedena v tabulce 3.6.

Tabulka 3.6 - Průměrné hodnoty zdánlivé hustoty pevných částic

Hloubka	průměrná ρ_s (g.cm ⁻³)	
	0-10 cm	30 cm
rok 2016	2.66	-
rok 2017	2.66	2.63
rok 2018	2.65	2.63

Hodnota zdánlivé hustoty částic se v České republice obvykle pohybuje v rozmezí 2,6 až 2,7 g.cm⁻³ a ovlivňuje ji obsah minerálů (zvýšením) a humusu (snížením) v půdě. Výsledek odpovídá hlinitým horizontům s humusem kolem 1%. Stanovená hodnota se blíží k měrné hmotnosti křemene, která je 2,65 g.cm⁻³. [9]

3.3.1.4 OBJEMOVÁ HMOTNOST REDUKOVANÁ

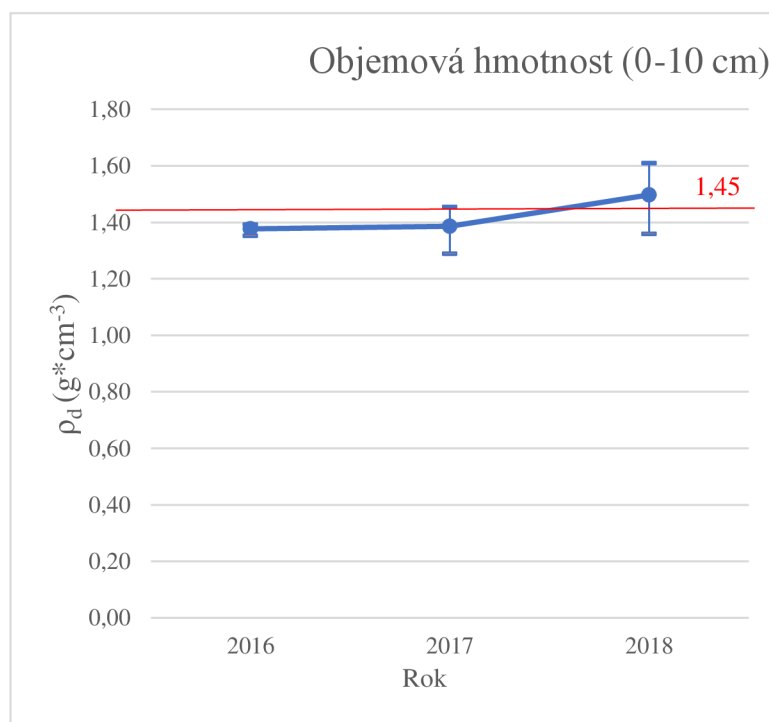
Objemová hmotnost redukovaná popisuje stálé vlastnosti půdy a její hodnota se obvykle s hloubkou zvětšuje. Průměrné hodnoty objemové hmotnosti redukované ρ_d se nachází v tabulkách 3.7 a 3.8 a jsou znázorněny v grafech 3.10 a 3.11. Jednotlivé výsledky naměřených hodnot objemové hmotnosti a dalších vybraných hydrolimit jsou uvedeny v příloze č. 3.

Tabulka 3.7 - Minima, maxima a průměry objemové hmotnosti ve svrchní vrstvě půdy v letech 2016 - 2018

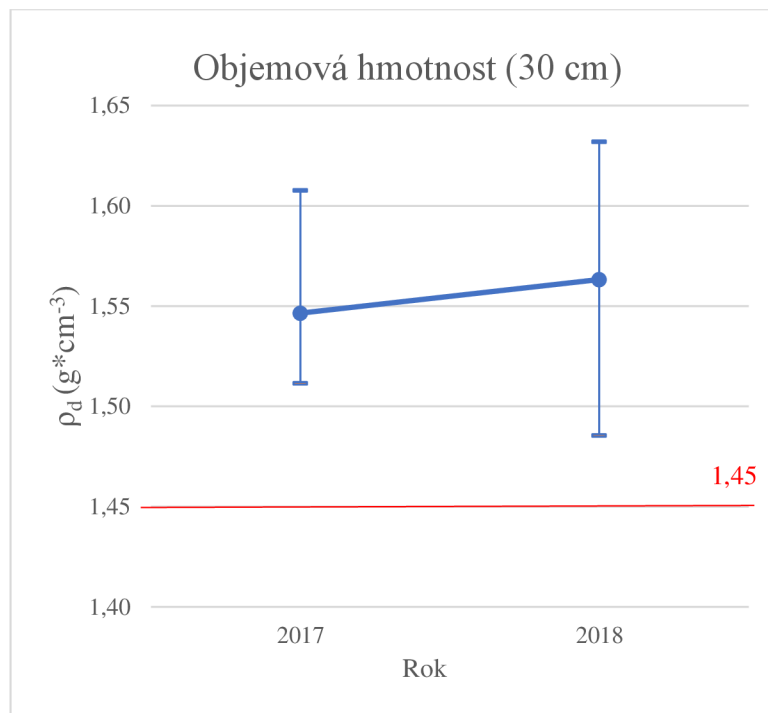
Objemová hmotnost ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) 0 - 10 cm			
rok	MIN	MAX	PRŮMĚR
2016	1.35	1.39	1.38
2017	1.29	1.45	1.39
2018	1.36	1.61	1.50

Tabulka 3.8 - Minima, maxima a průměry objemové hmotnosti v podorníci v letech 2016 - 2018

Objemová hmotnost ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) 30 cm			
rok	MIN	MAX	PRŮMĚR
2016	-	-	-
2017	1.51	1.61	1.55
2018	1.49	1.63	1.56



Obrázek 3.10 - Minima, maxima a průměry objemové hmotnosti ve svrchní vrstvě půdy s vyznačením kritické hodnoty podle Lhotského (červená čára)



Obrázek 3.11 - Minima, maxima a průměry objemové hmotnosti v podorníci s vyznačením kritické hodnoty podle Lhotského (červená čára)

Hodnoty objemové hmotnosti redukované překročily kritickou hodnotu pro hlinité půdy ($1,45 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) podle Lhotského, a to převážně v roce 2018. Strukturní stav humusového horizontu můžeme dle tabulky 2.2 klasifikovat jako dobrý až nevyhovující. Půda je dle tabulky 2.3 silně ulehlá. Hodnoty objemové hmotnosti nedosahují minimální hranice dle tabulky 2.4 pro omezení růstu kořenů (pro hlinitou půdu).

3.3.1.5 PÓROVITOST

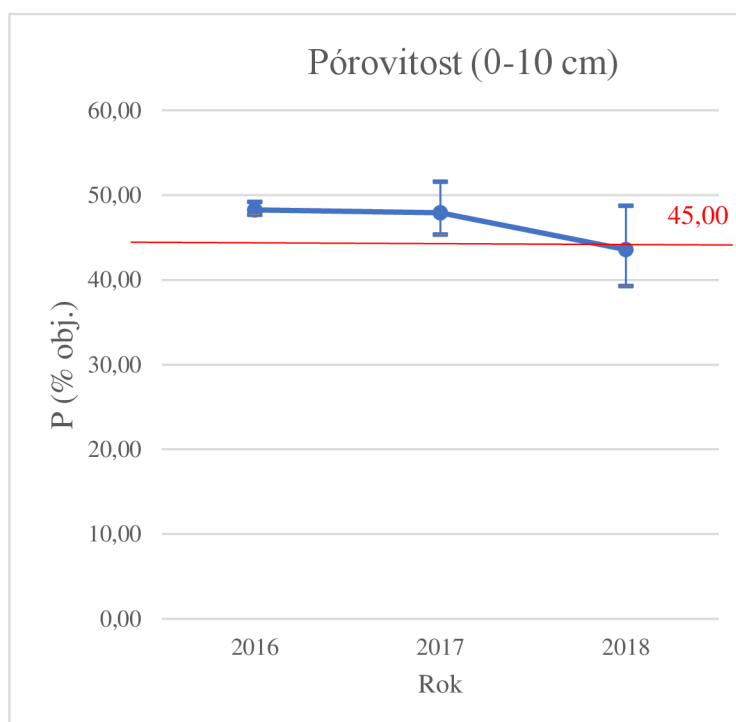
Průměrné hodnoty pórovitosti P se nachází v tabulkách 3.9 a 3.10 a jsou znázorněny v grafech 3.12 a 3.13.

Tabulka 3.9 - Minima, maxima a průměry pórovitosti ve svrchní vrstvě půdy v letech 2016 - 2018

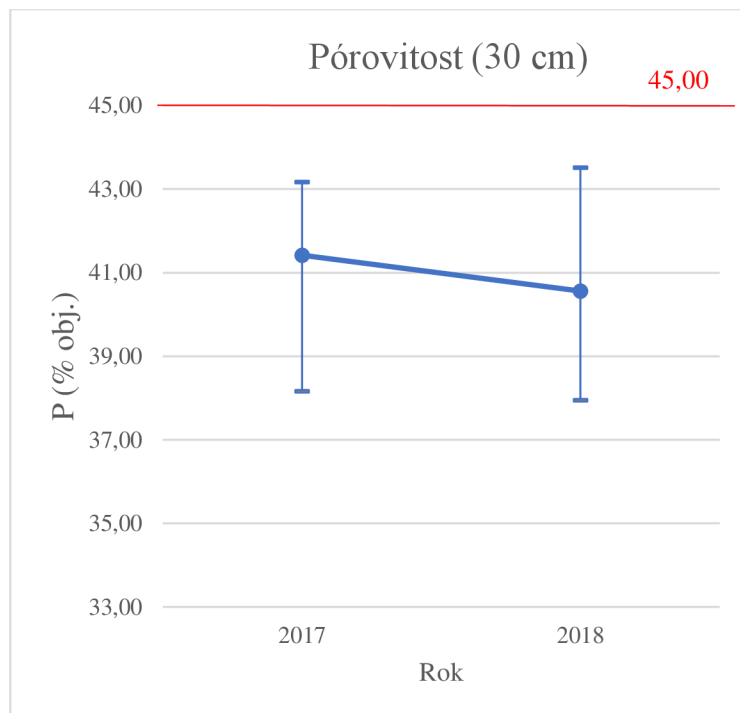
Pórovitost (% obj.) 0 - 10 cm			
rok	MIN	MAX	PRŮMĚR
2016	47.68	49.18	48.25
2017	45.36	51.56	47.90
2018	39.27	48.74	43.58

Tabulka 3.10 - Minima, maxima a průměry pórovitosti v podorničí v letech 2016 - 2018

Pórovitost (% obj.) 30 cm			
rok	MIN	MAX	PRŮMĚR
2016	-	-	-
2017	38.16	43.17	41.42
2018	37.95	43.51	40.56



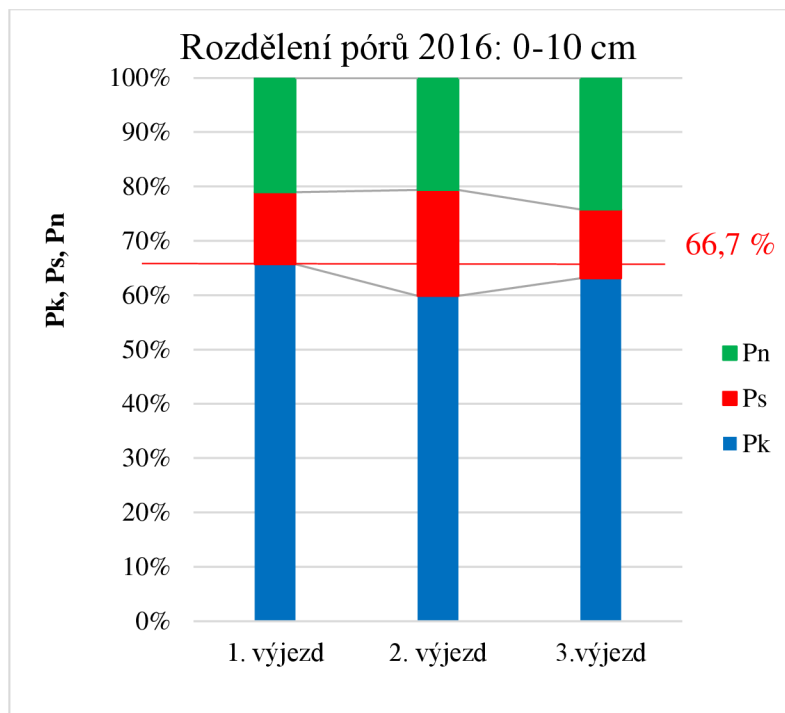
Obrázek 3.12 - Minima, maxima a průměry pórovitosti ve svrchní vrstvě půdy s vyznačením kritické hodnoty podle Lhotského (červená čára)



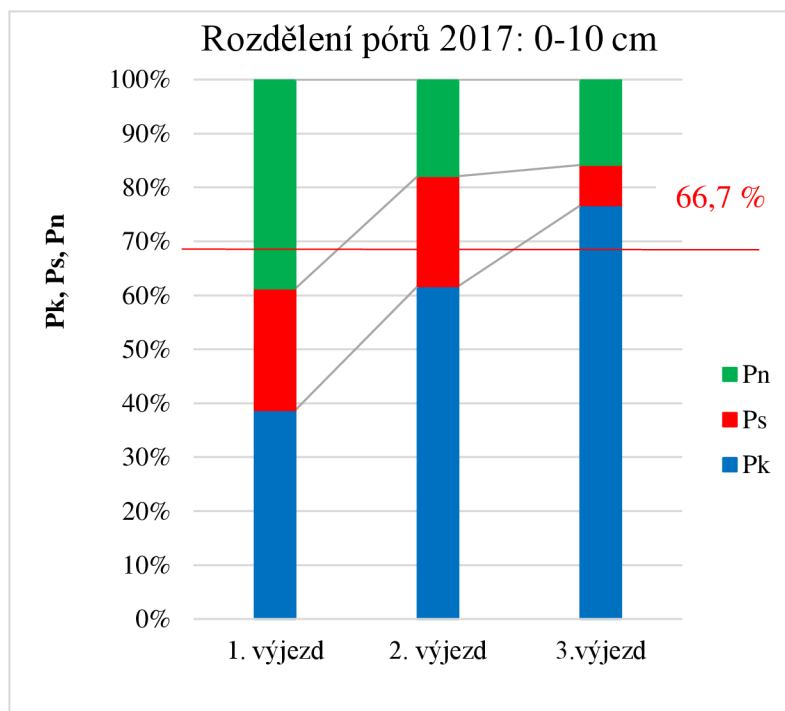
Obrázek 3.13 - Minima, maxima a průměry pórovitosti v podorničí s vyznačením kritické hodnoty podle Lhotského (červená čára)

Podle hodnoty pórovitosti můžeme posoudit ulehlost a kyprost půdy. Ornice je dle tabulky 2.6 v letech 2016 a 2017 klasifikována jako ulehlá a v roce 2018 jako velmi ulehlá. Podmínka pro hlinité půdy dle Lhotského (pórovitost má být větší než 45 %), viz tabulka 2.7, je ve svrchní vrstvě půdy kromě roku 2018 splněna. V podorniční vrstvě půdy je kritická hodnota pro hlinité půdy dle Lhotského překročena v obou letech 2017 i 2018. Celková pórovitost přímo souvisí s objemovou hmotností redukovanou.

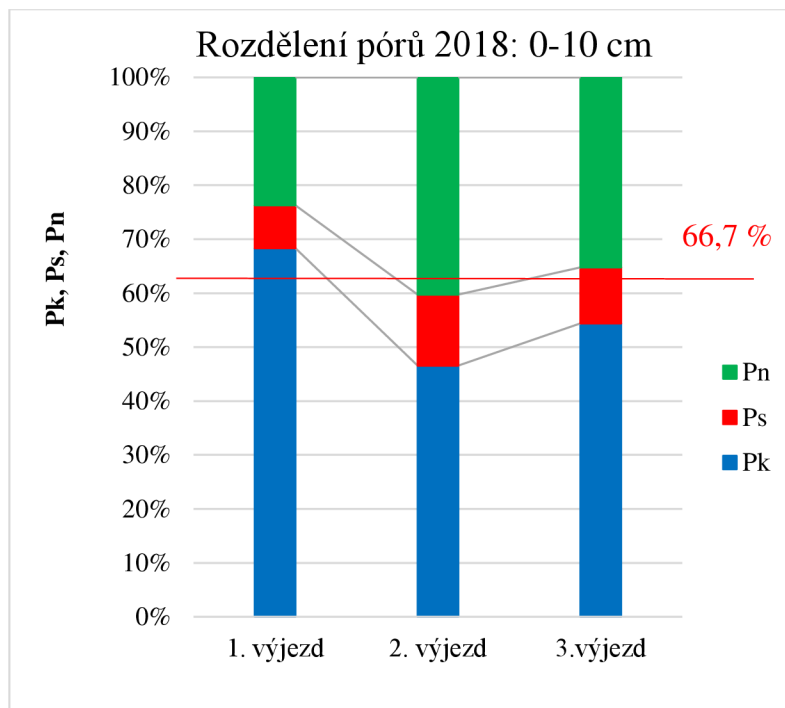
Na obrázcích 3.14 až 3.18 je vidět zastoupení jednotlivých druhů pórů v půdě. Ideální zastoupení kapilárních pórů má být asi 2/3 z celkové pórovitosti. Zbytek prostoru by měl být rozdělen stejnou měrou mezi nekapilární póry a semikapilární. Nedostatečné zastoupení kapilárních pórů podmiňuje malé množství zadržené vody v půdě a tím negativně působí na růst a vývoj rostlin. Naopak nadměrné množství kapilárních pórů má za následek zvýšení povrchového odtoku v důsledku snížení infiltrační schopnosti půdy.



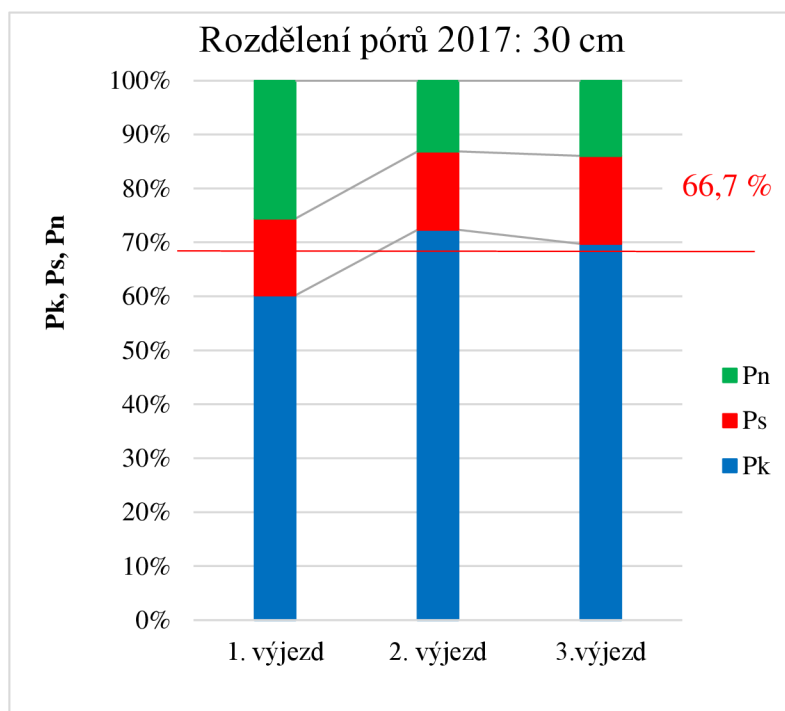
Obrázek 3.14 – Rozdělení pórů ve svrchní vrstvě půdy v roce 2016



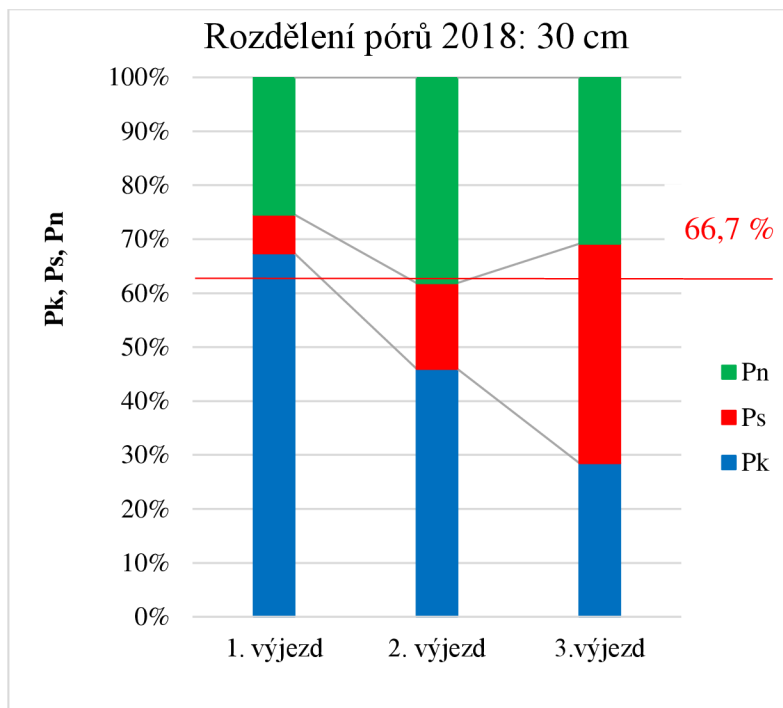
Obrázek 3.15 - Rozdělení pórů ve svrchní vrstvě půdy v roce 2017



Obrázek 3.16 - Rozdělení pórů ve svrchní vrstvě půdy v roce 2018



Obrázek 3.17 - Rozdělení pórů v podorníci v roce 2017



Obrázek 3.18 Rozdělení pórů v podorníči v roce 2018

V roce 2016 se rozdělení pórů blíží optimu, takže v půdě byl dostatek vody. V následujících letech vidíme spíše pokles procenta kapilárních pórů a jednotlivé druhy pórů nejsou zastoupeny rovnoměrně

3.3.1.6 MOMENTÁLNÍ VLHKOST

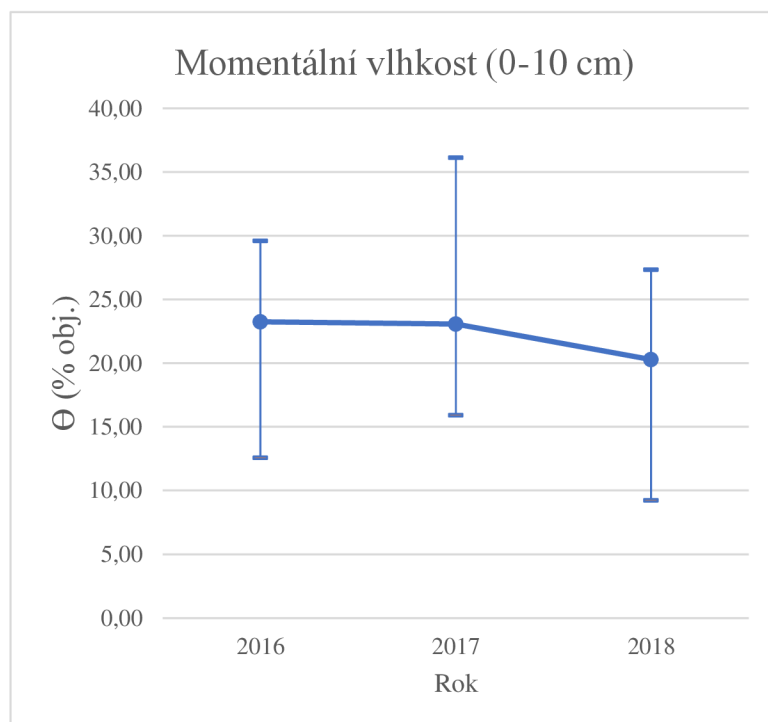
Průměrné hodnoty momentální vlhkosti se nachází v tabulkách 3.11 a 3.12 a jsou znázorněny v grafech 3.19 a 3.20.

Tabulka 3.11 - Minima, maxima a průměry momentální vlhkosti ve svrchní vrstvě půdy v letech 2016 - 2018

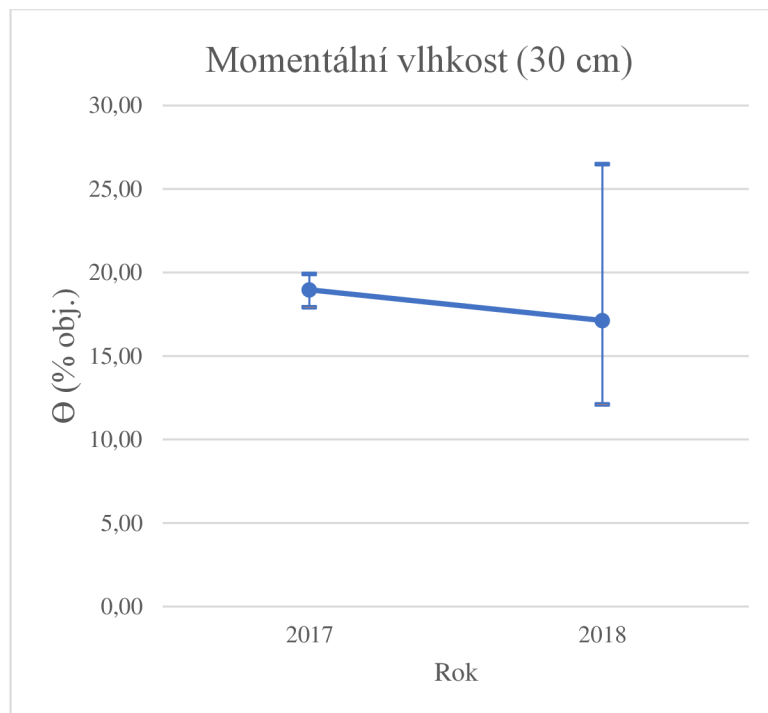
Momentální vlhkost (% obj.) 0 - 10 cm			
rok	MIN	MAX	PRŮMĚR
2016	12.56	29.60	23.25
2017	15.91	36.13	23.08
2018	9.23	27.34	20.28

Tabulka 3.12 Minima, maxima a momentální vlhkosti v podorničí v letech 2016 - 2018

Momentální vlhkost (% obj.) 30 cm			
rok	MIN	MAX	PRŮMĚR
2016	-	-	-
2017	17.94	19.93	18.97
2018	12.12	26.50	17.13



Obrázek 3.19 - Minima, maxima a průměry momentální vlhkosti ve svrchní vrstvě půdy



Obrázek 3.20 - Minima, maxima a průměry momentální vlhkosti v podorníči

Hodnoty momentální vlhkosti jsou výrazně ovlivněny klimatickými poměry a dalšími faktory.

3.3.1.7 PROVZDUŠENOST

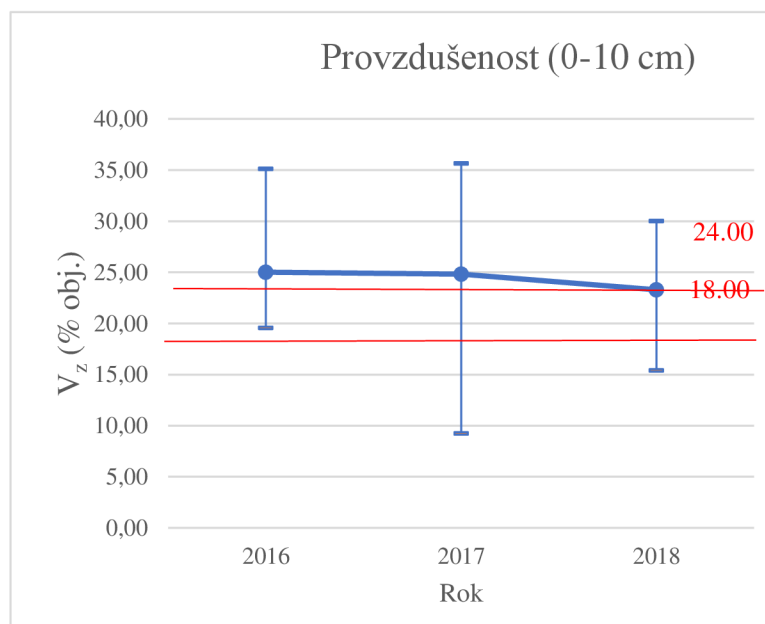
Průměrné hodnoty provzdušenosti se nachází v tabulkách 3.31 a 3.14 a jsou znázorněny v grafech 3.21 a 3.22.

Tabulka 3.13 - Minima, maxima a průměry provzdušenosti ve svrchní vrstvě půdy v letech 2016 - 2018

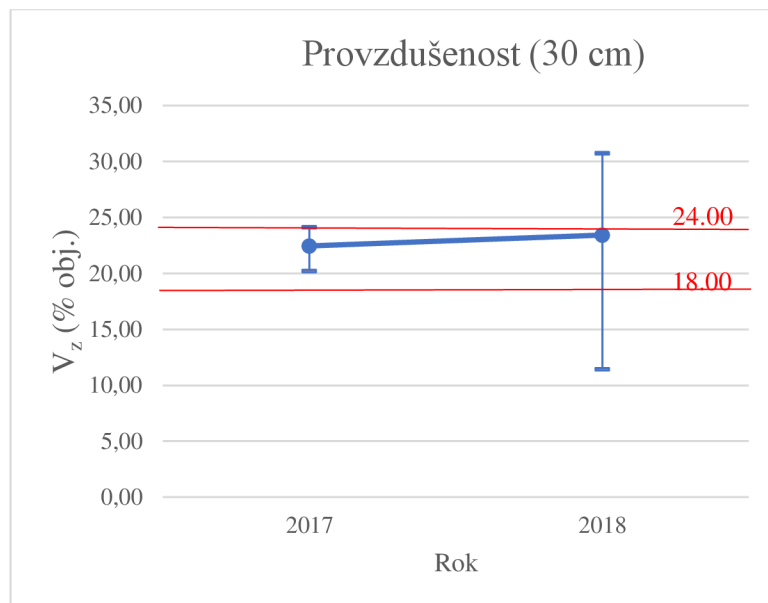
Provzdušenost (% obj.) 0 - 10 cm			
rok	MIN	MAX	PRŮMĚR
2016	19.58	35.12	25.00
2017	9.23	35.65	24.83
2018	15.39	30.03	23.29

Tabulka 3.14 Minima, maxima a průměry provzdušenosti v podorniči v letech 2016 - 2018

Provzdušenost (% obj.) 30 cm			
rok	MIN	MAX	PRŮMĚR
2016	-	-	-
2017	20.23	24.14	22.45
2018	11.45	30.75	23.43



Obrázek 3.21 - Minima, maxima a průměry provzdušenosti ve svrchní vrstvě půdy, červené čáry značí optimální provzdušenost



Obrázek 3.22 - Minima, maxima a průměry provzdušenosti v podorniči, červené čáry značí optimální provzdušenost

Optimální hodnota provzdušenosti pro pole se pohybuje v rozmezí 18 až 24% objemu. Provzdušenost v žádném roce neklesla pod 10 % obj., takže v půdě nepřestává probíhat výměna vzduchu. Vyšší hodnoty provzdušenosti signalizují mineralizaci humusu. Takové půdy bývají náchylné k rychlejší ztrátě vláhy, tedy k vysychání.

3.3.1.8 VLHKOST 30'

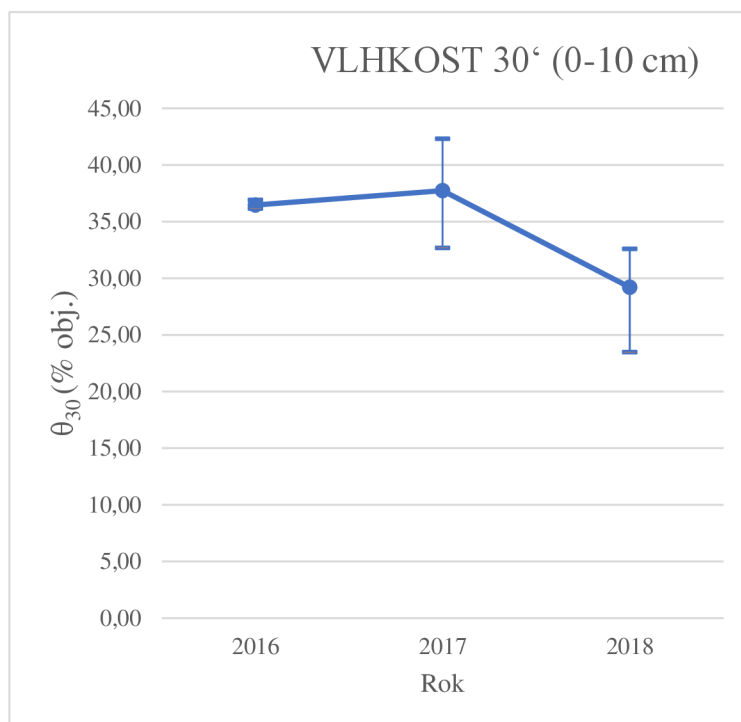
Průměrné hodnoty třicetiminutové vlhkosti θ_{30} se nachází v tabulkách 3.15 a 3.16 a jsou znázorněny v grafech 3.23 a 3.24. Hodnoty třicetiminutové vlhkosti se využívají ke klasifikaci půdních pórů.

Tabulka 3.15 - Minima, maxima a průměry vlhkosti 30' ve svrchní vrstvě půdy v letech 2016 - 2018

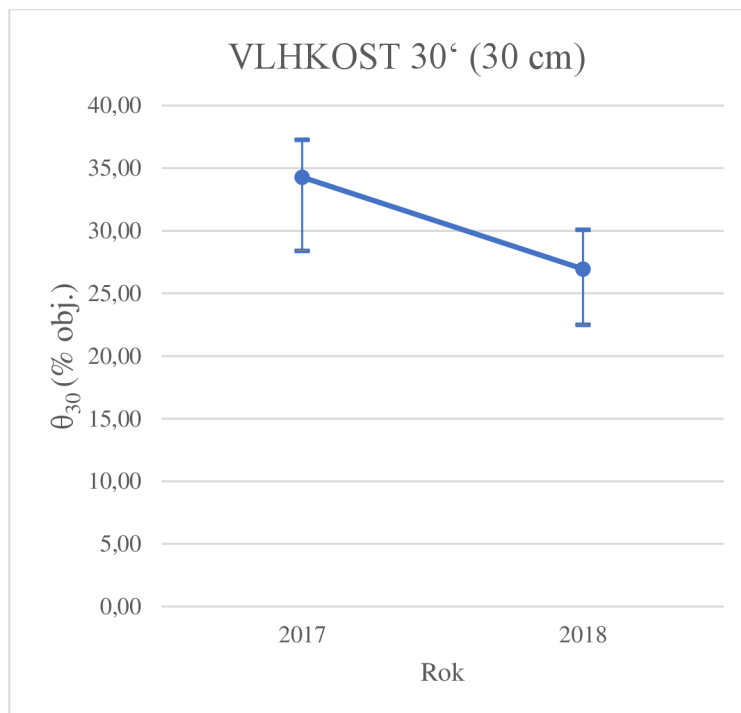
VLHKOST 30' (% obj.) 0 - 10 cm			
rok	MIN	MAX	PRŮMĚR
2016	36.15	36.93	36.45
2017	32.68	42.32	37.72
2018	23.45	32.59	29.21

Tabulka 3.16 Minima, maxima a průměry vlhkosti 30' v podorníci v letech 2016 - 2018

VLHKOST 30' (% obj.) 30 cm			
rok	MIN	MAX	PRŮMĚR
2016	-	-	-
2017	28.40	37.27	34.27
2018	22.51	30.09	26.96



Obrázek 3.23 - Minima, maxima a průměry nasycené vlhkosti ve svrchní vrstvě půdy



Obrázek 3.24 - Minima, maxima a průměry nasycené vlhkosti v podorníci

Hodnoty třicetiminutové vlhkosti z roku 2016 a 2017 se od sebe výrazně neliší, v roce 2018 ale zaznamenáváme jejich pokles. Ten je pravděpodobně způsoben klimatickými poměry, například sníženým úhrnem srážek.

3.3.1.9 MAXIMÁLNÍ VODNÍ KAPACITA

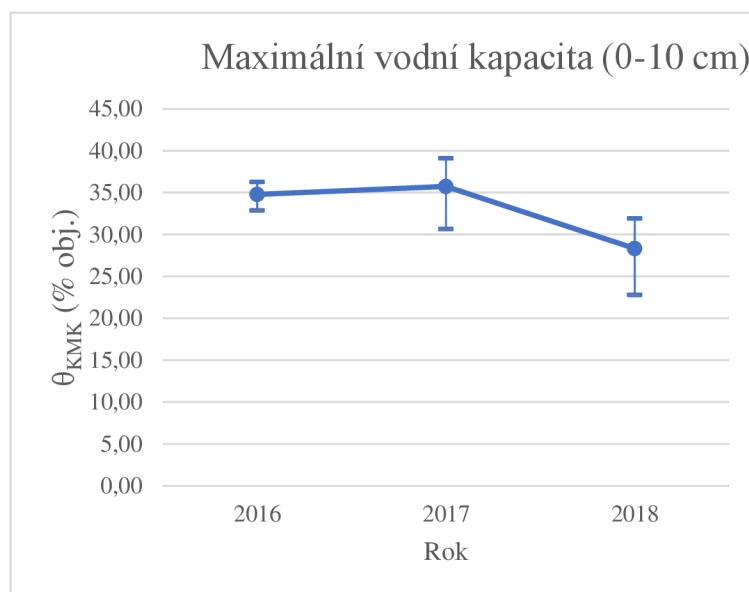
Hodnota maximální vodní kapacity θ_{KMK} vzniká odečtením hmotnosti vzorku při vysušení při 105°C od hmotnosti vzorku po 2 hodinách odsávání. Průměrné hodnoty maximální vodní kapacity se nachází v tabulkách 3.17 a 3.18 a jsou znázorněny v grafech 3.25 a 3.26.

Tabulka 3.17 - Minima, maxima a průměry maximální vodní kapacity ve svrchní vrstvě půdy v letech 2016 - 2018

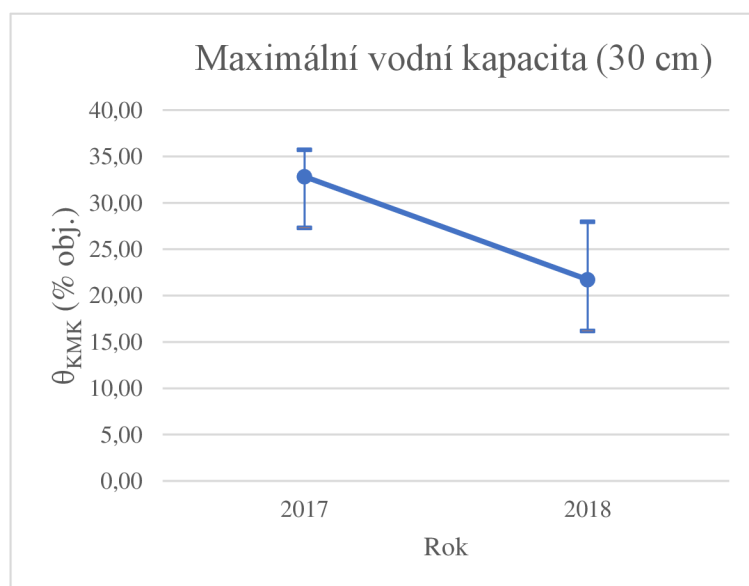
Max. vodní kapacita (% obj.) 0 - 10 cm			
rok	MIN	MAX	PRŮMĚR
2016	32.90	36.28	34.78
2017	30.65	39.09	35.75
2018	22.80	31.93	28.34

Tabulka 3.18 - Minima, maxima a průměry maximální vodní kapacity v podorniči v letech 2016 - 2018

Max. vodní kapacita (% obj.) 30 cm			
rok	MIN	MAX	PRŮMĚR
2016	-	-	-
2017	27.31	35.74	32.82
2018	16.18	27.96	21.72



Obrázek 3.25 - Minima, maxima a průměry maximální vodní kapacity ve svrchní vrstvě půdy



Obrázek 3.26 - Minima, maxima a průměry maximální vodní kapacity v podorniči

Hodnoty maximální vodní kapacity z roku 2016 a 2017 spolu vzájemně korespondují, v roce 2018 dochází ke snížení. To je pravděpodobně způsobeno klimatickými poměry, například sníženým úhrnem srážek.

3.3.1.10 RETENČNÍ VODNÍ KAPACITA

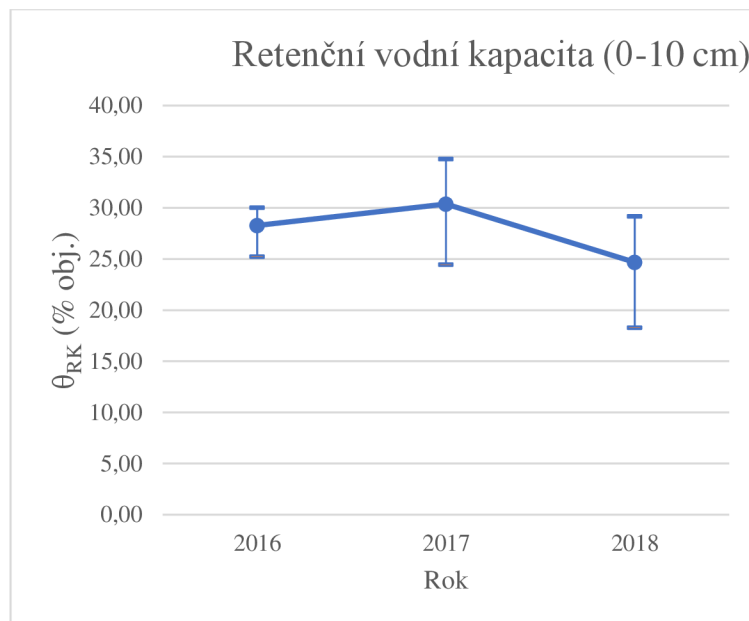
Retenční vodní kapacita θ_{RK} značí takové množství vody, jaké je půda schopna udržet pomocí vlastních sil. Průměrné hodnoty retenční vodní kapacity se nachází v tabulkách 3.19 a 3.20 a jsou znázorněny v grafech 3.27 a 3.28.

Tabulka 3.19 - Minima, maxima a průměry retenční vodní kapacity ve svrchní vrstvě půdy v letech 2016 - 2018

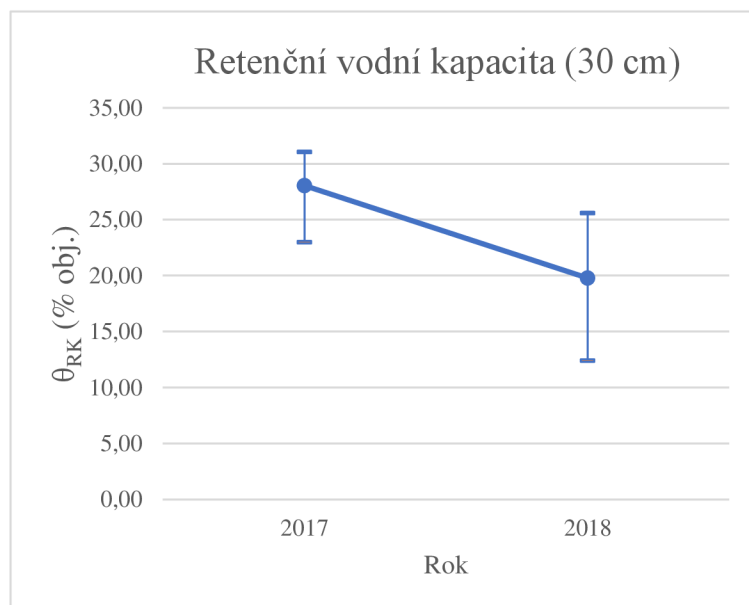
Retenční vodní kapacita (% obj.) 0 - 10 cm			
rok	MIN	MAX	PRŮMĚR
2016	25.25	30.02	28.27
2017	24.47	34.80	30.36
2018	18.29	29.19	24.66

Tabulka 3.20 - Minima, maxima a průměry retenční vodní kapacity v podorníci v letech 2016 - 2018

Retenční vodní kapacita (% obj.) 30 cm			
rok	MIN	MAX	PRŮMĚR
2016	-	-	-
2017	22.97	31.05	28.04
2018	12.40	25.58	19.78



Obrázek 3.27 - Minima, maxima a průměry retenční vodní kapacity ve svrchní vrstvě půdy



Obrázek 3.28 - Min., max., prům. retenční vodní kapacity v podorníci

3.3.1.11 NASYCENÁ HYDRAULICKÁ VODIVOST

Hodnota nasycené hydraulické vodivosti (koeficient nasycené hydraulické vodivosti K_s) byla stanovena v laboratoři pomocí permeamtru s konstantním spádem. Celý postup stanovení nasycené hydraulické vodivosti je popsán v kapitole 2.1.5.

Výsledky jsou zapsány v tabulkách 3.21 a 3.22 a jsou znázorněny v grafech 3.29 a 3.30. Kompletní výpočet nasycené hydraulické vodivosti se nachází v příloze číslo 4.

Výsledné hodnoty nasycené hydraulické vodivosti spadají do optimálního rozmezí dle Reynoldse, které je $5 \cdot 10^{-3} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ až $5 \cdot 10^{-4} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$. [8]

Pomocí hodnoty nasycené hydraulické vodivosti lze klasifikovat půdní propustnost podle několika autorů. Pro určení půdní propustnosti byla použita tabulka 3.23., tedy klasifikace podle Kutílka. Půdní propustnost vzorku je střední.

Tabulka 3.21 - Nasycená hydraulická vodivost K_s v hloubce 0-10 cm

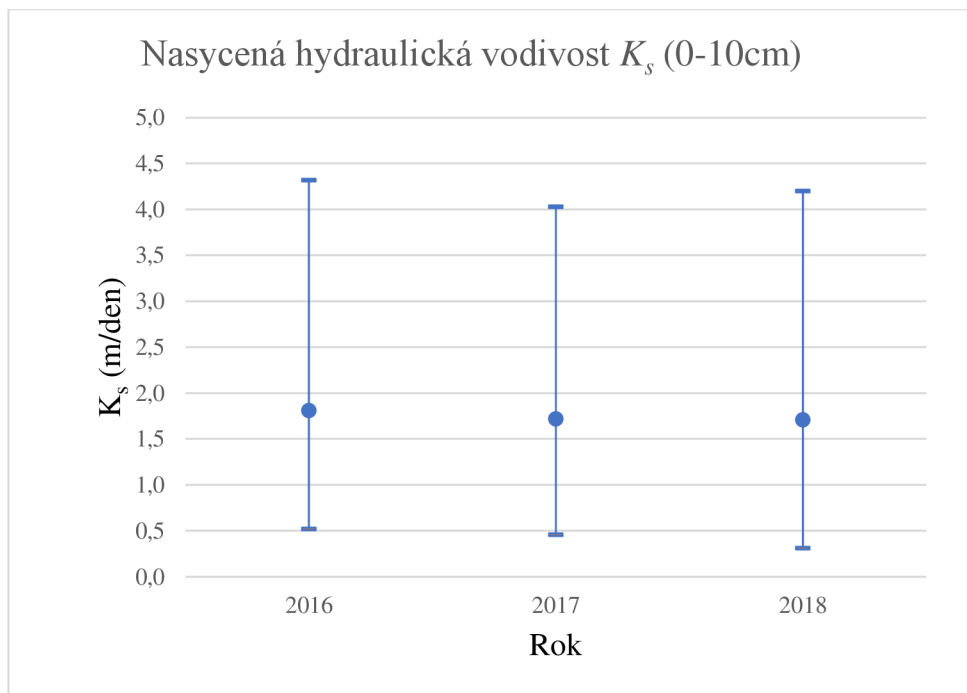
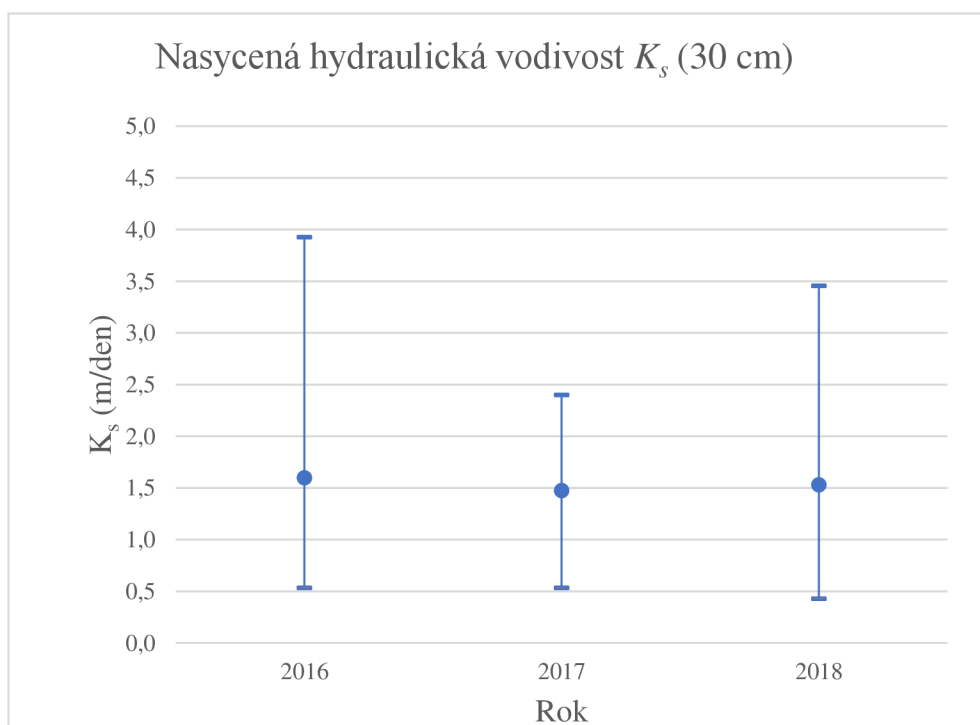
hloubka 0-10 cm	Nasycená hydraulická vodivost K_s ($\text{m} \cdot \text{den}^{-1}$)		
	MAX	MIN	PRŮMĚR
rok 2016	4.3200	0.5236	1.8120
rok 2017	4.0320	0.4608	1.7200
rok 2018	4.2000	0.3142	1.7102

Tabulka 3.22 - Nasycená hydraulická vodivost K_s v hloubce 30 cm

hloubka 30 cm	Nasycená hydraulická vodivost K_s ($\text{m} \cdot \text{den}^{-1}$)		
	MAX	MIN	PRŮMĚR
rok 2016	3.9273	0.5333	1.5974
rok 2017	2.4000	0.5333	1.4761
rok 2018	3.4560	0.4293	1.5319

Tabulka 3.23 - Klasifikace půdní propustnosti podle Kutílka [4]

Skupina	Půdní propustnost	Půdní propustnost ($\text{m} \cdot \text{d}_{-1}$)
I	velmi malá	menší než 0.03
II	malá	0.03 až 0.15
III	mírná	0.15 až 0.50
IV	střední	0.50 až 2.00
V	velká	2.00 až 6.00
VI	značně velká	větší než 6.00
VII	velmi velká	-

**Obrázek 3.29 - Nasycená hydraulická vodivost K_s v hloubce 0-10 cm****Obrázek 3.30 - Nasycená hydraulická vodivost K_s v hloubce 30 cm**

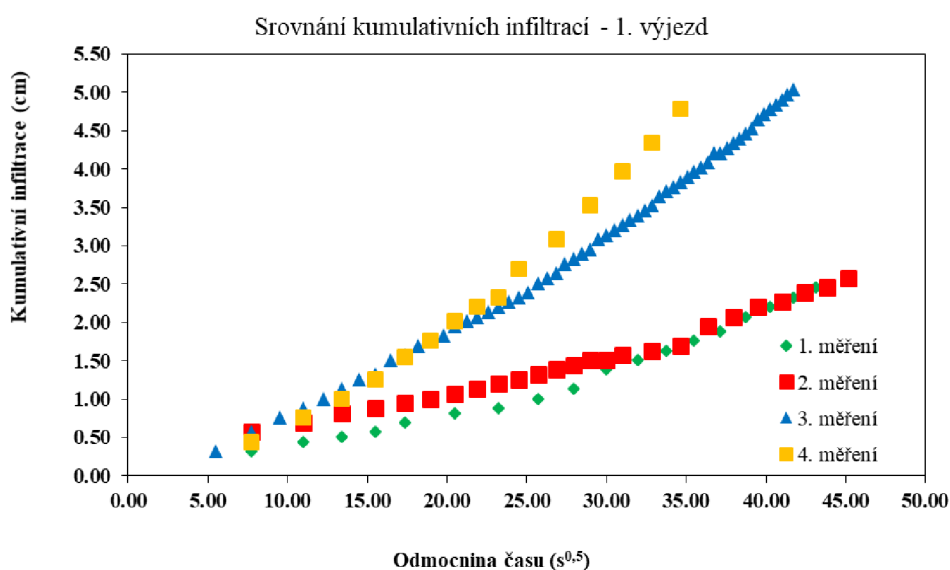
3.3.1.12 INFILTRACE

Infiltrace byla měřena v terénu pomocí minidiskového infiltrometru s nastavitelným sáním a vyhodnocena pomocí Zhangovy metody. Kompletní postup stanovení je popsán v kapitole 2.1.6. Celý výpočet včetně grafického zpracování jednotlivých měření každého výjezdu se nachází v příloze číslo 5.

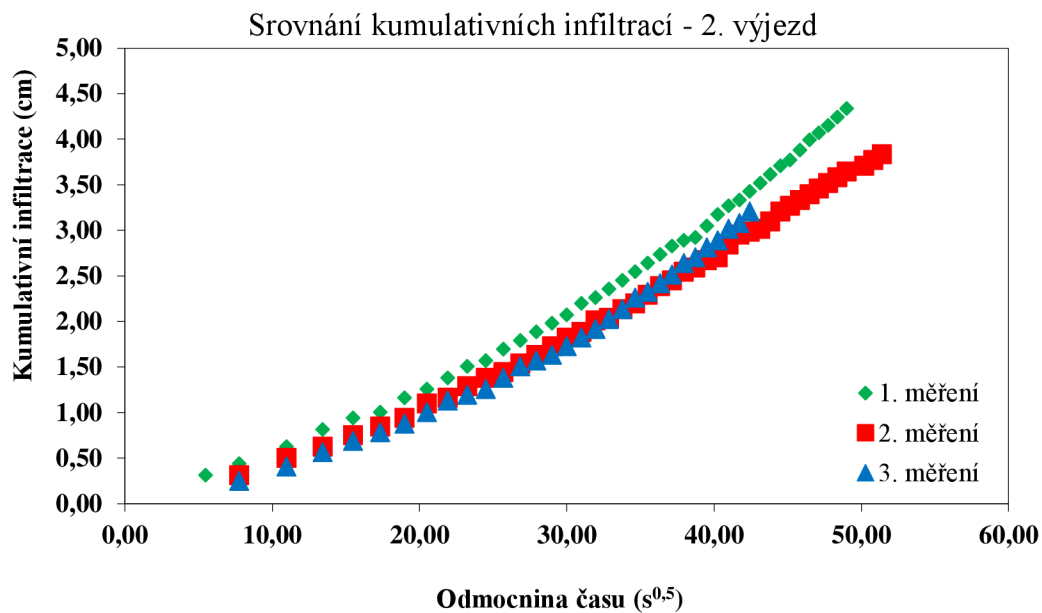
Infiltrace minidiskovým infiltrometrem byla měřena ve třech výjezdech v roce 2018 - ve dnech 27. 4., 1. 6. a 29. 6. V prvním výjezdu jsme provedli 4 měření a v následujících dvou výjezdech po třech měřeních. Celý výpočet se nachází v příloze číslo 5 (5.1 – 5.10). Grafy znázorňují průběh kumulativní infiltrace $I(t)$ v závislosti na druhé odmocnině času z jednotlivých výjezdů a výsledky měření jsou patrné z obrázků 3.31, 3.32 a 3.33. Průměrné hodnoty $K(-2)$ z jednotlivých výjezdů jsou patrné z tab. 3.24, pohybují se od 0,28 do 0,57 cm.den^{-1} . Hodnoty nenasyčené hydraulické vodivosti postupně klesají, což je pravděpodobně způsobeno účinkem použití minimalizační technologie. Mírné odchylky mezi jednotlivými měřeními, které jsou vidět v grafech, jsou způsobeny vlivem heterogenity půdního prostředí.

Tabulka 3.24 - Průměrné hodnoty $K(-2)$ z jednotlivých výjezdů

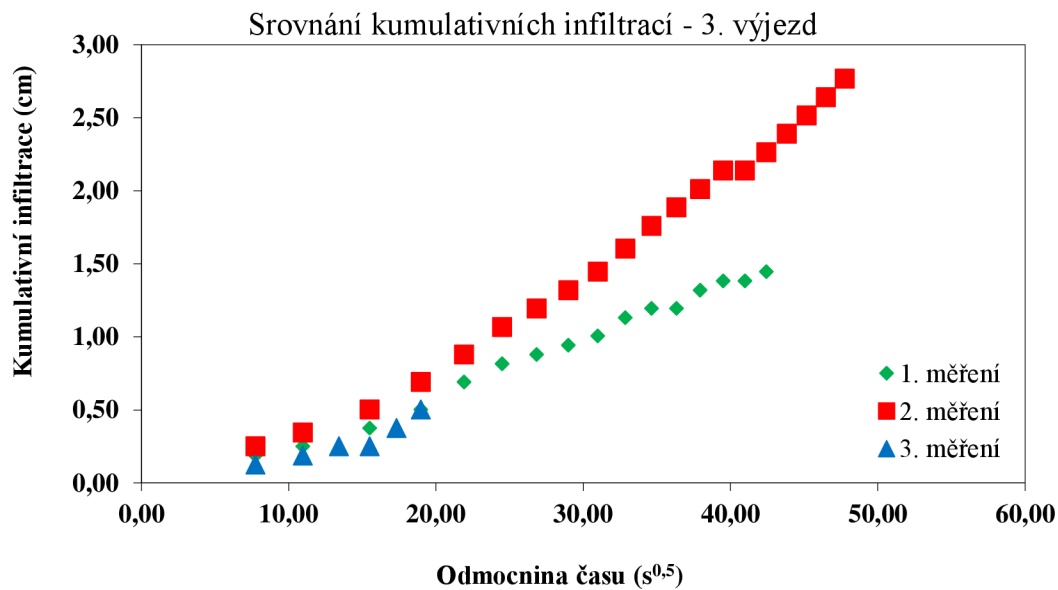
	$\bar{\theta} K(-2)$	$\bar{\theta} K(-2)$	$\bar{\theta} K(-2)$
	(cm/s)	(cm/h)	(cm/den)
1. výjezd	0.00016	0.57	13.60
2. výjezd	0.00014	0.49	11.73
3. výjezd	0.00008	0.28	6.76
celkem	0.00012	0.45	10.70



Obrázek 3.31 - Průběh kumulativní infiltrace – 1. výjezd



Obrázek 3.32 - Průběh kumulativní infiltrace – 2. výjezd



Obrázek 3.33 - Průběh kumulativní infiltrace – 3. Výjezd

3.3.2 VYBRANÉ CHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮDY

3.3.2.1 pH/H₂O

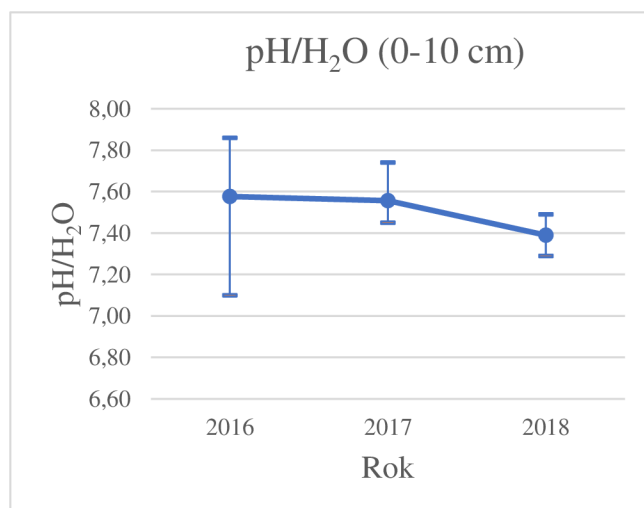
Hodnoty půdní reakce jsme získali pomocí elektrody pH metru. Celá metodika je podrobně popsána v kapitole 2.2.1. Výsledné hodnoty *pH/H₂O* jsou v tabulkách 3.25 a 3.26 jsou graficky znázorněny v grafech 3.34 a 3.35.

Tabulka 3.25 - Stanovení půdní reakce

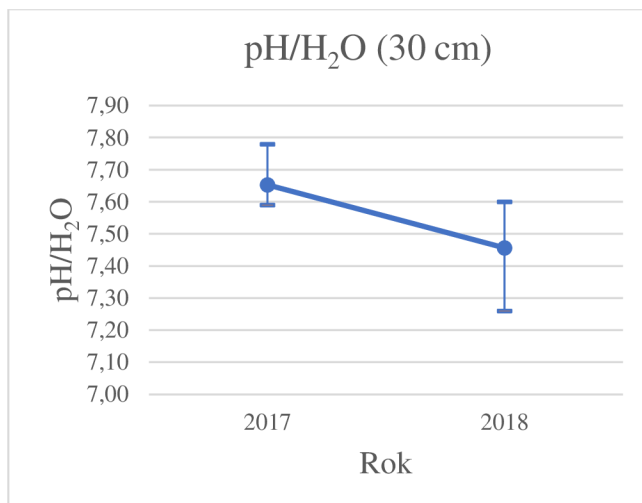
Hloubka	<i>pH/H₂O</i>								
	2016			2017			2018		
	1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd	1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd	1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd
0-10 cm	7.77	7.10	7.86	7.45	7.74	7.48	7.29	7.49	7.39
30 cm	-	-	-	7.59	7.78	7.59	7.26	7.51	7.60

Tabulka 3.26 - Stanovení půdní reakce - minima, maxima, průměry

<i>pH/H₂O</i>		MIN	MAX	PRŮMĚR
0-10 cm	2016	7.10	7.86	7.58
0-10 cm	2017	7.45	7.74	7.56
30 cm	2017	7.59	7.78	7.65
0-10 cm	2018	7.29	7.49	7.39
30 cm	2018	7.26	7.60	7.46



Obrázek 3.34 - Stanovení půdní reakce svrchní vrstvy půdy - minima, maxima, průměry



Obrázek 3.35 - Stanovení půdní reakce podorničí - minima, maxima, průměry

Půdní reakci můžeme vyhodnotit podle tabulky 2.9 jako mírně alkalickou. Optimální rozmezí pH pro hlinitou půdu podle tabulky 2.10 je 6,77 až 7,5. Toto rozmezí bylo dodrženo pouze v roce 2018, v předchozích letech je hodnota pH/H_2O mírně vyšší. Každá plodina má jiné nároky na kyselost půdy. V kapitole 2.2.1. jsou zmíněné možné důvody okyselení nebo alkalizace půd.

3.3.2.2 STANOVENÍ OBSAHU UHLIČITANŮ V PŮDĚ

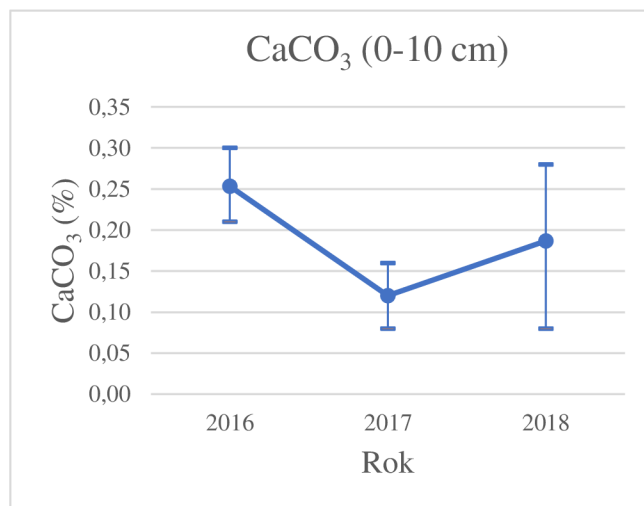
K určení obsahu uhličitánů v půdě jsme nejprve použili kvalitativní zkoušku, po které následovala zkouška kvantitativní. Obě tyto metody jsou popsány v kapitole 2.2.2. Během orientační zkoušky jsme pozorovali sotva znatelné šumění, z čehož jsme vyhodnotili obsah uhličitánů v půdě menší než 0,3 % (viz tabulka 2.11). Výsledky kvantitativní zkoušky jsou popsány v tabulkách 3.27 a 3.28 a znázorněny v grafech 3.36 a 3.37.

Tabulka 3.27 - Stanovení obsahu uhličitánů v půdě

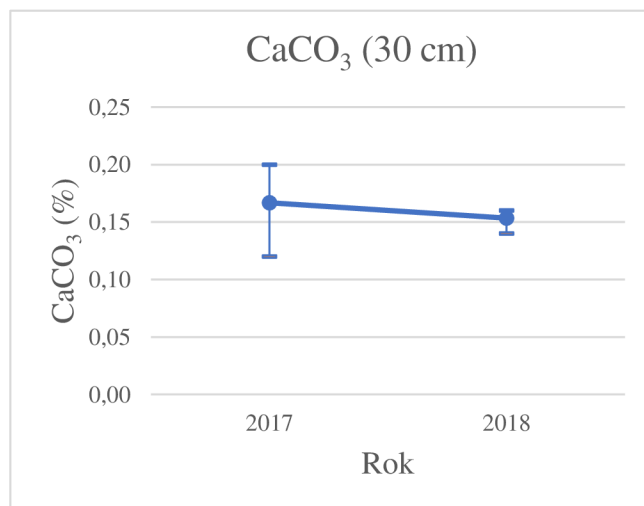
Hloubka	$CaCO_3$ (%)								
	2016			2017			2018		
	1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd	1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd	1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd
0-10 cm	0.250	0.210	0.300	0.160	0.120	0.080	0.080	0.200	0.280
30 cm	-	-	-	0.200	0.180	0.120	0.160	0.140	0.160

Tabulka 3.28 - Stanovení obsahu uhličitánů v půdě – min., max., prům.

$CaCO_3$ (%)		MIN	MAX	PRŮMĚR
0-10 cm	2016	0.21	0.30	0.25
0-10 cm	2017	0.08	0.16	0.12
30 cm	2017	0.12	0.20	0.17
0-10 cm	2018	0.08	0.28	0.19
30 cm	2018	0.14	0.16	0.15



Obrázek 3.36 - Stanovení obsahu uhličitánů ve svrchní vrstvě půdy - min., max., prům.



Obrázek 3.37 - Stanovení obsahu uhličitánů v podorníci - min., max., prům.

Výsledný obsah uhličitánů lze zhodnotit podle tabulky 2.12 jako nízký (0,1 až 0,5 %). Zkoumaná zemina je bezkarbonátová, viz tabulka 2.13.

3.3.2.3 VODIVOST PŮDNÍHO VÝLUHU

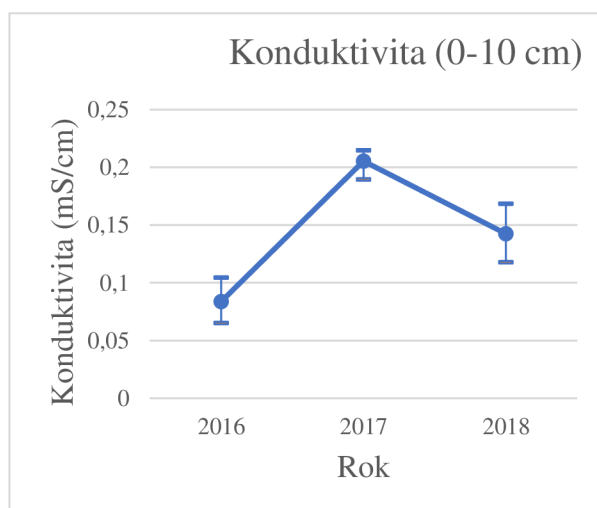
Hodnoty konduktivity byly určeny pomocí elektrody. Konkrétní popis metodiky se nachází v kapitole 2.2.3. Z vodivosti půdního výluhu jsme stanovili zasolení půdy dle tabulky 2.14. Změřené hodnoty jsou přenásobeny konstantou elektrody, která byla 0,475. Výsledná data se nacházejí v tabulkách 3.29 a 3.30 a grafech 3.38 a 3.39.

Tabulka 3.29 - Stanovení vodivosti půdního výluhu

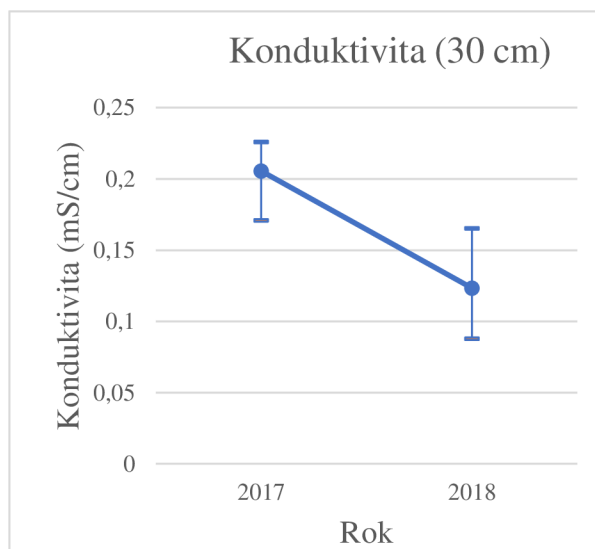
Hloubka	Konduktivita (mS/cm)								
	2016			2017			2018		
	1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd	1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd	1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd
0-10 cm	0.105	0.065	0.082	0.212	0.190	0.215	0.141	0.169	0.118
30 cm	-	-	-	0.171	0.220	0.226	0.165	0.117	0.088

Tabulka 3.30 - Stanovení vodivosti půdního výluhu - min., max., prům.

Konduktivita (mS/cm)		MIN	MAX	PRŮMĚR
0-10 cm	2016	0.065	0.105	0.084
0-10 cm	2017	0.190	0.215	0.205
30 cm	2017	0.171	0.226	0.206
0-10 cm	2018	0.118	0.169	0.143
30 cm	2018	0.088	0.165	0.123



Obrázek 3.38 - Stanovení vodivosti půdního výluhu svrchní vrstvy půdy



Obrázek 3.39 - Stanovení vodivosti půdního výluhu podorničí

Všechny zjištěné hodnoty konduktivity jsou menší než $0,7 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, takže se podle tabulky 2.14 jedná o půdy nezasolené.

3.3.2.4 OBSAH HUMUSU V PŮDĚ

Obsah humusu v půdě jsme určili zjištěním oxidovatelného organicky vázaného uhlíku pomocí metody Walkley- Black v modifikaci Novák - Pelíšek, viz kapitola 2.2.4. Výsledné hodnoty obsahu organických látek se nachází v tabulkách 3.31 a 3.32.

Tabulka 3.31 - Obsah humusu ve svrchní vrstvě půdy

Obsah humusu v půdě (0 - 10 cm)							
rok	č. vzorku	(% hmotn.)				Ø hodnota (% hmotn.)	přepočet na humus (% hmotn.)
		1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd	4. výjezd		
2016	1	3.3	3.25	3.22	2.88	3.12	5.37
	2	3.2	3.15	3.08	2.86		
2017	1	3.2	3.15	3.09	-	3.12	5.38
	2	3.1	3.1	3.07	-		
2018	1	3.1	3.05	3	-	3.04	5.24
	2	3.08	3.02	2.98	-		
PRŮMĚR						3.09	5.33

Tabulka 3.32 - Obsah humusu v podorníci

Obsah humusu v půdě (30 cm)							
rok	č. vzorku	(% hmotn.)				Ø hodnota (% hmotn.)	přepočet na humus (% hmotn.)
		1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd	4. výjezd		
2016	1	2.6	2.4	2.1	2	2.25	3.88
	2	2.5	2.3	2.2	1.9		
2017	1	2.5	2.3	1.9	-	2.18	3.76
	2	2.4	2.2	1.8	-		
2018	1	2.3	2.1	1.8	-	1.90	3.28
	2	2.2	2	1	-		
PRŮMĚR						2.11	3.64

Zásoba humusu ve svrchní vrstvě půdy je dle tabulky 2.16 velmi dobrá a odpovídá kvalitě půdy v dané lokalitě. Půdu lze podle tabulky 2.17 klasifikovat jako silně humózní. Obsahem humusu by se půda mohla podle tabulky 2.18 přirovnat k černici.

4 ZÁVĚR

Během výzkumu jsme sledovali podrobný průběh fyzikálních a chemických vlastností během vegetačních období v letech 2016, 2017 a 2018 na experimentální ploše v blízkosti obce Bohaté Málkovice. Zhodnotili jsme kvalitu svrchní vrstvy půdy a podorničí. Většina půdních indikátorů byla ovlivněna klimatickými poměry, způsobem zpracování půdy, pěstovanou plodinou a dalšími faktory. Půda zde byla zpracovávána minimalizační technologií. Pěstovanými plodinami byl v roce 2015 mák setý, v letech 2016 až 2017 ječmen jarní a v roce 2018 slunečnice. Z důvodu různých pěstovaných zemědělských plodin nejsme schopni stoprocentně posoudit změny kvality půdy v dané oblasti.

Zjistili jsme, že stabilita půdních agregátů je poměrně vysoká. Z toho vyplývá, že zkoumaná půda má dobrou strukturu, je tedy odolná vůči mechanickým vlivům a vlivu vody. Výsledky stability půdních agregátů také svědčí o bohatém zastoupení půdního edafonu a souvisí s dostatečným zastoupením organického uhlíku v půdě.

Stanovili jsme procentuální zastoupení jednotlivých frakcí a určili půdní typ a následně i půdní druh. Půdním druhem je hlinitá půda (Novák), která patří k nejkvalitnějším půdním druhům pro zemědělské účely. Dle klasifikace USDA se jedná o prachovitou hlínu, což se použilo pro výpočet nenasycené hydraulické vodivosti.

Byla stanovena zdánlivá hustota půdních částic pomocí pyknometrů. Hodnota zdánlivé hustoty částic se blíží k měrné hmotnosti křemene, který se na území ČR vyskytuje ve velké míře.

Stanovené hodnoty objemové hmotnosti redukované překročily kritickou hodnotu pro hlinité půdy ($1,45 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) podle Lhotského, a to převážně v roce 2018. Na základě objemové hmotnosti redukované jsme klasifikovali strukturní stav humusového horizontu jako dobrý (2016) až nevyhovující (2017, 2018). Půda je silně ulehlá. Ulehlost byla klasifikována také podle pórovitosti, výsledky spolu korespondují. Hodnoty objemové hmotnosti prozatím nedosahují minimální hranice pro omezení růstu kořenů (pro hlinitou půdu).

V případě podorniční vrstvy byla hodnota pórovitosti pro hlinité půdy dle Lhotského podlimitní (v roce 2018 i v případě svrchní vrstvy půdy). Procentuální zastoupení jednotlivých druhů pórů (v celkové pórovitosti) se v roce 2016 blížilo k optimu, v letech 2017 – 2018 však bylo jejich rozdělení spíše nerovnoměrné. V některých případech (například 1. výjezd v roce 2017) docházelo k velmi malému procentuálnímu zastoupení kapilárních pórů, což se promítlo v malém množství zadržené vody v půdě a mohlo negativně ovlivnit růst a vývoj rostlin.

Na hodnotách stanovených fyzikálních vlastností půdy se prokazatelně projevil klimatické poměry. Tento vliv je patrný zejména na hodnotách momentální vlhkosti,

provzdušenosti a dalších volných charakteristik. Hodnoty provzdušenosti se v průběhu sledovaného období většinou pohybovaly v optimálním rozmezí 18 až 24 %. Výměna kyslíku probíhala bez problému. V některých případech provzdušenost dosahovala vyšších hodnot, což signalizuje momentální ztrátu vláhy v důsledku snížení momentální vlhkosti vlivem nízkého úhrnu srážek v dané lokalitě.

Stanovili jsme hodnoty nasycené hydraulické vodivosti, které jsme využili pro klasifikaci propustnosti půdy podle Kutílka. Půda v dané lokalitě je středně propustná.

V roce 2018 byla v terénu měřena infiltrace pomocí minidiskového infiltrometru, ze které jsme stanovili hodnotu nenasyčené hydraulické vodivosti. Během roku 2018 hodnoty nenasyčené hydraulické vodivosti postupně klesají, může být způsobeno vlivem zpracování půdy.

Kromě fyzikálních vlastností půdy jsme stanovovali také vlastnosti chemické. Pomocí elektrody jsme určili hodnotu pH/H_2O a vodivost půdního výluhu. Půdní reakce byla mírně alkalická. K alkalizaci půdy obvykle dochází v důsledku použití hnojiv s obsahem sodíku, případně přirozeným výskytem uhličitanu vápenatého. Z naměřených hodnot vodivosti půdního výluhu jsme půdu klasifikovali jako nezasolenou.

V půdě se nachází nízký obsah uhličitanů, zemina je bezkarbonátová. Půda vyniká velmi dobrou zásobou humusu. Vysokým obsahem humusu jsou charakteristické černozemě a černice. Půdu lze klasifikovat jako silně humózní.

Součástí zadání diplomové práce bylo také definovat parametry, které nejlépe charakterizují zdraví půdy v dané lokalitě. Obecně lze říci, že čím více indikátorů kvality půdy hodnotíme, tím objektivnější a přesnější výzkum bude. Půdu charakterizuje celý komplex fyzikálních, chemických a biologických vlastností, které spolu navzájem souvisí. K nejvýznamnějším vlastnostem půdy patří její struktura, textura, objemová hmotnost, pórovitost, nasycená hydraulická vodivost, obsah organické hmoty v půdě (hlavně humusu) a půdní reakce. Většina těchto charakteristik má vliv na úrodnost půdy.

Tato diplomová práce byla zpracována jako součást výzkumu "*Vliv hospodaření na půdě na kvalitu svrchní vrstvy hlinité půdy*" podpořeného grantem MŠMT. Poděkování patří Ing. Jiřímu Brňákovi ze společnosti Zemo, spol. s.r.o., Bohaté Málkovice za poskytnutou experimentální plochu.

5 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] JANDÁK, Jiří. Cvičení z půdoznalectví, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. ISBN 80-7157-733-2
- [2] KAMENÍČKOVÁ, Ivana. Vodní hospodářství krajiny I-M02 Pedologie, Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia, VUT FAST v Brně, 2005.
- [3] KAMENÍČKOVÁ, Ivana. Návody do cvičení (VHK) Hydropedologie, Studijní opory pro studijní programy s prezenční formou studia. VUT FAST v Brně, 2013.
- [4] KUTÍLEK, M.: Vodohospodářská pedologie. Druhé vydání. SNTL/ALFA, Praha, 1978.
- [5] *Laboratorní výuka z výživy rostlin: Multimediální učební texty* [online]. Brno, 2009 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?N=0&I=0&J=0&K=0. Multimediální výuková opora. Mendelova univerzita v Brně.
- [6] POKORNÝ, Eduard, Bořivoj ŠARAPATKA a Květuše HEJÁTKOVÁ. Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku: metodická pomůcka. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2007. ISBN 80-903548-5-8.
- [7] QUITT, Evžen. Klimatické oblasti Československa. Brno: Geografický ústav ČSAV, 1971. Studia Geographica.
- [8] Reynolds, W.D., Yang, X.M., Drury, C.F., Zhang, T.Q., Tan, C.S., 2003. Effects of selected conditioners and tillage on the physical quality of a clay loam soil. *Can. J. Soil Sci.* 83,318–393.
- [9] SÁŇKA, M., MATERNA, J. Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. [online]. 1. vydání. Praha: MŽP, 11/2004. Available from: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/CEFFC9BDDD360E2EC1256FAF0040EEF6/\\$file/indikatory_el.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/CEFFC9BDDD360E2EC1256FAF0040EEF6/$file/indikatory_el.pdf). ISBN 1213-3393.
- [10] Souhrnné mapy VÚMOP [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://mapy.vumop.cz>
- [11] Stanovení nenasycené hydraulické vodivosti pomocí mini-diskových podtlakových infiltrometrů [online]. ČVUT v Praze, 2013 [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/VYV/VYV-Z-podtlakovy_infiltrometr.pdf. Výukový materiál. Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Fakulta stavební, ČVUT v Praze.

- [12] Stanovení půdní reakce. Osobní stránky ČZU [online]. Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin: ČZU [cit. 2019-01-04]. Dostupné z:
https://home.czu.cz/storage/55489_Staven%C3%AD%20pH%2C%20obsahu%20uhli%C4%8Ditan%C5%AF%20a%20m%C4%9Brn%C3%A9%20vodivosti%20-%20p%C5%AFdy.pdf
- [13] ŠIMEK, M. 2003. Základy nauky o půdě. Vyd. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2003, 131 s. ISBN 80-7040-629-1.
- [14] ŠOBR, Michal. Křivka zrnitosti. Zrnitost zemin [online]. [cit. 2019-01-05]. Dostupný na WWW: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zrnitost_zemin
- [15] VINTER, Vladimír. Experimenty pro přírodovědné kroužky na téma: životní prostředí. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3624-1.
- [16] WINKLER J., 2013. Plevelé v ekologickém zemědělství. [online]. [2019-01-05]. Dostupné na <http://orgprints.org/24887/1/plevele.pdf>
- [17] ŽÁDNÍK, Ondřej. Studium vztahu potencionálního a aktuálního zaplevelení. Brno, 2015. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Jan Winkler, Ph.D.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 2.1 - Formulář pro záznam stanovených hmotností [3].....	9
Tabulka 2.2 - Přibližné hodnocení strukturního stavu humusového horizontu podle objemové hmotnosti [4].....	12
Tabulka 2.3 - Kategorie nakypřenosti podle objemové hmotnosti [4]	12
Tabulka 2.4 - Přibližné limity hodnot objemové hmotnosti, které v závislosti na půdním druhu (kategorie USDA) omezují růst kořenů rostlin. Arshad et al. (1996) [9].....	12
Tabulka 2.5 - Hodnocení strukturního stavu humusového horizontu podle pórovitosti [4]	14
Tabulka 2.6 - Klasifikace půdy dle pórovitosti podle Bretfelda [4]	15
Tabulka 2.7 - Kritické hodnoty pórovitosti podle Lhotského [3].....	15
Tabulka 2.8 – van Genuchtenovy parametry pro 12 tříd texturních půd, hodnoty A pro poloměr disku 2,2 cm a hodnoty sání od -0,5 do -6 cm [3].....	22
Tabulka 2.9 - Hodnocení <i>pH</i> [15].....	25
Tabulka 2.10 - Optimální <i>pH</i> [1]	26
Tabulka 2.11 - Hodnocení uhličitánů v půdě [1].....	27
Tabulka 2.12 - Kritéria pro hodnocení obsahu uhličitánů v půdě dle vyhlášky č. 275/1998 Sb. ve znění pozdějších předpisů [9].	27
Tabulka 2.13 - Hodnocení výsledků [1]	27
Tabulka 2.14 - Hodnocení salinity podle vodivosti [12]	30
Tabulka 2.15 - Vztah mezi obsahem humusu a navázkou vzorku [1].....	32
Tabulka 2.16 - Hodnocení obsahu humusu [9].....	32
Tabulka 2.17 - Hodnocení obsahu humusu [4].....	33
Tabulka 2.18 - Obsah humusu v ornících půd ČR [1].....	33
Tabulka 3.1 - Charakteristika teplé klimatické oblasti T2 [7]	38
Tabulka 3.2 – Průběh srážek v letech 2016 až 2018 (údaje poskytl společnost ZEMO s.r.o.)	38
Tabulka 3.3 - Výsledky zkoušky vodostálosti	42
Tabulka 3.4 - Výsledky zkoušky vodostálosti - minima, maxima a průměry	42
Tabulka 3.5 - Klasifikace půdy na základě zrnitostního rozboru	44
Tabulka 3.6 - Průměrné hodnoty zdánlivé hustoty pevných částic	45

Tabulka 3.7 - Minima, maxima a průměry objemové hmotnosti ve svrchní vrstvě půdy v letech 2016 - 2018.....	46
Tabulka 3.8 - Minima, maxima a průměry objemové hmotnosti v podorníči v letech 2016 - 2018.....	46
Tabulka 3.9 - Minima, maxima a průměry pórovitosti ve svrchní vrstvě půdy v letech 2016 - 2018.....	47
Tabulka 3.10 - Minima, maxima a průměry pórovitosti v podorníči v letech 2016 - 2018.....	48
Tabulka 3.11 - Minima, maxima a průměry momentální vlhkosti ve svrchní vrstvě půdy v letech 2016 - 2018.....	52
Tabulka 3.12 Minima, maxima a momentální vlhkosti v podorníči v letech 2016 - 2018.....	53
Tabulka 3.13 - Minima, maxima a průměry provzdušenosti ve svrchní vrstvě půdy v letech 2016 - 2018.....	54
Tabulka 3.14 Minima, maxima a průměry provzdušenosti v podorníči v letech 2016 - 2018.....	55
Tabulka 3.15 - Minima, maxima a průměry vlhkosti 30' ve svrchní vrstvě půdy v letech 2016 - 2018.....	56
Tabulka 3.16 Minima, maxima a průměry vlhkosti 30' v podorníči v letech 2016 - 2018.....	57
Tabulka 3.17 - Minima, maxima a průměry maximální vodní kapacity ve svrchní vrstvě půdy v letech 2016 - 2018.....	58
Tabulka 3.18 - Minima, maxima a průměry maximální vodní kapacity v podorníči v letech 2016 - 2018.....	59
Tabulka 3.19 - Minima, maxima a průměry retenční vodní kapacity ve svrchní vrstvě půdy v letech 2016 - 2018.....	60
Tabulka 3.20 - Minima, maxima a průměry retenční vodní kapacity v podorníči v letech 2016 - 2018.....	60
Tabulka 3.21 - Nasycená hydraulická vodivost K_s v hloubce 0-10 cm.....	62
Tabulka 3.22 - Nasycená hydraulická vodivost K_s v hloubce 30 cm.....	62
Tabulka 3.23 - Klasifikace půdní propustnosti podle Kutílka [4].....	62
Tabulka 3.24 - Průměrné hodnoty $K(-2)$ z jednotlivých výjezdů.....	64
Tabulka 3.25 - Stanovení půdní reakce.....	66
Tabulka 3.26 - Stanovení půdní reakce - minima, maxima, průměry.....	66

Tabulka 3.27 - Stanovení obsahu uhličitánů v půdě.....	67
Tabulka 3.28 - Stanovení obsahu uhličitánů v půdě – min., max., prům.	68
Tabulka 3.29 - Stanovení vodivosti půdního výluhu	69
Tabulka 3.30 - Stanovení vodivosti půdního výluhu - min., max., prům.	69
Tabulka 3.31 - Obsah humusu ve svrchní vrstvě půdy	70
Tabulka 3.32 - Obsah humusu v podorničí	71

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1 - Zkouška vodostálosti	4
Obrázek 2.2 - Zkouška vodostálosti – detail.....	4
Obrázek 2.3 - Křivka zrnitosti [14].....	6
Obrázek 2.4 - Odběr neporušeného půdního vzorku	8
Obrázek 2.5 - Příprava neporušeného půdního vzorku.....	9
Obrázek 2.6 – Připravené vzorky k vážení	10
Obrázek 2.7 - Permeometr s konstantním spádem - detail	17
Obrázek 2.8 - Permeometr s konstantním spádem.....	18
Obrázek 2.9 - Podtlakový minidiskový infiltrometr Decagon [11].....	20
Obrázek 2.10 - Minidiskový infiltrometr.....	21
Obrázek 2.11 - Vzorky na třepačce	24
Obrázek 2.12 - Stanovení <i>pH</i>	25
Obrázek 2.13 - Jankův vápnoměr [1].....	28
Obrázek 2.14 - Zjišťování vodivosti pomocí elektrody.....	29
Obrázek 3.1 – Ortofoto zájmového území [10]	36
Obrázek 3.2 - ZM zájmového území [10].....	36
Obrázek 3.3 - Experimentální plocha - 2. výjezd 2018	37
Obrázek 3.4 - Experimentální plocha - 3. výjezd 2018	37
Obrázek 3.5 – Dlouhodobá průměrná ztráta půdy (G) [10].....	39
Obrázek 3.6 - Odběr neporušených půdních vzorků	41
Obrázek 3.7 - Výsledky zkoušky vodostálosti svrchní vrstvy půdy - minima, maxima a průměry	43
Obrázek 3.8 - Výsledky zkoušky vodostálosti podorničí - minima, maxima a průměry	43
Obrázek 3.9 - Křivka zrnitosti	44
Obrázek 3.10 - Minima, maxima a průměry objemové hmotnosti ve svrchní vrstvě půdy s vyznačením kritické hodnoty podle Lhotského (červená čára).....	46
Obrázek 3.11 - Minima, maxima a průměry objemové hmotnosti v podorničí s vyznačením kritické hodnoty podle Lhotského (červená čára).....	47
Obrázek 3.12 - Minima, maxima a průměry pórovitosti ve svrchní vrstvě půdy s vyznačením kritické hodnoty podle Lhotského (červená čára).....	48

Obrázek 3.13 - Minima, maxima a průměry pórovitosti v podorníci s vyznačením kritické hodnoty podle Lhotského (červená čára).....	49
Obrázek 3.14 – Rozdělení pórů ve svrchní vrstvě půdy v roce 2016	50
Obrázek 3.15 - Rozdělení pórů ve svrchní vrstvě půdy v roce 2017	50
Obrázek 3.16 - Rozdělení pórů ve svrchní vrstvě půdy v roce 2018.....	51
Obrázek 3.17 - Rozdělení pórů v podorníci v roce 2017.....	51
Obrázek 3.18 Rozdělení pórů v podorníci v roce 2018	52
Obrázek 3.19 - Minima, maxima a průměry momentální vlhkosti ve svrchní vrstvě půdy	53
Obrázek 3.20 - Minima, maxima a průměry momentální vlhkosti v podorníci	54
Obrázek 3.21 - Minima, maxima a průměry provzdušenosti ve svrchní vrstvě půdy, červené čáry značí optimální provzdušenost	55
Obrázek 3.22 - Minima, maxima a průměry provzdušenosti v podorníci, červené čáry značí optimální provzdušenost.....	56
Obrázek 3.23 - Minima, maxima a průměry nasycené vlhkosti ve svrchní vrstvě půdy	57
Obrázek 3.24 - Minima, maxima a průměry nasycené vlhkosti v podorníci.....	58
Obrázek 3.25 - Minima, maxima a průměry maximální vodní kapacity ve svrchní vrstvě půdy	59
Obrázek 3.26 - Minima, maxima a průměry maximální vodní kapacity v podorníci.....	59
Obrázek 3.27 - Minima, maxima a průměry retenční vodní kapacity ve svrchní vrstvě půdy	61
Obrázek 3.28 - Min., max., prům. retenční vodní kapacity v podorníci.....	61
Obrázek 3.29 - Nasycená hydraulická vodivost K_s v hloubce 0-10 cm	63
Obrázek 3.30 - Nasycená hydraulická vodivost K_s v hloubce 30 cm	63
Obrázek 3.31 - Průběh kumulativní infiltrace – 1. výjezd.....	64
Obrázek 3.32 - Průběh kumulativní infiltrace – 2. výjezd.....	65
Obrázek 3.33 - Průběh kumulativní infiltrace – 3. Výjezd.....	65
Obrázek 3.34 - Stanovení půdní reakce svrchní vrstvy půdy - minima, maxima, průměry	66
Obrázek 3.35 - Stanovení půdní reakce podorníci - minima, maxima, průměry.....	67
Obrázek 3.36 - Stanovení obsahu uhlíčitanů ve svrchní vrstvě půdy - min., max., prům.	68

Obrázek 3.37 - Stanovení obsahu uhličitánů v podorníci - min., max., prům.	68
Obrázek 3.38 - Stanovení vodivosti půdního výluhu svrchní vrstvy půdy	69
Obrázek 3.39 - Stanovení vodivosti půdního výluhu podorníci	70

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

- V ... vodostálost [%],
n_i... počet agregátů [-],
k_i... koeficient vodostálosti [-],
V_v... objem naváženého vzorku [cm⁻³],
ρ_s... zdánlivá hustota [g.cm⁻³],
N_s... navážka pro stanovení zdánlivé hustoty částic [g],
P_v... hmotnost pyknometru s vodou [g],
P_s... hmotnost pyknometru se zeminou [g],
G_A... hmotnost zeminy s původní okamžitou vlhkostí,
G_F... hmotnost vysušené zeminy,
V_S... objem Kopeckého válečku,
G_B... vzorek kapilárně nasycený,
G_C... vzorek po 30' odsávání,
G_D... vzorek po 2 hodinách odsávání,
G_E... vzorek po 24 hodinách odsávání,
G_H... čistá hmotnost vzorku po vysušení při 105°C,
G_V... hmotnost fyzikálního válečku,
G_S... hmotnost hodinového skla,
ρ_v ... objemová hmotnost neredukovaná [g.cm⁻³],
ρ_d ... objemová hmotnost redukována [g.cm⁻³],
P ... pórovitost [% obj.],
P_K ... kapilární póry [% obj.],
P_S ... semikapilární póry [% obj.],
P_N ... nekapilární póry [% obj.],
ρ_Z ... měrná hmotnost půdy [g.cm⁻³],
P ... poměrné číslo [-],
e ... číslo pórovitosti [-],
V_Z ... provzdušenost [% obj.],
θ_{mom} ... momentální vlhkost [% obj.],

- V_A ... objem vzduchu ve vzorku [cm^3],
- V_s ... objem celého vzorku [cm^3].
- K_s ... nasycená hydraulická vodivost [$\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$]
- Δh ... rozdíl hladin před vtokem a po výtoku z půdy [m],
- I_h ... hydraulický sklon,
- h_1 ... úroveň v čase $t = 0$,
- h_2 ... úroveň v čase t ,
- L ... délka vzorku,
- C ... bezrozměrný tvarový součinitel (závisí na poloměru sondy, na hloubce a na hloubce hladiny podzemní vody), pro $S=0$ druhá varianta [-],
- H ... hloubka vody v sondě při ustálené hladině [cm],
- r ... poloměr sondy [cm],
- S ... vzdálenost nepropustného podloží ode dna sondy [cm],
- C_1 ... parametr vztažený k hydraulické vodivosti půdy [ms^{-1}],
- C_2 ... parametr vztažený k sorptivitě půdy [$\text{ms}^{-1/2}$],
- I ... kumulativní infiltrace [m^2],
- t ... čas [s],
- C_1 ... úhel sklonu křivky kumulativní infiltrace a druhé odmocniny času,
- A ... hodnota vztahující van Genuchtenovy parametry (van Genuchten, 1980) pro daný půdní druh k nastavené hodnotě tenze a poloměru disku infiltrometru,
- H_2O ... voda,
- H^+ ... vodíkový iont,
- OH^- ... hydroxylový aniont,
- pH ... vodíkový exponent,
- CaCO_3 ... uhličitan vápenatý,
- MgCO_3 ... chlorid draselný,
- CO_2 ... oxid uhličitý,
- KCl ... chlorid sodný,
- CaCl_2 ... chlorid vápenatý,
- HCl ... kyselina chlorovodíková,
- t.k. ... trojcestný kohout,

- e.t. ...eudiometrická trubice,
v.n. ...vyvíjecí nádoba,
z. ...zásobník HCl,
Z ...zemina,
z. l. ...zásobní láhev,
tl. ...tlačka,
 $K_2Cr_2O_7$...dvojchroman draselný,
 H_2SO_4 ...kyselina sírová,
H... hmotnost zeminy v gramech po vyžhání, [% hm.],
a ...ztráta žháním [g],
b ... navážka na vzduchu vyschlé zeminy v gramech před žháním [g],
c ... koncentrace roztoku Mohrovy soli ($c = 0,5M$),
B ... spotřeba Mohrovy soli při zpětné titraci [cm^3],
g ... navážka vzorku zeminy [g],
 θ_{NS} ...nasákivost [% obj.],
 θ_{30} ...30'vlhkost [% obj.],
 θ_{KMK} ...maximální vodní kapacita [% obj.],
 θ_{RK} ...retenční vodní kapacita [% obj.],
 K_{MKKVZ} ...max. kap. vzdušná kapacita [% obj.],
 K_{RVK} ...retenční vzdušná kapacita [% obj.],
ZM ...základní mapa.

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA Č. 1 VODOSTÁLOST AGREGÁTŮ	87
1.1 Výpočet vodostálosti agregátů pro svrchní vrstvu půdy	87
1.2 Výpočet vodostálosti agregátů pro spodní vrstvu půdy (30 cm)	88
PŘÍLOHA Č. 2 ZRNITOSTNÍ ROZBOR PŮDY	89
2.1 Zrnitostní rozbor půdy – vzorek A	89
2.2 Zrnitostní rozbor půdy – vzorek B	90
PŘÍLOHA Č. 3 VYBRANÉ FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PŮDY (ROZBOR NEPORUŠENÉHO PŮDNÍHO VZORKU)	91
3.1 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 1. výjezd 2016	91
3.2 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 2. výjezd 2016	92
3.3 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 3. výjezd 2016	93
3.4 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 1. výjezd 2017	94
3.5 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 2. výjezd 2017	95
3.6 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 3. výjezd 2017	96
3.7 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 1. výjezd 2018	97
3.8 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 2. výjezd 2018	98
3.9 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 3. výjezd 2018	99
PŘÍLOHA Č. 4 NASYCENÁ HYDRAULICKÁ VODIVOST	100
4.1 Svrchní vrstva půdy v roce 2016	100
4.2 Svrchní vrstva půdy v roce 2017	100
4.3 Svrchní vrstva půdy v roce 2018	101
4.4 Podorničí v roce 2016	102
4.5 Podorničí v roce 2017	102
4.6 Podorničí v roce 2018	103

PŘÍLOHA Č. 5 INFILTRACE	104
5.1 Minidiskový infiltrometr: první výjezd, první měření	104
5.2 Minidiskový infiltrometr: První výjezd, druhé měření	105
5.3 Minidiskový infiltrometr: první výjezd, třetí měření	106
5.4 Minidiskový infiltrometr: první výjezd, čtvrté měření	107
5.5 Minidiskový infiltrometr: druhý výjezd, první měření	108
5.6 Minidiskový infiltrometr: druhý výjezd, druhé měření	109
5.7 Minidiskový infiltrometr: druhý výjezd, třetí měření	110
5.8 Minidiskový infiltrometr: třetí výjezd, první měření	111
5.9 Minidiskový infiltrometr: třetí výjezd, druhé měření	112
5.10 Minidiskový infiltrometr: třetí výjezd, třetí měření	113

Příloha č. 1 Vodostálost agregátů

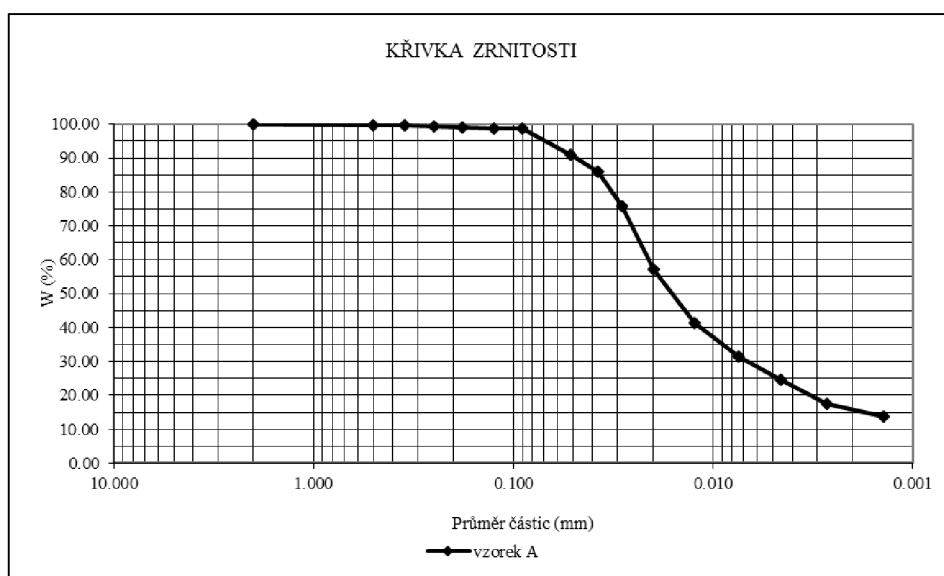
1.1 Výpočet vodostálosti agregátů pro svrchní vrstvu půdy

VODOSTÁLOST 2017 (0-10 cm)								
		1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd	1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd	
doba pozorování	koeficient vodostálosti	počet rozplavených agregátů			součin			
min	ki	ni			ni*ki			
1	5	1	1	1	5	5	5	
2	15	0	0	2	0	0	30	
3	25	2	1	1	50	25	25	
4	35	2	0	1	70	0	35	
5	45	1	0	0	45	0	0	
6	55	0	2	5	0	110	275	
7	65	0	0	0	0	0	0	
8	75	0	0	1	0	0	75	
9	85	1	0	0	85	0	0	
10	95	0	0	0	0	0	0	
polorozpadlé agregáty	50	27	34	36	1350	1700	1800	
nerozpadlé agregáty	100	29.5	29	21	2950	2900	2100	
suma součinů					4555	4740	4345	
					Vodostálost [%] :	91.1	94.8	86.9
VODOSTÁLOST 2018 (0-10 cm)								
		1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd	1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd	
doba pozorování	koeficient vodostálosti	počet rozplavených agregátů			součin			
min	ki	ni			ni*ki			
1	5	0	5	0	0	25	0	
2	15	0	3	1	0	45	15	
3	25	0	1	1	0	25	25	
4	35	0	0	3	0	0	105	
5	45	1	0	0	45	0	0	
6	55	0	1	1	0	55	55	
7	65	0	0	0	0	0	0	
8	75	1	1	1	75	75	75	
9	85	1	0	1	85	0	85	
10	95	0	1	0	0	95	0	
polorozpadlé agregáty	50	30	24	30	1500	1200	1500	
nerozpadlé agregáty	100	32	26	27	3200	2600	2700	
suma součinů					4905	4120	4560	
					Vodostálost [%] :	98.1	82.4	91.2
					MAX	MIN	PRŮMĚR	
				2017	94.8	86.9	90.9	
				2018	98.1	82.4	90.6	

Příloha č. 2 Zrnitostní rozbor půdy

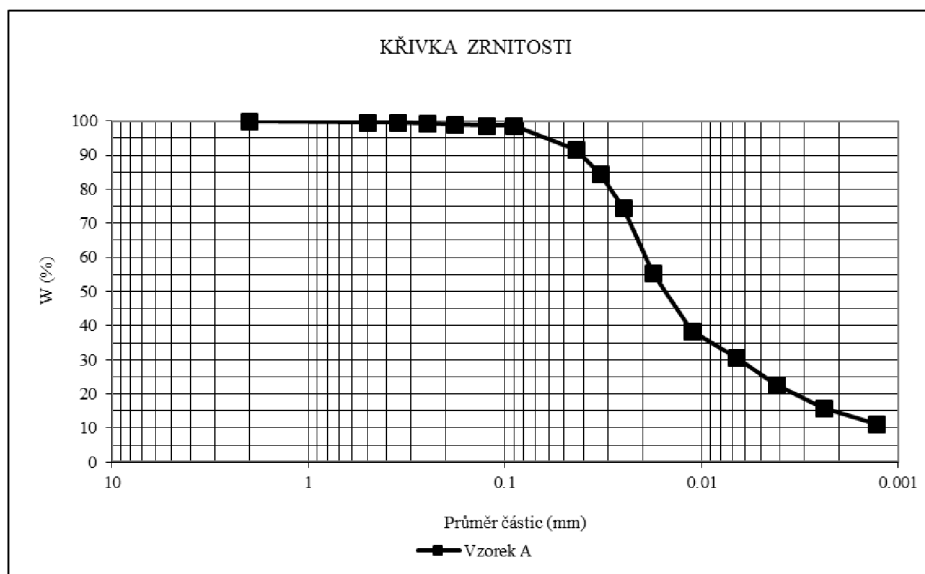
2.1 Zrnitostní rozbor půdy – vzorek A

ZÁPIS MĚŘENÍ A VÝPOČET KŘIVKY ZRNITOSTI HUSTOMĚRNOU METODOU									
Lokalita:	Bohaté ječmen	Vzorek:	0-10	Rozbor provedl:					
	Málkovic								
Datum:	29. 4.	Hustoměr	384	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 :	9.82 g				
Navážka pro rozbor vysušené zeminy W_o			49.1 g						
Čas [s]	Ro	Ts [°C]	Tp	m	R	R + m	d [mm]	W [%]	
							2.000	100.00	
							0.500	99.59	
							0.350	99.49	
							0.250	99.26	
							0.180	99.08	
							Rozbor zrnitosti na sítích	0.125	98.75
							0.090	98.53	
30	27.00	27.00	27.00	1.29	27.40	28.69	0.052	90.89	
60	25.40	27.00	27.00	1.29	25.80	27.09	0.038	85.82	
120	22.20	27.00	27.00	1.29	22.60	23.89	0.028	75.68	
300	16.40	27.00	27.00	1.29	16.80	18.09	0.020	57.31	
900	11.40	27.00	27.00	1.29	11.80	13.09	0.012	41.47	
2700	8.20	27.00	27.00	1.29	8.60	9.89	0.007	31.33	
7200	6.00	27.50	27.50	1.38	6.40	7.78	0.005	24.64	
21600	3.70	28.00	28.00	1.47	4.10	5.57	0.003	17.64	
86400	2.60	27.25	27.25	1.33	3.00	4.33	0.001	13.73	



2.2 Zrnitostní rozbor půdy – vzorek B

ZÁPIS MĚŘENÍ A VÝPOČET KŘIVKY ZRNITOSTI HUSTOMĚRNOU METODOU									
Lokalita:	Bohaté ječmen	Vzorek:	0-10	Rozbor provedl:					
	Málkovi								
Datum:	29. 4.	Hustoměr	2916	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 :		9.82 g			
Navážka pro rozbor vysušené zeminy W			49.1 g						
Čas [s]	Ro	Ts [°C]	Tp	m	R	R + m	d [mm]	W [%]	
							2.000	100.00	
							0.500	99.59	
							0.350	99.49	
							0.250	99.26	
							0.180	99.08	
							0.125	98.75	
							0.090	98.53	
Rozbor zrnitosti na sítích									
30	24.80	27.00	27.00	1.29	27.60	28.89	0.044	91.52	
60	22.60	27.00	27.00	1.29	25.40	26.69	0.033	84.55	
120	19.40	27.00	27.00	1.29	22.20	23.49	0.025	74.41	
300	13.40	27.00	27.00	1.29	16.20	17.49	0.018	55.41	
900	8.00	27.00	27.00	1.29	10.80	12.09	0.011	38.30	
2700	5.60	27.20	27.20	1.32	8.40	9.72	0.007	30.81	
7200	3.00	27.50	27.50	1.38	5.80	7.18	0.004	22.74	
21600	0.70	28.00	28.00	1.47	3.50	4.97	0.002	15.74	
86400	-0.60	27.25	27.25	1.33	2.20	3.53	0.001	11.19	



Příloha č. 3 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy (rozbor neporušeného půdního vzorku)

3.1 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 1. výjezd 2016

1. výjezd						
lokality Bohaté Málkovice	ječmen	132	147	138	125	137
hloubka odběru	h	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm
tara	T	94.42	94.87	92.37	92.17	94.38
bezpr. po odběru	G _A	255.07	262.33	263.1	257.06	261.63
nasycený vzlín. vodou	G _B	268.9	274.3	274.4	270.65	272.34
odsávání na filtr. papíru -30	G _C	264.88	271.71	271.71	267.83	269.74
odsávání na filtr. papíru-2 hod.	G _D	263.44	270.01	269.82	266.06	267.68
odsávání na filtr. papíru-24 hod.	G _E	257.96	265.01	264.53	261.03	262.82
vysušený při 105°C	G _F	225.46	234.52	236.81	231.18	233.26
měrná hm. -pyknometr	ρ_s	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66
objemová hmotn. nereduk.	ρ_v	1.61	1.67	1.71	1.65	1.67
objemová hmotnost reduk.	ρ_d	1.31	1.40	1.44	1.39	1.39
momentální vlhkost	θ	29.61	27.81	26.29	25.88	28.37
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_s$	43.44	39.78	37.59	39.47	39.08
30'vlhkost	θ_{30}	39.42	37.19	34.9	36.65	36.48
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	37.98	35.49	33.01	34.88	34.42
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	32.50	30.49	27.72	29.85	29.56
pórovitost	P	50.74	47.50	45.70	47.74	47.79
kapilární póry	P _K	36.76	34.53	32.24	33.99	33.82
semikapilární póry	P _S	6.92	6.70	7.18	6.80	6.92
nekapilární póry	P _N	11.32	10.31	10.80	11.09	11.31
provzdušenost	V _Z	21.13	19.69	19.41	21.86	19.42
max. kap. vzdušná kapacita	K _{MKKVZ}	12.76	12.01	12.69	12.86	13.37
retenční vzdušná kapacita	K _{RVKKVZ}	18.24	17.01	17.98	17.89	18.23

3.2 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 2. výjezd 2016

2. výjezd						
lokalita Bohaté Málkovice	ječmen	134k3	7k1	12k5	6k1	20k5
hloubka odběru	h	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm
tara	T	94.84	95.41	96.61	95.85	97.04
bezpr. po odběru	G _A	250.73	246.18	243.16	245.85	252.44
nasyčený vzlín. vodou	G _B	276.32	274.67	270.65	274.95	279.2
odsávání na filtr. papíru -30	G _C	272.71	270.67	266.34	270.91	275.68
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	G _D	269.77	268.02	262.35	267.1	272.79
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	G _E	262.87	260.73	255.37	257.7	265.11
vysušený při 105°C	G _F	236.58	234.45	232.71	233.8	238.01
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66
objemová hmotn. nereduk.	ρ_v	1.56	1.51	1.47	1.50	1.55
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1.42	1.39	1.36	1.38	1.41
momentální vlhkost	θ	14.15	11.73	10.45	12.05	14.43
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_s$	39.74	40.22	37.94	41.15	41.19
30'vlhkost	θ_{30}	36.13	36.22	33.63	37.11	37.67
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	33.19	33.57	29.64	33.3	34.78
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	26.29	26.28	22.66	23.90	27.10
pórovitost	P	46.71	47.73	48.83	48.14	47.00
kapilární póry	P _K	33.47	33.56	30.97	34.45	35.01
semikapilární póry	P _S	9.84	9.94	10.97	13.21	10.57
nekapilární póry	P _N	10.58	11.51	15.20	11.03	9.33
provzdušenosť	V _Z	32.56	36.00	38.38	36.09	32.57
max. kap. vzdušná kapacita	K _{MKKVZ}	13.52	14.16	19.19	14.84	12.22
retenční vzdušná kapacita	K _{RVKKVZ}	20.42	21.45	26.17	24.24	19.90

3.3 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 3. výjezd 2016

3. výjezd						
lokality Bohaté Málkovice	ječmen	6 k1	bč k2	111 k2	22k1	138 k4
hloubka odběru	h	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm
tara	T	94.9	97.68	96.3	97.25	92.42
bezpr. po odběru	G _A	261.58	258.61	255.6	275.99	250.69
nasycený vzlín. vodou	G _B	271.36	269.4	266.48	280.15	260.55
odsávání na filtr. papíru -30	G _C	268.45	266.66	263.43	279.54	257.78
odsávání na filtr. papíru -2 hod.	G _D	265.93	264.42	260.53	278.72	254.98
odsávání na filtr. papíru -24 hod.	G _E	259.69	257.77	256.42	276.77	251.52
vysušený při 105°C	G _F	230.78	229.19	227.36	245.39	221.76
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66
objemová hmotn. nereduk.	ρ_v	1.67	1.61	1.59	1.79	1.58
objemová hmotnost reduk.	ρ_d	1.36	1.32	1.31	1.48	1.29
momentální vlhkost	θ	30.8	29.42	28.24	30.6	28.93
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_S$	40.58	40.21	39.12	34.76	38.79
30' vlhkost	θ_{30}	37.67	37.47	36.07	34.15	36.02
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	35.15	35.23	33.17	33.33	33.22
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	28.91	28.58	29.06	31.38	29.76
pórovitost	P	48.92	50.56	50.73	44.31	51.38
kapilární póry	P _K	35.01	34.81	33.41	31.49	33.36
semikapilární póry	P _S	8.76	8.89	7.01	2.77	6.26
nekapilární póry	P _N	11.25	13.09	14.66	10.16	15.36
provzdušenost	V _Z	18.12	21.14	22.49	13.71	22.45
max. kap. vzdušná kapacita	K _{MKKVZ}	13.77	15.33	17.56	10.98	18.16
retenční vzdušná kapacita	K _{RVKKVZ}	20.01	21.98	21.67	12.93	21.62

3.4 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 1. výjezd 2017

hloubka odběru	h	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm	30cm	30 cm	30 cm
tara	T	95.92	97.16	99.05	96.30	96.48	93.79
bezpr. po odběru	A	259.22	254.47	254.69	270.14	278.79	273.78
nasycený vzlín. vodou	B	278.58	273.47	274.34	284.48	291.06	286.83
odsávání na filtr. papíru -30	B₃₀	275.25	269.65	269.98	281.63	288.57	283.89
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B₂	273.07	268.00	267.72	280.32	287.59	282.91
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B₂₄	266.39	261.84	262.00	275.31	283.82	278.68
vysušený při 105°C	C	240.25	237.57	239.01	253.30	259.73	255.87
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2.66	2.66	2.66	2.60	2.60	2.60
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1.44	1.40	1.40	1.57	1.63	1.62
momentální vlhkost	θ	18.97	16.90	15.68	16.84	19.06	17.91
nasáklivost	θ_{NS} = θ_S	38.33	35.90	35.33	31.18	31.33	30.96
30'vlhkost	θ₃₀	35.00	32.08	30.97	28.33	28.84	28.02
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	32.82	30.43	28.71	27.02	27.86	27.04
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	26.14	24.27	22.99	22.01	24.09	22.81
pórovitost	P	45.74	47.21	47.38	39.62	37.21	37.66
kapilární póry	P_K	26.14	24.27	22.99	22.01	24.09	22.81
semikapilární póry	P_S	8.86	7.81	7.98	6.32	4.75	5.21
nekapilární póry	P_N	10.74	15.13	16.41	11.29	8.37	9.64
provzdušenost	V_Z	26.77	30.31	31.70	22.78	18.15	19.75
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	12.92	16.78	18.67	12.60	9.35	10.62
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKVVZ}	19.60	22.94	24.39	17.61	13.12	14.85

3.5 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 2. výjezd 2017

hloubka odběru	h	0-10 cm				
tara	T	94.38	97.10	93.92	97.33	94.82
bezpr. po odběru	A	234.90	233.41	237.70	232.32	262.99
nasycený vzlín. vodou	B	266.67	265.69	271.10	263.51	286.89
odsávání na filtr. papíru -30	B₃₀	260.94	261.74	267.21	259.65	283.81
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B₂	257.68	259.14	262.51	256.07	281.82
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B₂₄	249.12	248.17	256.92	249.23	277.39
vysušený při 105°C	C	219.04	218.58	222.18	217.54	244.41
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1.25	1.21	1.28	1.20	1.50
momentální vlhkost	θ	15.86	14.83	15.52	14.78	18.58
nasáklivost	θ_{NS} = θ_S	47.63	47.11	48.92	45.97	42.48
30'vlhkost	θ₃₀	41.90	43.16	45.03	42.11	39.40
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	38.64	40.56	40.33	38.53	37.41
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	30.08	29.59	34.74	31.69	32.98
pórovitost	P	53.14	54.33	51.78	54.81	43.76
kapilární póry	P_K	30.08	29.59	34.74	31.69	32.98
semikapilární póry	P_S	11.82	13.57	10.29	10.42	6.42
nekapilární póry	P_N	11.24	11.17	6.75	12.70	4.36
provzdušenost	V_Z	37.28	39.50	36.26	40.03	25.18
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	14.50	13.77	11.45	16.28	6.35
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	23.06	24.74	17.04	23.12	10.78
hloubka odběru	h	30 cm				
tara	T	96.43	95.30	97.00	98.57	94.81
bezpr. po odběru	A	271.05	267.03	268.29	267.02	267.66
nasycený vzlín. vodou	B	291.46	289.39	287.35	288.21	287.68
odsávání na filtr. papíru -30	B₃₀	288.70	286.31	283.01	285.31	284.42
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B₂	287.12	284.46	282.17	283.69	282.65
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B₂₄	282.59	279.16	277.87	279.28	277.75
vysušený při 105°C	C	250.29	247.25	247.69	248.42	247.75
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1.54	1.52	1.51	1.50	1.53
momentální vlhkost	θ	20.76	19.78	20.60	18.60	19.91
nasáklivost	θ_{NS} = θ_S	41.17	42.14	39.66	39.79	39.93
30'vlhkost	θ₃₀	38.41	39.06	35.32	36.89	36.67
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	36.83	37.21	34.48	35.27	34.90
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	32.30	31.91	30.18	30.86	30.00
pórovitost	P	42.16	42.88	43.35	43.67	42.50
kapilární póry	P_K	32.30	31.91	30.18	30.86	30.00
semikapilární póry	P_S	6.11	7.15	5.14	6.03	6.67
nekapilární póry	P_N	3.75	3.82	8.03	6.78	5.83
provzdušenost	V_Z	21.40	23.10	22.75	25.07	22.59
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	5.33	5.67	8.87	8.40	7.60
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	9.86	10.97	13.17	12.81	12.50

3.6 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 3. výjezd 2017

hloubka odběru	h	0 - 10 cm				
tara	T	95.91	96.85	97.38	96.45	95.89
bezpr. po odběru	A	279.45	279.14	279.34	277.85	274.04
nasyčený vzlín. vodou	B	282.19	280.79	282.19	279.52	277.75
odsávání na filtr. papíru -30	B₃₀	281.66	280.40	281.65	279.15	277.15
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B₂	281.00	279.78	281.00	278.47	276.40
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B₂₄	278.25	277.08	278.23	275.96	273.63
vysušený při 105°C	C	242.24	242.22	243.30	241.23	240.17
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1.46	1.45	1.46	1.45	1.44
momentální vlhkost	θ	37.21	36.92	36.04	36.62	33.87
nasáklivost	θ_{NS} = θ_S	39.95	38.57	38.89	38.29	37.58
30'vlhkost	θ₃₀	39.42	38.18	38.35	37.92	36.98
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	38.76	37.56	37.70	37.24	36.23
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	36.01	34.86	34.93	34.73	33.46
pórovitost	P	44.99	45.35	45.14	45.57	45.76
kapilární póry	P_K	36.01	34.86	34.93	34.73	33.46
semikapilární póry	P_S	3.41	3.32	3.42	3.19	3.52
nekapilární póry	P_N	5.57	7.17	6.79	7.65	8.78
provzdušenost	V_Z	7.78	8.43	9.10	8.95	11.89
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	6.23	7.79	7.44	8.33	9.53
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	8.98	10.49	10.21	10.84	12.30
hloubka odběru	h	30 cm				
tara	T	96.00	96.30	94.38	93.51	95.34
bezpr. po odběru	A	261.18	271.83	267.20	265.36	260.94
nasyčený vzlín. vodou	B	284.40	292.16	288.01	284.77	281.97
odsávání na filtr. papíru -30	B₃₀	281.34	289.96	284.92	281.98	278.87
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B₂	278.52	288.19	283.20	280.88	277.65
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B₂₄	273.16	283.32	278.44	275.88	271.02
vysušený při 105°C	C	242.69	252.04	247.88	246.50	242.22
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1.47	1.56	1.54	1.53	1.47
momentální vlhkost	θ	18.49	19.79	19.32	18.86	18.72
nasáklivost	θ_{NS} = θ_S	41.71	40.12	40.13	38.27	39.75
30'vlhkost	θ₃₀	38.65	37.92	37.04	35.48	36.65
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	35.83	36.15	35.32	34.38	35.43
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	30.47	31.28	30.56	29.38	28.80
pórovitost	P	44.85	41.45	42.29	42.48	44.78
kapilární póry	P_K	30.47	31.28	30.56	29.38	28.80
semikapilární póry	P_S	8.18	6.64	6.48	6.10	7.85
nekapilární póry	P_N	6.20	3.53	5.25	7.00	8.13
provzdušenost	V_Z	26.36	21.66	22.97	23.62	26.06
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	9.02	5.30	6.97	8.10	9.35
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	14.38	10.17	11.73	13.10	15.98

3.7 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 1. výjezd 2018

hloubka odběru	h	0-10 cm				
tara	T	94.20	92.40	94.49	97.12	95.44
bezpr. po odběru	A	270.35	263.35	277.30	280.50	280.55
nasyčený vzlín. vodou	B	279.05	274.05	282.40	282.70	284.35
odsávání na filtr. papíru -30	B₃₀	278.30	272.20	281.85	282.20	283.75
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B₂	277.30	270.75	281.50	282.05	283.40
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B₂₄	273.80	266.75	278.90	280.35	281.50
vysušený při 105°C	C	243.00	238.20	250.40	252.25	251.50
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1.49	1.46	1.56	1.55	1.56
momentální vlhkost	θ	27.35	25.15	26.90	28.25	29.05
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_S$	36.05	35.85	32.00	30.45	32.85
30'vlhkost	θ_{30}	35.30	34.00	31.45	29.95	32.25
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	34.30	32.55	31.10	29.80	31.90
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	30.80	28.55	28.50	28.10	30.00
pórovitost	P	44.06	45.19	41.39	41.68	41.33
kapilární póry	P_K	30.80	28.55	28.50	28.10	30.00
semikapilární póry	P_S	4.50	5.45	2.95	1.85	2.25
nekapilární póry	P_N	8.76	11.19	9.94	11.73	9.08
provzdušenost	V_Z	16.71	20.04	14.49	13.43	12.28
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	9.76	12.64	10.29	11.88	9.43
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	13.26	16.64	12.89	13.58	11.33
hloubka odběru	h	30 cm				
tara	T	99.00	94.11	95.42	97.04	94.88
bezpr. po odběru	A	285.00	285.95	282.20	287.85	287.95
nasyčený vzlín. vodou	B	286.75	286.55	284.30	290.30	292.35
odsávání na filtr. papíru -30	B₃₀	286.35	286.30	283.90	289.80	291.55
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B₂	286.00	286.05	283.60	289.55	291.05
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B₂₄	283.45	283.95	281.10	287.40	288.45
vysušený při 105°C	C	257.15	259.70	256.50	262.05	261.05
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1.58	1.66	1.61	1.65	1.66
momentální vlhkost	θ	27.85	26.25	25.70	25.80	26.90
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_S$	29.60	26.85	27.80	28.25	31.30
30'vlhkost	θ_{30}	29.20	26.60	27.40	27.75	30.50
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	28.85	26.35	27.10	27.50	30.00
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	26.30	24.25	24.60	25.35	27.40
pórovitost	P	39.87	37.04	38.75	37.26	36.82
kapilární póry	P_K	26.30	24.25	24.60	25.35	27.40
semikapilární póry	P_S	2.90	2.35	2.80	2.40	3.10
nekapilární póry	P_N	10.67	10.44	11.35	9.51	6.32
provzdušenost	V_Z	12.02	10.79	13.05	11.46	9.92
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	11.02	10.69	11.65	9.76	6.82
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	13.57	12.79	14.15	11.91	9.42

3.8 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 2. výjezd 2018

hloubka odběru	h	0 - 10 cm				
tara	T	97.20	96.19	96.30	97.12	94.99
bezpr. po odběru	A	275.00	268.18	241.73	274.04	273.74
nasycený vzlín. vodou	B	282.64	285.91	262.30	289.85	288.36
odsávání na filtr. papíru -30	B ₃₀	282.19	284.47	261.05	288.51	287.58
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B ₂	281.80	283.66	260.15	287.93	286.98
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B ₂₄	278.87	278.57	254.65	283.63	282.24
vysušený při 105°C	C	262.44	259.45	236.49	265.33	262.82
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1.65	1.63	1.40	1.68	1.68
momentální vlhkost	θ	12.56	8.73	5.24	8.71	10.92
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_s$	20.20	26.46	25.81	24.52	25.54
30'vlhkost	θ_{30}	19.75	25.02	24.56	23.18	24.76
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	19.36	24.21	23.66	22.60	24.16
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	16.43	19.12	18.16	18.30	19.42
pórovitost	P	37.65	38.39	47.10	36.52	36.67
kapilární póry	P _K	16.43	19.12	18.16	18.30	19.42
semikapilární póry	P _S	3.32	5.90	6.40	4.88	5.34
nekapilární póry	P _N	17.90	13.37	22.54	13.34	11.91
provzdušenost	V _Z	25.09	29.66	41.86	27.81	25.75
max. kap. vzdušná kapacita	K _{MKKVZ}	18.29	14.18	23.44	13.92	12.51
retenční vzdušná kapacita	K _{RVKVVZ}	21.22	19.27	28.94	18.22	17.25
hloubka odběru	h	30 cm				
tara	T	98.62	94.20	97.03	95.75	97.38
bezpr. po odběru	A	257.77	264.23	267.80	263.98	275.87
nasycený vzlín. vodou	B	274.25	278.54	281.03	275.73	285.37
odsávání na filtr. papíru -30	B ₃₀	271.62	275.64	278.77	272.55	283.04
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B ₂	269.42	274.20	277.47	271.27	281.84
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B ₂₄	264.42	262.67	272.82	297.76	278.13
vysušený při 105°C	C	246.55	253.39	255.91	252.02	261.20
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1.48	1.59	1.59	1.56	1.64
momentální vlhkost	θ	11.22	10.84	11.89	11.96	14.67
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_s$	27.70	25.15	25.12	23.71	24.17
30'vlhkost	θ_{30}	25.07	22.25	22.86	20.53	21.84
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	22.87	20.81	21.56	19.25	20.64
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	17.87	9.28	16.91	45.74	16.93
pórovitost	P	43.75	39.47	39.59	40.58	37.71
kapilární póry	P _K	17.87	9.28	16.91	45.74	16.93
semikapilární póry	P _S	7.20	12.97	5.95	5.95	4.91
nekapilární póry	P _N	18.68	17.22	16.73	20.05	15.87
provzdušenost	V _Z	32.53	28.63	27.70	28.62	23.04
max. kap. vzdušná kapacita	K _{MKKVZ}	20.88	18.66	18.03	21.33	17.07
retenční vzdušná kapacita	K _{RVKVVZ}	25.88	30.19	22.68	22.68	20.78

3.9 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 3. výjezd 2018

hloubka odběru	h	0 - 10 cm				
tara	T	95.54	96.47	96.97	94.19	92.19
bezpr. po odběru	A	258.62	261.84	259.72	250.01	245.81
nasyčený vzlín. vodou	B	267.43	268.14	265.07	259.69	259.42
odsávání na filtr. papíru -30	B₃₀	265.80	267.73	264.00	258.72	256.24
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B₂	264.57	267.01	263.35	257.79	253.37
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B₂₄	260.82	264.06	260.31	254.01	247.98
vysušený při 105°C	C	234.12	237.97	233.00	227.28	222.24
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1.39	1.42	1.36	1.33	1.30
momentální vlhkost	θ	24.50	23.87	26.72	22.73	23.57
nasáklivost	θ_{NS} = θ_S	33.31	30.17	32.07	32.41	37.18
30'vlhkost	θ₃₀	31.68	29.76	31.00	31.44	34.00
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	30.45	29.04	30.35	30.51	31.13
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	26.70	26.09	27.31	26.73	25.74
pórovitost	P	47.71	46.60	48.67	49.78	50.92
kapilární póry	P_K	26.70	26.09	27.31	26.73	25.74
semikapilární póry	P_S	4.98	3.67	3.69	4.71	8.26
nekapilární póry	P_N	16.03	16.84	17.67	18.34	16.92
provzdušenost	V_Z	23.21	22.73	21.95	27.05	27.35
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	17.26	17.56	18.32	19.27	19.79
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	21.01	20.51	21.36	23.05	25.18
hloubka odběru	h	30 cm				
tara	T	96.19	98.62	97.37	95.85	94.34
bezpr. po odběru	A	259.25	270.17	262.48	250.72	246.36
nasyčený vzlín. vodou	B	281.42	289.75	283.56	270.61	266.70
odsávání na filtr. papíru -30	B₃₀	277.86	286.80	280.49	267.18	263.28
odsávání na filtr.papíru -2 hod.	B₂	275.15	284.91	278.48	264.43	260.33
odsávání na filtr.papíru-24 hod.	B₂₄	269.35	280.28	273.87	257.97	254.62
vysušený při 105°C	C	244.79	256.10	249.42	237.43	237.43
měrná hm.-pyknometr	ρ_s	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
objemová hmotnodst reduk.	ρ_d	1.49	1.57	1.52	1.42	1.43
momentální vlhkost	θ	14.46	14.07	13.06	13.29	8.93
nasáklivost	θ_{NS} = θ_S	36.63	33.65	34.14	33.18	29.27
30'vlhkost	θ₃₀	33.07	30.70	31.07	29.75	25.85
max. vodní kapacita	θ_{KMK}	19.78	10.91	13.93	20.36	15.94
retenční vodní kapacita	θ_{RK}	16.03	7.96	10.89	16.58	10.55
pórovitost	P	43.50	40.12	42.19	46.17	45.59
kapilární póry	P_K	16.03	7.96	10.89	16.58	10.55
semikapilární póry	P_S	17.04	22.74	20.18	13.17	15.30
nekapilární póry	P_N	10.43	9.42	11.12	16.42	19.74
provzdušenost	V_Z	29.04	26.05	29.13	32.88	36.66
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ}	23.72	29.21	28.26	25.81	29.65
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ}	27.47	32.16	31.30	29.59	35.04

Příloha č. 4 Nasyčená hydraulická vodivost

4.1 Svrchní vrstva půdy v roce 2016

2016	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
1. výjezd 0-10cm	3.7	150	5.8	3.2	2.6	5	25	0.0247	0.0019	0.1138	1.6394
	3.5	150	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0233	0.0021	0.1273	1.8327
	3.3	60	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0550	0.0050	0.3000	4.3200
	3	240	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0125	0.0011	0.0682	0.9818
	1	120	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0083	0.0008	0.0455	0.6545
								MIN	0.0008	0.0455	0.6545
								MAX	0.0050	0.3000	4.3200
								PRŮMĚR	0.0022	0.1310	1.8857

2016	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
2. výjezd 0-10cm	4.3	120	6	3.5	2.5	5	25	0.0358	0.0029	0.1720	2.4768
	4.2	120	5.8	3.3	2.5	5	25	0.0350	0.0028	0.1680	2.4192
	3.5	90	5.75	3.4	2.35	5	25	0.0389	0.0033	0.1986	2.8596
	1.5	150	5.75	3.4	2.35	5	25	0.0100	0.0009	0.0511	0.7353
	1	150	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0067	0.0006	0.0364	0.5236
								MIN	0.0006	0.0364	0.5236
								MAX	0.0033	0.1986	2.8596
								PRŮMĚR	0.0021	0.1252	1.8029

2016	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
3. výjezd 0-10cm	4.1	120	5.75	3.5	2.25	5	25	0.0342	0.0030	0.1822	2.6240
	4	120	6	3.55	2.45	5	25	0.0333	0.0027	0.1633	2.3510
	3.5	120	5.7	3.3	2.4	5	25	0.0292	0.0024	0.1458	2.1000
	1.7	120	6	3.4	2.6	5	25	0.0142	0.0011	0.0654	0.9415
	1.2	120	5.7	3.3	2.4	5	25	0.0100	0.0008	0.0500	0.7200
								MIN	0.0008	0.0500	0.7200
								MAX	0.0030	0.1822	2.6240
								PRŮMĚR	0.0020	0.1213	1.7473

4. 2 Svrchní vrstva půdy v roce 2017

2017	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
1. výjezd 0-10cm	3.4	120	5	3.2	1.8	5	25	0.0283	0.0031	0.1889	2.7200
	3.5	120	5.8	3.2	2.6	5	25	0.0292	0.0022	0.1346	1.9385
	3.5	60	5.7	3.2	2.5	5	25	0.0583	0.0047	0.2800	4.0320
	1	120	5.8	3.3	2.5	5	25	0.0083	0.0007	0.0400	0.5760
	0.6	90	5.6	3.1	2.5	5	25	0.0067	0.0005	0.0320	0.4608
								MIN	0.0005	0.0320	0.4608
								MAX	0.0047	0.2800	4.0320
								PRŮMĚR	0.0023	0.1351	1.9455

2017	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
2. výjezd 0-10cm	3.5	270	5.9	3.5	2.4	5	25	0.0130	0.0011	0.0648	0.9333
	3.2	120	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0267	0.0024	0.1455	2.0945
	3.5	90	5.75	3.3	2.45	5	25	0.0389	0.0032	0.1905	2.7429
	1.5	120	5.8	3.4	2.4	5	25	0.0125	0.0010	0.0625	0.9000
	1	60	5.74	3.5	2.24	5	25	0.0167	0.0015	0.0893	1.2857
								MIN	0.0010	0.0625	0.9000
								MAX	0.0032	0.1905	2.7429
								PRŮMĚR	0.0018	0.1105	1.5913

2017	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
3. výjezd 0-10cm	3.6	90	6	3.4	2.6	5	25	0.0400	0.0031	0.1846	2.6585
	3.5	120	6	3.3	2.7	5	25	0.0292	0.0022	0.1296	1.8667
	3.3	90	6	3.5	2.5	5	25	0.0367	0.0029	0.1760	2.5344
	1	120	6	3.3	2.7	5	25	0.0083	0.0006	0.0370	0.5333
	0.8	120	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0067	0.0006	0.0364	0.5236
								MIN	0.0006	0.0364	0.5236
								MAX	0.0031	0.1846	2.6585
								PRŮMĚR	0.0019	0.1127	1.6233

4. 3 Svrchní vrstva půdy v roce 2018

2018	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
1. výjezd 0-10cm	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
	3.9	120	6	3.2	2.8	5	25	0.0325	0.0023	0.1393	2.0057
	4	120	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0333	0.0030	0.1818	2.6182
	3.5	60	5.7	3.3	2.4	5	25	0.0583	0.0049	0.2917	4.2000
	0.8	90	5.6	3.3	2.3	5	25	0.0089	0.0008	0.0464	0.6678
	0.6	150	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0040	0.0004	0.0218	0.3142
								MIN	0.0004	0.0218	0.3142
								MAX	0.0049	0.2917	4.2000
								PRŮMĚR	0.0023	0.1362	1.9612
2018	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
2. výjezd 0-10cm	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
	2	60	5.6	2.7	2.9	5	25	0.0333	0.0023	0.1379	1.9862
	2.5	90	6.2	2.8	3.4	5	25	0.0278	0.0016	0.0980	1.4118
	2.2	60	6.1	3	3.1	5	25	0.0367	0.0024	0.1419	2.0439
	2.6	90	6	3	3	5	25	0.0289	0.0019	0.1156	1.6640
	2.3	90	6.2	2.9	3.3	5	25	0.0256	0.0015	0.0929	1.3382
								MIN	0.0015	0.0929	1.3382
								MAX	0.0024	0.1419	2.0439
								PRŮMĚR	0.0020	0.1173	1.6888
2018	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
3. výjezd 0-10cm	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
	2.6	90	5.7	2.9	2.8	5	25	0.0289	0.0021	0.1238	1.7829
	2.5	90	6.2	2.9	3.3	5	25	0.0278	0.0017	0.1010	1.4545
	2.6	90	6	3	3	5	25	0.0289	0.0019	0.1156	1.6640
	2.4	90	6.2	2.6	3.6	5	25	0.0267	0.0015	0.0889	1.2800
	2.1	90	6.2	2.9	3.3	5	25	0.0233	0.0014	0.0848	1.2218
								MIN	0.0014	0.0848	1.2218
								MAX	0.0021	0.1238	1.7829
								PRŮMĚR	0.0017	0.1028	1.4806

4.4 Podorničí v roce 2016

2016	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
1. výjezd 30cm	3	150	5.8	3.2	2.6	5	25	0.0200	0.0015	0.0923	1.3292
	2.9	150	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0193	0.0018	0.1055	1.5185
	3	60	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0500	0.0045	0.2727	3.9273
	3	240	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0125	0.0011	0.0682	0.9818
	1	120	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0083	0.0008	0.0455	0.6545
									MIN	0.0008	0.0455
								MAX	0.0045	0.2727	3.9273
								PRŮMĚR	0.0019	0.1168	1.6823

2016	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
2. výjezd 30cm	3	120	6	3.5	2.5	5	25	0.0250	0.0020	0.1200	1.7280
	2.9	120	5.8	3.3	2.5	5	25	0.0242	0.0019	0.1160	1.6704
	3.5	90	6	3.4	2.6	5	25	0.0389	0.0030	0.1795	2.5846
	1.5	150	6	3.4	2.6	5	25	0.0100	0.0008	0.0462	0.6646
	1.4	90	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0156	0.0014	0.0848	1.2218
									MIN	0.0008	0.0462
								MAX	0.0030	0.1795	2.5846
								PRŮMĚR	0.0018	0.1093	1.5739

2016	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
3. výjezd 30cm	3.1	120	6	3.5	2.5	5	25	0.0258	0.0021	0.1240	1.7856
	3.5	120	6	3.55	2.45	5	25	0.0292	0.0024	0.1429	2.0571
	3.2	120	5.7	3.3	2.4	5	25	0.0267	0.0022	0.1333	1.9200
	2.5	120	6	3.4	2.6	5	25	0.0208	0.0016	0.0962	1.3846
	1	120	6	3.3	2.7	5	25	0.0083	0.0006	0.0370	0.5333
									MIN	0.0006	0.0370
								MAX	0.0024	0.1429	2.0571
								PRŮMĚR	0.0018	0.1067	1.5361

4.5 Podorničí v roce 2017

2017	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
1. výjezd 30cm	3	120	5	3.2	1.8	5	25	0.0250	0.0028	0.1667	2.4000
	3.2	120	5.8	3.2	2.6	5	25	0.0267	0.0021	0.1231	1.7723
	2.9	120	5.7	3.2	2.5	5	25	0.0242	0.0019	0.1160	1.6704
	2.3	120	6	3.3	2.7	5	25	0.0192	0.0014	0.0852	1.2267
	1.4	120	5.6	3.1	2.5	5	25	0.0117	0.0009	0.0560	0.8064
									MIN	0.0009	0.0560
								MAX	0.0028	0.1667	2.4000
								PRŮMĚR	0.0018	0.1094	1.5752

2017	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
2. výjezd 30cm	1.7	120	5.9	3.5	2.4	5	25	0.0142	0.0012	0.0708	1.0200
	3	120	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0250	0.0023	0.1364	1.9636
	2.8	90	5.75	3.3	2.45	5	25	0.0311	0.0025	0.1524	2.1943
	1.5	120	5.8	3.4	2.4	5	25	0.0125	0.0010	0.0625	0.9000
	1	60	5.74	3.5	2.24	5	25	0.0167	0.0015	0.0893	1.2857
									MIN	0.0010	0.0625
								MAX	0.0025	0.1524	2.1943
								PRŮMĚR	0.0017	0.1023	1.4727

2017	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
3. výjezd 30cm	2.7	90	6	3.4	2.6	5	25	0.0300	0.0023	0.1385	1.9938
	2.8	120	6	3.3	2.7	5	25	0.0233	0.0017	0.1037	1.4933
	2.9	90	6	3.5	2.5	5	25	0.0322	0.0026	0.1547	2.2272
	1	120	6	3.3	2.7	5	25	0.0083	0.0006	0.0370	0.5333
	1	120	5.5	3.3	2.2	5	25	0.0083	0.0008	0.0455	0.6545
									MIN	0.0006	0.0370
								MAX	0.0026	0.1547	2.2272
								PRŮMĚR	0.0016	0.0959	1.3805

4.6 Podorníči v roce 2018

2018	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
1. výjezd 30cm	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
	3.5	120	6	3.1	2.9	5	25	0.0292	0.0020	0.1207	1.7379
	3.3	120	5.7	3.3	2.4	5	25	0.0275	0.0023	0.1375	1.9800
	3	60	5.8	3.3	2.5	5	25	0.0500	0.0040	0.2400	3.4560
	1	90	5.7	3.3	2.4	5	25	0.0111	0.0009	0.0556	0.8000
	1.2	210	5.6	3.3	2.3	5	25	0.0057	0.0005	0.0298	0.4293
								MIN	0.0005	0.0298	0.4293
								MAX	0.0040	0.2400	3.4560
								PRŮMĚR	0.0019	0.1167	1.6806
2018	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
2. výjezd 30cm	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
	1.8	60	5.8	2.7	3.1	5	25	0.0300	0.0019	0.1161	1.6723
	2.3	90	6.2	2.8	3.4	5	25	0.0256	0.0015	0.0902	1.2988
	2.2	60	6.2	2.8	3.4	5	25	0.0367	0.0022	0.1294	1.8635
	1.5	60	6	3	3	5	25	0.0250	0.0017	0.1000	1.4400
	2.1	90	6.2	2.9	3.3	5	25	0.0233	0.0014	0.0848	1.2218
								MIN	0.0014	0.0848	1.2218
								MAX	0.0022	0.1294	1.8635
								PRŮMĚR	0.0017	0.1041	1.4993
2018	V	čas	h ₁	h ₂	Δh	L	F	q=V/t	Ks	Ks	Ks
3. výjezd 30cm	cm ³	s	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ³ .s ⁻¹	cm.s ⁻¹	cm.min ⁻¹	m.den ⁻¹
	2.2	90	6	2.9	3.1	5	25	0.0244	0.0016	0.0946	1.3626
	2.1	90	6.2	3	3.2	5	25	0.0233	0.0015	0.0875	1.2600
	2.1	90	6	3	3	5	25	0.0233	0.0016	0.0933	1.3440
	2.1	90	5	2.8	2.2	5	25	0.0233	0.0021	0.1273	1.8327
	2	90	6	3	3	5	25	0.0222	0.0015	0.0889	1.2800
								MIN	0.0015	0.0875	1.2600
								MAX	0.0021	0.1273	1.8327
								PRŮMĚR	0.0016	0.0983	1.4159

Příloha č. 5 Infiltrace

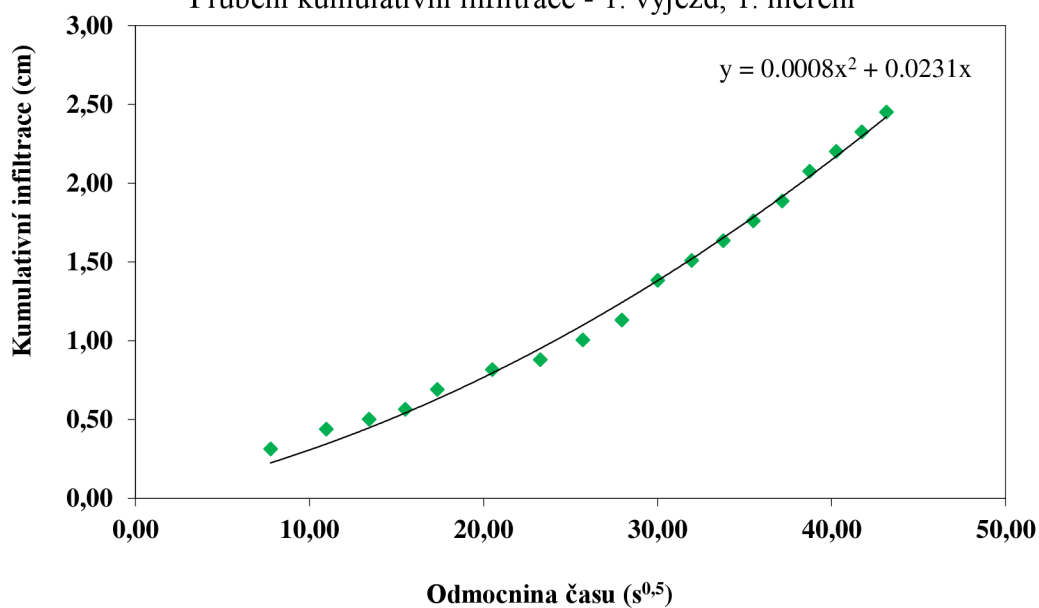
5.1 Minidiskový infiltrometr: první výjezd, první měření

Čas (min)	Čas (s)	Odmocnina ($s^{1/2}$)	Vsáklo se (ml)	Infiltrace (cm)
0	0		86	0.00
1	60	7.75	81	0.31
2	120	10.95	79	0.44
3	180	13.42	78	0.50
4	240	15.49	77	0.57
5	300	17.32	75	0.69
7	420	20.49	73	0.82
9	540	23.24	72	0.88
11	660	25.69	70	1.01
13	780	27.93	68	1.13
15	900	30.00	64	1.38
17	1020	31.94	62	1.51
19	1140	33.76	60	1.64
21	1260	35.50	58	1.76
23	1380	37.15	56	1.89
25	1500	38.73	53	2.08
27	1620	40.25	51	2.20
29	1740	41.71	49	2.33
31	1860	43.13	47	2.45

c_1	0.0008	s
c_2	0.0231	s
r_0	2.2	cm
alfa	0.02	
n	1.41	
h_0	-2	cm
A	8.1	

$K(-2)$	9.9E-05	cm/s
	0.36	cm/h

Průběh kumulativní infiltrace - 1. výjezd, 1. měření



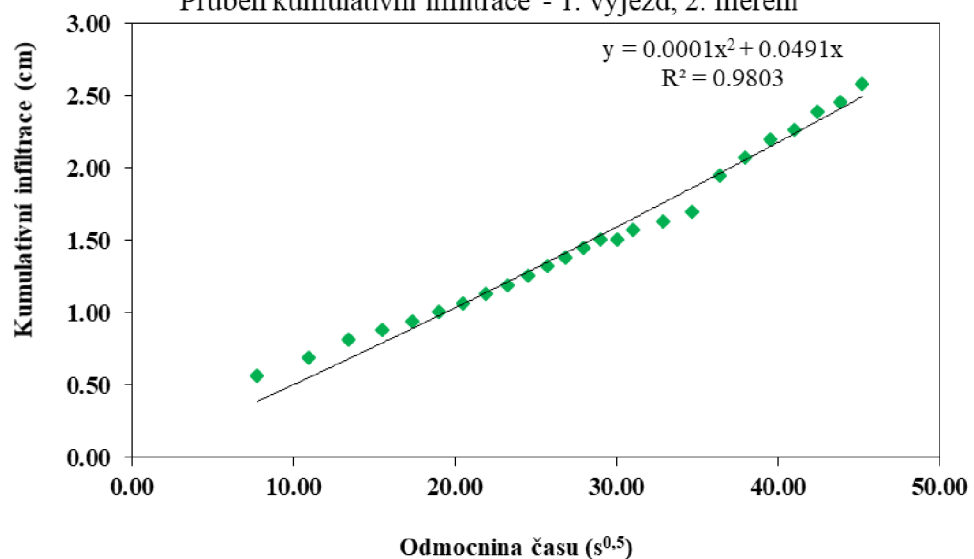
5.2 Minidiskový infiltrometr: První výjezd, druhé měření

Čas (min)	Čas (s)	Odmocnina ($s^{1/2}$)	Vsáklöse (ml)	Infiltrace (cm)
0	0		85	0.00
1	60	7.75	76	0.57
2	120	10.95	74	0.69
3	180	13.42	72	0.82
4	240	15.49	71	0.88
5	300	17.32	70	0.94
6	360	18.97	69	1.01
7	420	20.49	68	1.07
8	480	21.91	67	1.13
9	540	23.24	66	1.19
10	600	24.49	65	1.26
11	660	25.69	64	1.32
12	720	26.83	63	1.38
13	780	27.93	62	1.45
14	840	28.98	61	1.51
15	900	30.00	60	1.51
16	960	30.98	59	1.57
18	1080	32.86	58	1.64
20	1200	34.64	56	1.70
22	1320	36.33	54	1.95
24	1440	37.95	52	2.08
26	1560	39.50	50	2.20
28	1680	40.99	49	2.26
30	1800	42.43	47	2.39
32	1920	43.82	46	2.45
34	2040	45.17	44	2.58

c_1	0.0001	s
c_2	0.0491	s
r_0	2.2	cm
alfa	0.02	
n	1.41	
h_0	-2	cm
A	8.1	

$K(-2)$	1.2E-05	cm/s
	0.04	cm/h

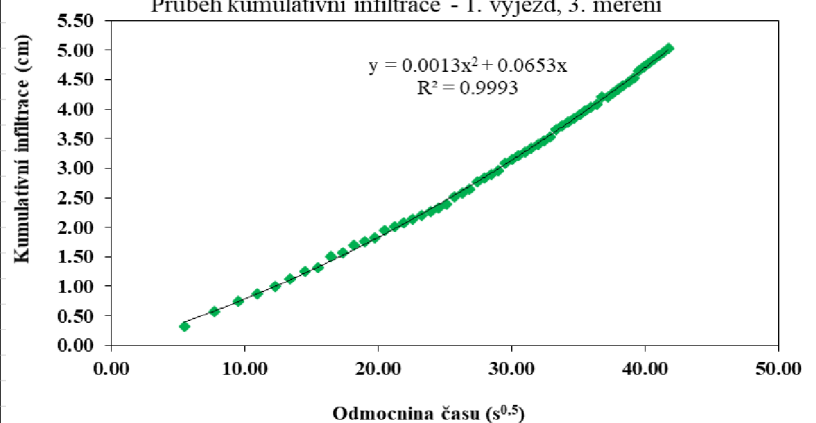
Průběh kumulativní infiltrace - 1. výjezd, 2. měření



5.3 Minidiskový infiltrometr: první výjezd, třetí měření

Čas (min)	Čas (s)	Odmocnina a ($s^{1/2}$)	Vsáčko se (ml)	Infiltrace (cm)			
0	0		80	0.00	c_1	0.0013	s
0.5	30	5.48	75	0.31	c_2	0.0653	s
1	60	7.75	71	0.57	r_0	2.2	cm
1.5	90	9.49	68	0.75	alfa	0.02	
2	120	10.95	66	0.88	n	1.41	
2.5	150	12.25	64	1.01	h_0	-2	cm
3	180	13.42	62	1.13	A	8.1	
3.5	210	14.49	60	1.26			
4	240	15.49	59	1.32	K(-2)	0.00016	cm/s
4.5	270	16.43	56	1.51		0.58	cm/h
5	300	17.32	55	1.57			
5.5	330	18.17	53	1.70			
6	360	18.97	52	1.76			
6.5	390	19.75	51	1.82			
7	420	20.49	49	1.95			
7.5	450	21.21	48	2.01			
8	480	21.91	47	2.08			
8.5	510	22.58	46	2.14			
9	540	23.24	45	2.20			
9.5	570	23.87	44	2.26			
10	600	24.49	43	2.33			
10.5	630	25.10	42	2.39			
11	660	25.69	40	2.52			
11.5	690	26.27	39	2.58			
12	720	26.83	38	2.64			
12.5	750	27.39	36	2.77			
13	780	27.93	35	2.83			
13.5	810	28.46	34	2.89			
14	840	28.98	33	2.96			
14.5	870	29.50	31	3.08			
15	900	30.00	30	3.14			
15.5	930	30.50	29	3.21			
16	960	30.98	28	3.27			
16.5	990	31.46	27	3.33			
17	1020	31.94	26	3.40			
17.5	1050	32.40	25	3.46			
18	1080	32.86	24	3.52			
18.5	1110	33.32	22	3.65			
19	1140	33.76	21	3.71			
19.5	1170	34.21	20	3.77			
20	1200	34.64	19	3.84			
20.5	1230	35.07	18	3.90			
21	1260	35.50	17	3.96			
21.5	1290	35.92	16	4.03			
22	1320	36.33	15	4.09			
22.5	1350	36.74	13	4.21			
23	1380	37.15	13	4.21			
23.5	1410	37.55	12	4.28			
24	1440	37.95	11	4.34			
24.5	1470	38.34	10	4.40			
25	1500	38.73	9	4.47			
25.5	1530	39.12	8	4.53			
26	1560	39.50	6	4.65			
26.5	1590	39.87	5	4.72			
27	1620	40.25	4	4.78			
27.5	1650	40.62	3	4.84			
28	1680	40.99	2	4.91			
28.5	1710	41.35	1	4.97			
29	1740	41.71	0	5.03			

Průběh kumulativní infiltrace - 1. výjezd, 3. měření



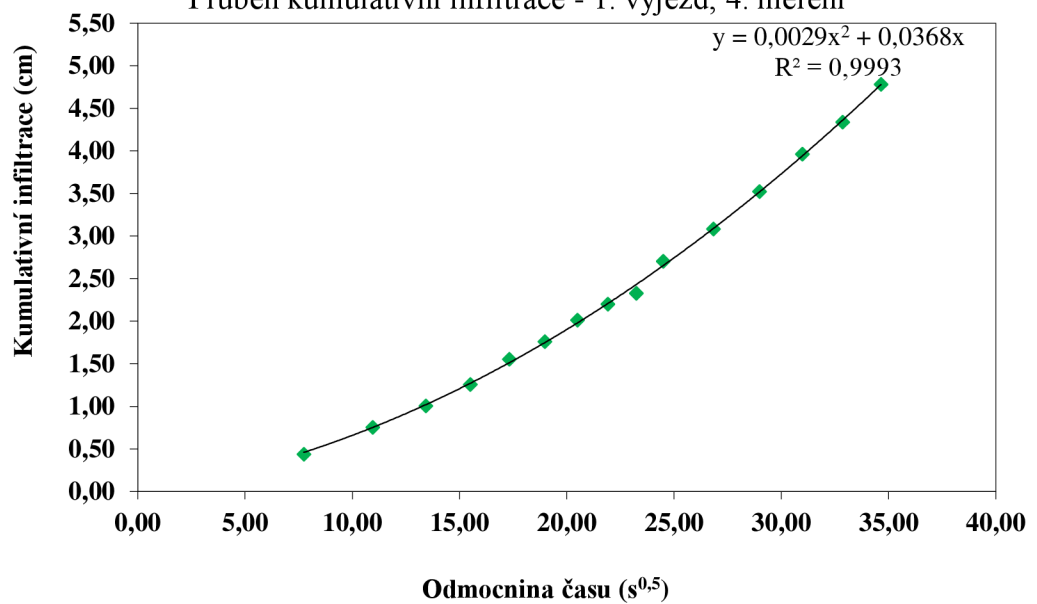
5.4 Minidiskový infiltrometr: první výjezd, čtvrté měření

Čas (min)	Čas (s)	Odmocnina ($s^{1/2}$)	Vsáкло se (ml)	Infiltrace (cm)
0	0		83	0.00
1	60	7.75	76	0.44
2	120	10.95	71	0.75
3	180	13.42	67	1.01
4	240	15.49	63	1.26
5	300	17.32	58.3	1.55
6	360	18.97	55	1.76
7	420	20.49	51	2.01
8	480	21.91	48	2.20
9	540	23.24	46	2.33
10	600	24.49	40	2.70
12	720	26.83	34	3.08
14	840	28.98	27	3.52
16	960	30.98	20	3.96
18	1080	32.86	14	4.34
20	1200	34.64	7	4.78

c_1	0.0029	s
c_2	0.0368	s
r_0	2.2	cm
alfa	0.02	
n	1.41	
h_0	-2	cm
A	8.1	

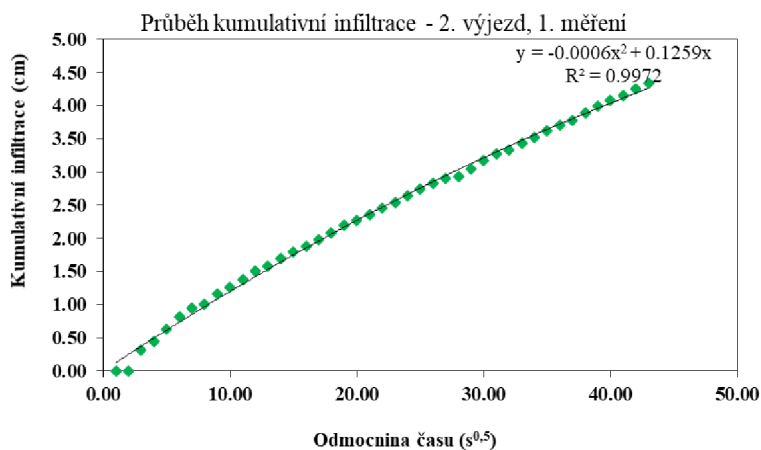
$K(-2)$	0.00036	cm/s
	1.29	cm/h

Průběh kumulativní infiltrace - 1. výjezd, 4. měření



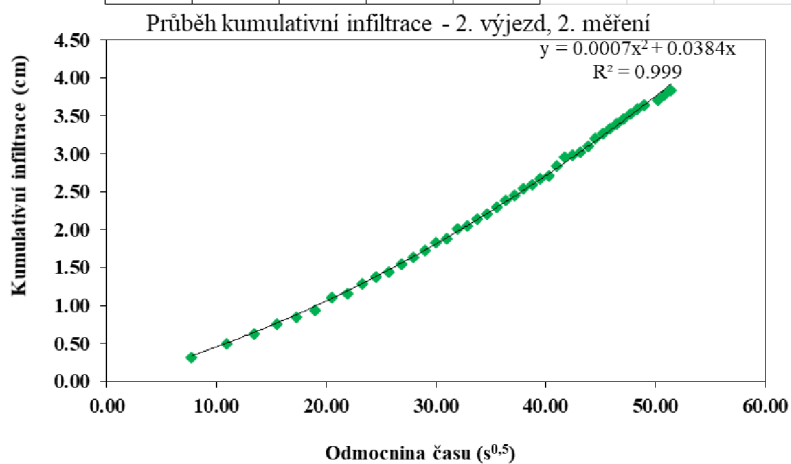
5.5 Minidiskový infiltrometr: druhý výjezd, první měření

Čas (min)	Čas (s)	Odmocnina ($s^{1/2}$)	Vsáкло se (ml)	Infiltrace (cm)			
0	0		80	0.00	c_1	0.0009 s	
0.5	30	5.48	75	0.31	c_2	0.1259 s	
1	60	7.75	73	0.44	r_0	2.2 cm	
2	120	10.95	70	0.63	alfa	0.02	
3	180	13.42	67	0.82	n	1.41	
4	240	15.49	65	0.94	h_0	-2 cm	
5	300	17.32	64	1.01	A	8.1	
6	360	18.97	61.5	1.16	$K(-2)$	0.00011 cm/s	
7	420	20.49	60	1.26		0.40 cm/h	
8	480	21.91	58	1.38			
9	540	23.24	56	1.51			
10	600	24.49	55	1.57			
11	660	25.69	53	1.70			
12	720	26.83	51.5	1.79			
13	780	27.93	50	1.89			
14	840	28.98	48.5	1.98			
15	900	30.00	47	2.08			
16	960	30.98	45	2.20			
17	1020	31.94	44	2.26			
18	1080	32.86	42.5	2.36			
19	1140	33.76	41	2.45			
20	1200	34.64	3.5	2.55			
21	1260	35.50	38	2.64			
22	1320	36.33	36.5	2.74			
23	1380	37.15	35	2.83			
24	1440	37.95	34	2.89			
25	1500	38.73	33.5	2.92			
26	1560	39.50	31.5	3.05			
27	1620	40.25	29.5	3.18			
28	1680	40.99	28	3.27			
29	1740	41.71	27	3.33			
30	1800	42.43	25.5	3.43			
31	1860	43.13	24	3.52			
32	1920	43.82	22.5	3.62			
33	1980	44.50	21	3.71			
34	2040	45.17	20	3.77			
35	2100	45.83	18.25	3.88			
36	2160	46.48	16.5	3.99			
37	2220	47.12	15.25	4.07			
38	2280	47.75	14	4.15			
39	2340	48.37	1.5	4.25			
40	2400	48.99	11	4.34			



5.6 Minidiskový infiltrometr: druhý výjezd, druhé měření

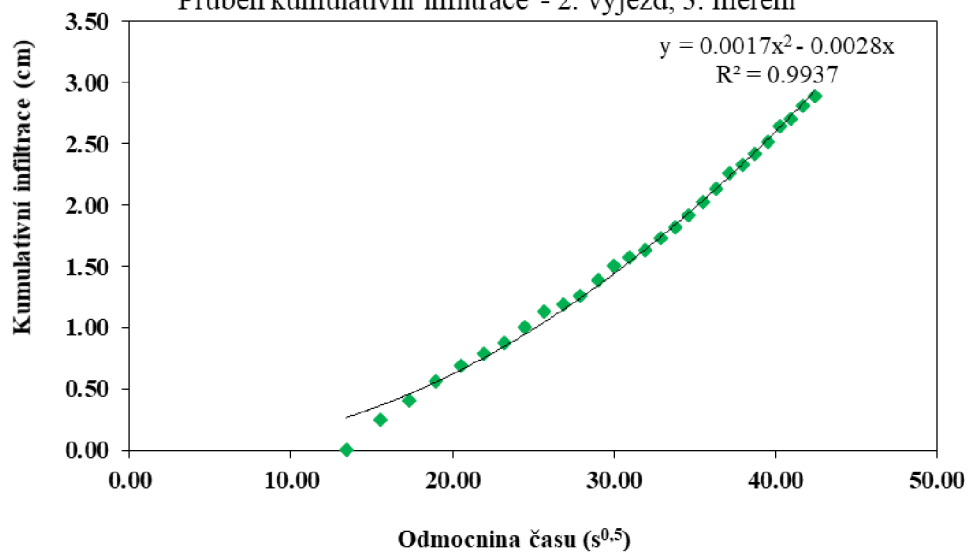
Čas (min)	Čas (s)	Odmocnina ($s^{1/2}$)	Vsáкло se (ml)	Infiltrace (cm)			
0	0		76	0.00		c_1	0.0007 s
1	60	7.75	71	0.31		c_2	0.0384 s
2	120	10.95	68	0.50		r_0	2.2 cm
3	180	13.42	66	0.63		alfa	0.02
4	240	15.49	64	0.75		n	1.41
5	300	17.32	62.5	0.85		h_0	-2 cm
6	360	18.97	61	0.94		A	8.1
7	420	20.49	58.5	1.10		$K(-2)$	8.6E-05 cm/s
8	480	21.91	57.5	1.16			0.31 cm/h
9	540	23.24	55.5	1.29			
10	600	24.49	54	1.38			
11	660	25.69	53	1.45			
12	720	26.83	51.5	1.54			
13	780	27.93	50	1.64			
14	840	28.98	48.5	1.73			
15	900	30.00	47	1.82			
16	960	30.98	46	1.89			
17	1020	31.94	44	2.01			
18	1080	32.86	43.5	2.04			
19	1140	33.76	42	2.14			
20	1200	34.64	41	2.20			
21	1260	35.50	39.5	2.30			
22	1320	36.33	38	2.39			
23	1380	37.15	37	2.45			
24	1440	37.95	35.5	2.55			
25	1500	38.73	34.75	2.59			
26	1560	39.50	33.5	2.67			
27	1620	40.25	33	2.70			
28	1680	40.99	30.75	2.85			
29	1740	41.71	29	2.96			
30	1800	42.43	28.5	2.99			
31	1860	43.13	28	3.02			
32	1920	43.82	26.75	3.10			
33	1980	44.50	25	3.21			
34	2040	45.17	24	3.27			
35	2100	45.83	23	3.33			
36	2160	46.48	22	3.40			
37	2220	47.12	21	3.46			
38	2280	47.75	20	3.52			
39	2340	48.37	19	3.58			
40	2400	48.99	18	3.65			
42	2520	50.20	17	3.71			
43	2580	50.79	16	3.77			
44	2640	51.38	15	3.84			



5.7 Minidiskový infiltrometr: druhý výjezd, třetí měření

Čas (min)	Čas (s)	Odmocnina ($s^{1/2}$)	Vsáklou (ml)	Infiltrace (cm)			
0	0		81	0.00	c_1	0.0017	s
1	60	7.75	77	0.25	c_2	0.0227	s
2	120	10.95	74.5	0.41	r_0	2.2	cm
3	180	13.42	72	0.57	alfa	0.02	
4	240	15.49	70	0.69	n	1.41	
5	300	17.32	68.5	0.79	h_0	-2	cm
6	360	18.97	67	0.88	A	8.1	
7	420	20.49	65	1.01	K(-2)	0.00021	cm/s
8	480	21.91	63	1.13		0.76	cm/h
9	540	23.24	62	1.19			
10	600	24.49	61	1.26			
11	660	25.69	59	1.38			
12	720	26.83	57	1.51			
13	780	27.93	56	1.57			
14	840	28.98	55	1.64			
15	900	30.00	53.5	1.73			
16	960	30.98	52	1.82			
17	1020	31.94	50.5	1.92			
18	1080	32.86	48.75	2.03			
19	1140	33.76	47	2.14			
20	1200	34.64	45	2.26			
21	1260	35.50	44	2.33			
22	1320	36.33	42.5	2.42			
23	1380	37.15	41	2.52			
24	1440	37.95	39	2.64			
25	1500	38.73	38	2.70			
26	1560	39.50	36.25	2.81			
27	1620	40.25	35	2.89			
28	1680	40.99	33	3.02			
29	1740	41.71	32	3.08			
30	1800	42.43	30	3.21			

Průběh kumulativní infiltrace - 2. výjezd, 3. měření

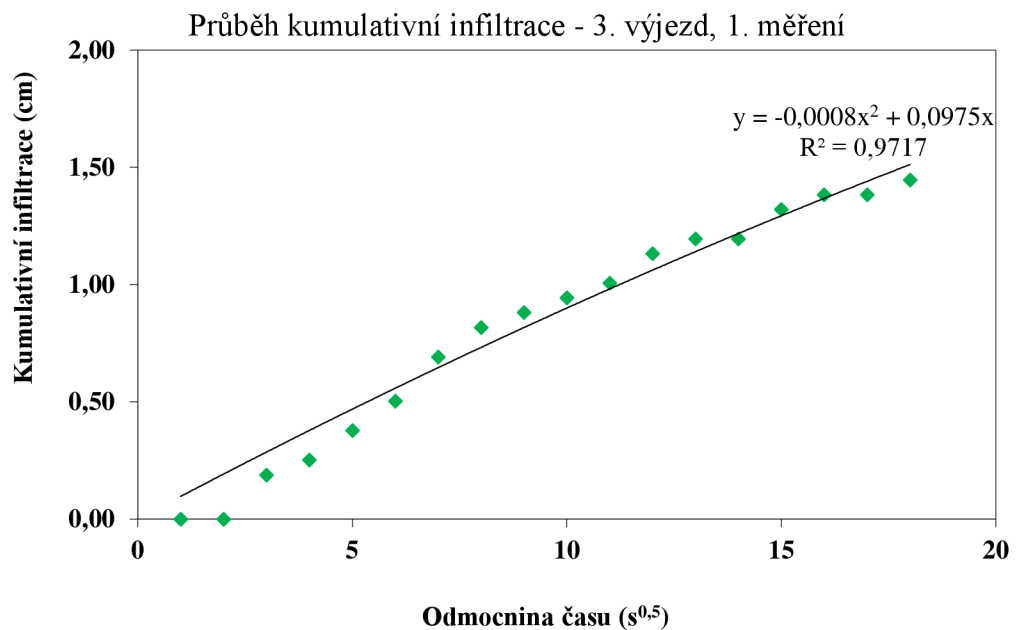


5.8 Minidiskový infiltrometr: třetí výjezd, první měření

Čas (min)	Čas (s)	Odmocnina ($s^{1/2}$)	Vsáкло se (ml)	Infiltrace (cm)
0	0		81	0.00
1	60	7.75	78	0.19
2	120	10.95	77	0.25
4	240	15.49	75	0.38
6	360	18.97	73	0.50
8	480	21.91	70	0.69
10	600	24.49	68	0.82
12	720	26.83	67	0.88
14	840	28.98	66	0.94
16	960	30.98	65	1.01
18	1080	32.86	63	1.13
20	1200	34.64	62	1.19
22	1320	36.33	62	1.19
24	1440	37.95	60	1.32
26	1560	39.50	59	1.38
28	1680	40.99	58	1.38
30	1800	42.43	56	1.45

c_1	0.0002	s
c_2	0.0252	s
r_0	2.2	cm
alfa	0.02	
n	1.41	
h_0	-2	cm
A	8.1	

$K(-2)$	2.5E-05	cm/s
	0.09	cm/h



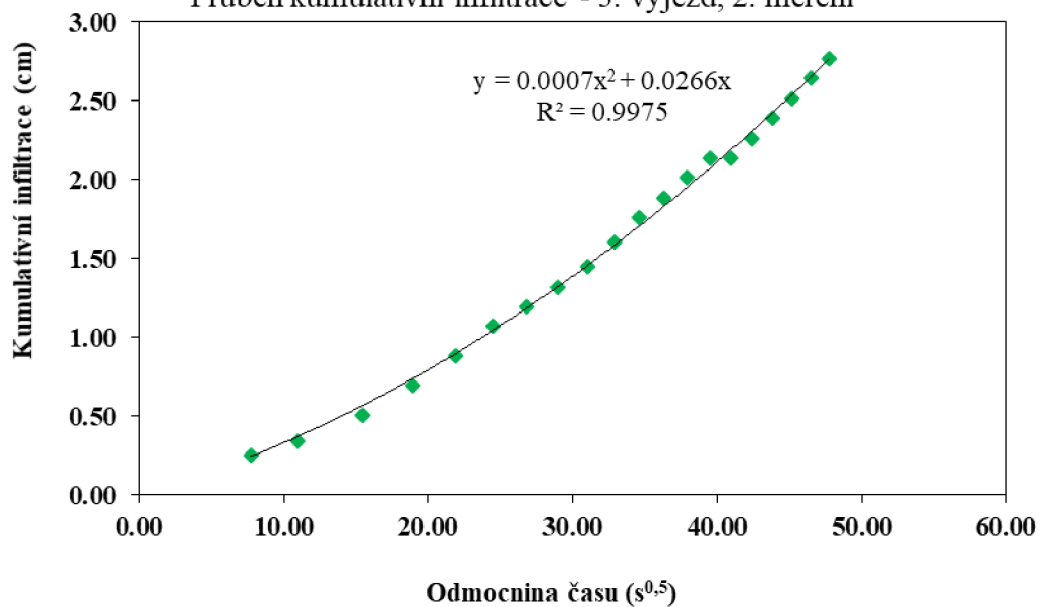
5.9 Minidiskový infiltrometr: třetí výjezd, druhé měření

Čas (min)	Čas (s)	Odmocnina ($s^{1/2}$)	Vsáкло se (ml)	Infiltrace (cm)
0	78		78	0.00
1	60	7.75	74	0.25
2	120	10.95	72.5	0.35
4	240	15.49	70	0.50
6	360	18.97	67	0.69
8	480	21.91	64	0.88
10	600	24.49	61	1.07
12	720	26.83	59	1.19
14	840	28.98	57	1.32
16	960	30.98	55	1.45
18	1080	32.86	52.5	1.60
20	1200	34.64	50	1.76
22	1320	36.33	48	1.89
24	1440	37.95	46	2.01
26	1560	39.50	44	2.14
28	1680	40.99	42	2.14
30	1800	42.43	40	2.26
32	1920	43.82	38	2.39
34	2040	45.17	36	2.52
36	2160	46.48	34	2.64
38	2280	47.75	32	2.77

c_1	0.0007	s
c_2	0.0266	s
r_0	2.2	cm
alfa	0.02	
n	1.41	
h_0	-2	cm
A	8.1	

$K(-2)$	8.6E-05	cm/s
	0.31	cm/h

Průběh kumulativní infiltrace - 3. výjezd, 2. měření



5.10 Minidiskový infiltrometr: třetí výjezd, třetí měření

Čas (min)	Čas (s)	Odmocnina ($s^{1/2}$)	Vsáкло se (ml)	Infiltrace (cm)
0	78		81	0.00
1	60	7.75	79	0.13
2	120	10.95	78	0.19
3	180	13.42	77	0.25
4	240	15.49	77	0.25
5	300	17.32	75	0.38
6	360	18.97	73	0.50

c_1	0.001	s
c_2	0.0046	s
r_0	2.2	cm
alfa	0.02	
n	1.41	
h_0	-2	cm
A	8.1	

$K(-2)$	0.00012	cm/s
	0.44	cm/h

