



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

DOPAD NETRADIČNÍCH TECHNOLOGIÍ ZPRACOVÁNÍ PŮDY NA KVALITU PŮDY

IMPACT OF UNCONVENTIONAL TECHNOLOGIES OF SOIL CULTIVATION ON SOIL
QUALITY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Kateřina Suchá

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVANA KAMENÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Kateřina Suchá
Název	Dopad netradičních technologií zpracování půdy na kvalitu půdy
Vedoucí práce	Ing. Ivana Kameníčková, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

Dexter, A.R. (2004b): Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma* 120, 201-214.

Kameníčková, I. (2013): BS06 - Návod do cvičení - Hydropedologie. Elektronická verze studijní opory pro studijní programy s prezenční formou studia, VUT FAST v Brně.

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

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

Pokorný, E. (2003): Příručka ekologického zemědělství. Praha: MZe ČR, 40 str., ISBN 80-7064-295-4.

Články v domácích a zahraničních odborných časopisech, sborníky z konferencí, internet

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci bakalářské práce bude zpracován teoretický rozbor problematiky dopadu netradičních technologií zpracování půdy na kvalitu půdy, která bude posuzována na základě fyzikálních, chemických a fyzikálně-chemických parametrů. Kvalitní/zdravá půda musí mít schopnost chránit kvalitu životního prostředí, podporovat růst rostlin i živočichů a neohrožovat životy lidí. V praktické části bude posouzena kvalita půdy ve vybrané lokalitě s minimalizačními technologiemi zpracování, a to na základě vybraných charakteristik fyzikálních a fyzikálně-chemických. Ty budou stanoveny z odebraných porušených a neporušených půdních vzorků ze svrchní vrstvy půdy (0-10 cm) standardními metodami v laboratorních podmínkách.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Ing. Ivana Kameníčková, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Zemědělská půda je zpracovávána různými způsoby, které mají vliv na její vlastnosti. Rozeznáváme dva typy technologií zpracování půdy. Těmi jsou konvenční (klasické) zpracování půdy, kdy se používá orba a minimalizační, u kterého je orba vyloučena. Cílem této konkrétní práce je posoudit kvalitu půdy v blízkosti obce Bohaté Málkovice, která je dlouhodobě zpracovávána minimalizačními technologiemi. Jako ukazatele kvality půdy jsme použili vybrané fyzikální a fyzikálně-chemické charakteristiky, které jsou stanoveny z odebraných porušených a neporušených půdních vzorků ze svrchní vrstvy půdy (0-10 cm) standardními metodami v laboratorních podmínkách. V teoretické části jsou popsány základní fyzikální vlastnosti půdy a způsoby jejich určení. Praktická část je věnována představení zkoumané lokality a jsou zde uvedeny a následně vyhodnoceny výsledky vybraných fyzikálních a fyzikálně-chemických vlastností půdy. V závěru je posouzen dopad použité technologie zpracování půdy v lokalitě Bohaté Málkovice na vybrané vlastnosti půdy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Technologie zpracování půdy, klasická technologie, minimalizační technologie, fyzikální, chemické a fyzikálně-chemické vlastnosti půdy, zrnitost, objemová hmotnost, pórovitost, momentální vlhkost, provzdušenost, degradace půdy, kvalita půdy, základní rozbor neporušeného půdního vzorku, pH, obsah uhličitánů, salinita půdy.

ABSTRACT

Agricultural land is being handled by various tillage of soil which affects properties of soil. There are two types of tillage treatment. These are conventional (classic) tillage with plowing and minimization tillage (plowing is excluded). The aim of this particular work is to assess the quality of the soil near the village of Bohaté Málkovice, which is being (long-term) handled by minimization tillage. As indicators of soil quality, we used selected physical and physico-chemical characteristics, which are determined from analysis of disturbed and undisturbed soil samples from the top soil layer (0-10 cm) by standard methods in laboratory conditions. The theoretical part describes the basic physical properties of the soil and the ways of their determination. The practical part is devoted to the presentation of the examined locality and the results of selected physical and physico-chemical properties of the soil are presented and subsequently evaluated. In the conclusion, the impact of used tillage in Bohaté Málkovice on the selected soil properties is assessed.

KEYWORDS

Tillage treatment, conventional tillage, minimization tillage, physical, chemical and physico-chemical properties of soil, the particle size distribution, bulk density of the soil, porosity, actual volumetric water content of the soil, aeration, soil

degradation, soil quality, basic analysis of undisturbed soil sample, pH, carbonates, salinity of soil.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Kateřina Suchá Dopad netradičních technologií zpracování půdy na kvalitu půdy. Brno, 2017. 56 s., 8 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Ivana Kameníčková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 25. 5. 2017

Kateřina Suchá
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

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

OBSAH

1	ÚVOD	1
1.1	CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	2
2	TEORETICKÁ ČÁST	3
2.1	FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PŮDY	3
2.1.1	ZDÁNlivÁ HUSTOTA PŮDNÍCH ČÁSTIC	3
2.1.2	ZRNITOST	4
2.1.2.1	METODY ZRNITOSTNÍHO ROZBORU	4
2.1.3	ROZBOR NEPORUŠENÉHO PŮDNÍHO VZORKU A VYBRANÉ FYZIKÁLNÍ VELIČINY	9
2.1.3.1	OBJEMOVÁ HMOTNOST	12
2.1.3.2	PÓROVITOST	13
2.1.3.3	MOMENTÁLNÍ VLHKOST	14
2.1.3.4	PROVZDUŠENOST PŮDY	14
2.2	CHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮDY	15
2.2.1	pH	15
2.2.2	STANOVENÍ OBSAHU UHLIČITANŮ V PŮDĚ	16
2.2.3	KONDUKTIVITA	18
3	PRAKTICKÁ ČÁST	19
3.1	CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ	19
3.1.1	KLIMATICKÉ POMĚRY	21
3.1.2	HYDROLOGICKÉ PODMÍNKY	22
3.1.3	TECHNOLOGIE ÚPRAVY PŮDY	22
3.2	POPIS PRÁCE V TÉRÉNU A LABORATOŘI	23
3.2.1	SONDÁŽNÍ PRÁCE	23
3.2.2	ODBĚR PŮDNÍCH VZORKŮ	24
3.2.3	PRÁCE V LABORATOŘI	25
3.3	VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ	25
3.3.1	ZDÁNlivÁ HUSTOTA PŮDNÍCH ČÁSTIC	25
3.3.2	ZRNITOSTNÍ ROZBOR	25
3.3.3	VYBRANÉ FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PŮDY	26
3.3.3.1	OBJEMOVÁ HMOTNOST REDUKOVANÁ	27
3.3.3.2	PÓROVITOST, ROZDĚLENÍ PÓRŮ	28
3.3.3.3	MOMENTÁLNÍ VLHKOST	29
3.3.3.4	PROVZDUŠENOST	29
3.3.4	VYBRANÉ CHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮDY	30
3.3.4.1	pH	30
3.3.4.2	STANOVENÍ OBSAHU UHLIČITANŮ V PŮDĚ	30
3.3.4.3	KONDUKTIVITA	30

4 ZÁVĚR	31
5 POUŽITÁ LITERATURA	32
SEZNAM TABULEK	34
SEZNAM OBRÁZKŮ	35
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	36
SEZNAM PŘÍLOH	38

1 ÚVOD

Půdu řadíme mezi základní složky životního prostředí, které podmiňují udržení života na Zemi. Půda se podílí na stabilitě ekosystémů a ovlivňuje bilanci látek a energie. Tvoří zásobu vody pro rostlinnou i živočišnou říši a má významnou funkci v hydrologii. Je pro nás tedy nepostradatelná. [1]

Postupným vlivem člověka na půdu bohužel dochází k její degradaci. Půda je ohrožena jak zemědělstvím v podobě pesticidů a hnojiv, tak i jinými vlivy, např. kontaminací z průmyslu nebo dopravy. Intenzita zemědělství se neustále zvyšuje, častěji se také pěstují plodiny s větší potřebou vláhy. Zdroj půdy však není nevyčerpatelný. Všechny tyto negativní účinky se na půdě mohou podepsat jejím výrazným úbytkem v důsledku vodní eroze.

Pro zamezení ztráty půdy je třeba se zamyslet nad různými způsoby jejího zpracování. Volbou optimálního způsobu zpracování je možné zlepšit některé fyzikální a fyzikálně-chemické vlastnosti půdy. Zpracováním půdy se totiž mění její fyzikální stav, na kterém závisí vodní, vzdušný, biologický a tepelný režim půdy. To ovlivňuje budoucí růst a vývoj vybraných plodin.

Rozeznáváme dvě základní technologie zpracování půdy, klasickou s použitím orby a minimalizační, při které je orba vyloučena.

Při klasické neboli konvenční technologii zpracování půdy se uplatňuje orba radličným pluhem, rostlinné zbytky předplodin, biomasa meziplodin a nadzemní části plevelů jsou při orbě zapravovány do půdy. Tento způsob zpracování půdy je náročnější na energii a finanční prostředky. [2]

Mezi hlavní způsoby minimalizační technologie patří mělké zpracování půdy a setí do nezpracované půdy. Změny vyvolané zpracováním půdy nejvýrazněji ovlivňují jednu ze základních pedologických charakteristik, objemovou hmotnost. Ta má vliv na ostatní fyzikální vlastnosti půdy jako pórovitost, vzdušnou a vodní kapacitu apod. Přínos minimalizační technologie je v její finanční a energetické nenáročnosti, ale hlavně v pozitivním dopadu na životní prostředí.

V České republice se odhaduje využití této technologie na 30 % orné půdy, aplikace se provádí především u pěstování obilovin, kukuřice, olejnin a luskovin. [14]

1.1 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tato bakalářská práce se zabývá posouzením dopadu netradičních technologií zpracování půdy na kvalitu půdy. Zkoumanou lokalitou je území v blízkosti obce Bohaté Málkovice, v němž je půda dlouhodobě zpracovávána minimalizační technologií. Kvalitu půdy posuzujeme na základě fyzikálních a fyzikálně-chemických parametrů. V teoretické části jsou popsány základní fyzikální vlastnosti půdy a způsoby jejich určení. Praktická část je věnována představení zkoumané lokality a jsou zde uvedeny a následně vyhodnoceny výsledky vybraných fyzikálních a fyzikálně-chemických vlastností půdy. V závěru je posouzen dopad použitých technologií zpracování půdy v lokalitě Bohaté Málkovice na vybrané vlastnosti půdy.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PŮDY

2.1.1 ZDÁNLIVÁ HUSTOTA PŮDNÍCH ČÁSTIC

Zdánlivá hustota pevných částic udává poměr pevných částic k jejich objemu. Jedná se o stav bez pórů, který je uměle vytvořený v laboratoři. U sypkých materiálů je možné ho zjistit pomocí pyknometru, kdy objem vytlačené vody z pyknometru představuje objem pevných částic. [5]

Pyknometrické stanovení zdánlivé hustoty

Pomůcky: pyknometr „Gay-Lussac“ se širokým hrdlem a zátkou o obsahu 100 cm³, porcelánová miska, skleněná tyčinka, plynový kahan, vodní lázeň 20°C, nálevka z umělé hmoty, teploměr, váhy s přesností 0,01 g. [5]

Postup: vzorek jemnozeme o hmotnosti 10 g se vsype do misky, zalije destilovanou vodou a vaří se po dobu 3 – 10 minut. Suspenze se promíchává skleněnou tyčinkou, při vaření se ze vzorku vypudí vzduch a odpařená voda se postupně doplňuje. Pyknometr se naplní převařenou destilovanou vodou až po hrdlo, temperuje se ve vodní lázni na teplotu 20°C. Poté se dolije převařenou destilovanou vodou (20°C) a uzavře se zátkou, která se nechá volně zapadnout. Pyknometr se vyjme z vodní lázně, osuší se a provede se kontrola vzduchu v systému, poté se pyknometr zváží. Destilovaná voda se z pyknometru vylije a místo ní se do pyknometru beze zbytku vlije zchlazená suspenze. Zbytek objemu pyknometru se dolije převařenou destilovanou vodou a nechá se temperovat na 20°C. Zátka se nechá volně zapadnout, pyknometr se osuší a zváží. Poté se určí objem naváženého vzorku a zdánlivá hustota podle rovnic 2.1.1 a 2.1.2. [5]

$$V_v = P_v + N_s - P_s \text{ [cm}^{-3}\text{]}, \quad (2.1.1)$$

$$\rho_s = \frac{N_s}{V_v} = \frac{N_s}{P_v + N_s - P_s} \text{ [g} \cdot \text{cm}^{-3}\text{]}, \quad (2.1.2)$$

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]. [5]

Zdánlivá hustota půdních částic podává informaci o zastoupení organického podílu v půdě. Při jejím vyhodnocení se řídíme tabulkou 2.1.

Tabulka 2.1 – Odhad zastoupení organického podílu v půdě dle hodnot specifické hmotnosti [5]

< 2,0	rašelinné horizonty
2,0 – 2,4	zrašeliněné horizonty
2,4 – 2,5	silně humózní horizonty
2,5 – 2,6	povrchové humózní horizonty
2,6 – 2,7	hlinité horizonty (cca 1% humusu)
2,7 – 2,8	železem obohacené iluviální horizonty

2.1.2 ZRNITOST

Zrnitost popisuje procentuální zastoupení částic určité velikosti v celém objemu. Zásadně ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti půd. Díky zrnitostnímu rozboru jsme schopni klasifikovat vzorek půdy podle druhu nebo zrnitostní třídy. Pro zrnitostní rozbor je potřeba jemnozem I (částice menší než 2 mm). V případě, že půdní vzorek obsahuje více jak 10 % částic větších než 2 mm, je nutné provést stanovení skeletu. Zrnitost můžeme stanovit několika způsoby.

2.1.2.1 METODY ZRNITOSTNÍHO ROZBORU

Základní a nejjednodušší metodou zrnitostního rozboru je **prosévání přes sadu sít** s určitými průměry ok. Ke třídění texturních částic používáme metody vyplavovací (elutriační) a usazovací (sedimentační). U první jmenované metody se využívá unášecí síla vodního proudu. Druhá jmenovaná využívá sedimentační rychlosti částic rozdílných rozměrů. Pro vyplavovací metodu platí Schöneho vztah

$$d = 0,0314 \sqrt[11]{v^7} \text{ [mm]}, \quad (2.1.2.1)$$

kde:

v... rychlost [mm.s⁻¹],

d... průměr částic [mm], platí pro rychlost v= 0,1-12,0 mm.s⁻¹.

Pro sedimentační metodu platí Stokesův vztah

$$v = \frac{2}{9} \frac{g r^2 (\rho_z - \rho_0)}{\eta} = a r^2 [\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}], \quad (2.1.2.2)$$

kde:

v... sedimentační rychlost [$\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$],

g... tíhové zrychlení [$981 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$],

ρ_z ... hustota částecek [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$],

ρ_0 ... hustota disperzního prostředí [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$],

η ... viskozita disperzního prostředí [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$] pro vodu $20^\circ\text{C} = 1,004 \cdot 10^{-2}$,

a... konstanta pro sedimentaci zemitých částic ve vodě 20°C ,

r... poloměr částic [cm].

Stokesův vztah platí jen v laminární oblasti vymezené Reynoldsovým kritériem, pro kulové částice v rozmezí $0,001 \text{ mm} < r < 0,08 \text{ mm}$.

Hustoměrná metoda (A. Casagrande) patří k sedimentačním metodám. Používá se od roku 1934 a patří mezi neopakovanou sedimentaci. Postupnou sedimentací dochází ke snižování hustoty suspenze, což se projeví poklesem speciálního hustoměru.

Pomůcky: hustoměr o rozsahu 0,995 – 1,030 cejchovaný při 20°C s přesností

$\pm 0,0002$, stopky, vysoušečky, porcelánové misky, síto o průměru ok 2 mm, písková lázeň nebo topná deska, sušárna, stříčka, skleněná tyčinka, odměrný válec, sedimentační válec o objemu 1000 ml, teploměr, míchadlo, pipeta, nomogram.

Preparace vzorku: slouží k oddělení půdních agregátů na jednotlivá zrna a zamezení tvorbě koagulačních vloček v průběhu zrnitostního rozboru (pomocí koagulačních látek). Preparaci lze provádět mechanicky, chemicky nebo kombinací mechanické a chemické metody.

Příprava vzorku třepáním

Pomůcky: láhev o objemu 500 ml, nálevka, horizontální třepačka, porcelánové misky s plochým dnem, stříčka s destilovanou vodou, olověné kuličky potažené gumou, váhy s přesností 0,05 g, hodinové sklo.

Postup: navážku jemnozeme I (50 g) necháme máčet v destilované vodě po dobu 24 hodin. Poté se vše přemísí do širokohrdlé lahve a přidá se 5 olověných kuliček. Uzavře se lahev a nechá se protřepávat na horizontální třepačce 60 minut (440 rázů/min). Suspenze se přelije pomocí nálevky a skleněné tyčinky do misky, kde se ponechá opět 24 hodin. Posléze se již provede zrnitostní rozbor.

Postup hustoměrné zkoušky: po preparaci vzorku se suspenze přelije do sedimentačního válce a doplní se destilovanou vodou (objem 1000 cm³) a dispergačním činidlem (1 ml činidla/1 g jemnozeme). Suspenze se míchá jednu minutu před počátkem sedimentace, moment vyjmutí míchadla znamená začátek měření. Ihned se za stopku hustoměr pomalu vkládá do suspenze (10 s). Hustota se začne číst po uklidnění hustoměru (nesmí se houpat a otáčet) na horním menisku. Tisíciny se do formuláře zapisují jako celky (4,3 znamená 1,0043). Posléze se provede oprava nulového čtení a úprava meniskové korekce. Hustota se odečítá v časových intervalech: 30'', 1', 2', 5', 15', 45', 2, 5 a 24 hodin.

Hustoměr vyjmeme ze sedimentačního válce po 5 minutách, opláchneme ho a znovu vložíme do válce, vždy minutu před dalším měřením. Při hustoměrné zkoušce se měří teplota suspenze po 15' a posléze při každém čtení s přesností ± 0,2°C. Podle naměřených teplot se určí teplotní korekce z nomogramu.[3] Pro vyhodnocení se používá Stokesův vztah.

$$D = \sqrt{\frac{18 \cdot \eta \cdot H}{g \cdot t \cdot (\rho_z - \rho_0)}} \text{ [mm]}, \quad (2.1.2.3)$$

kde:

D... průměr zrna [mm],

η ... dynamická viskozita tekutiny [g.cm⁻¹.s⁻¹] $\eta = 0,017e^{-0,0251}$,

ρ_z ... hustota částic [g.cm⁻³],

ρ_0 ... hustota disperzního prostředí [g.cm⁻³],

g... tíhové zrychlení [981 cm.s⁻¹],

H... hloubka ponořeného hustoměru v suspenzi [cm],

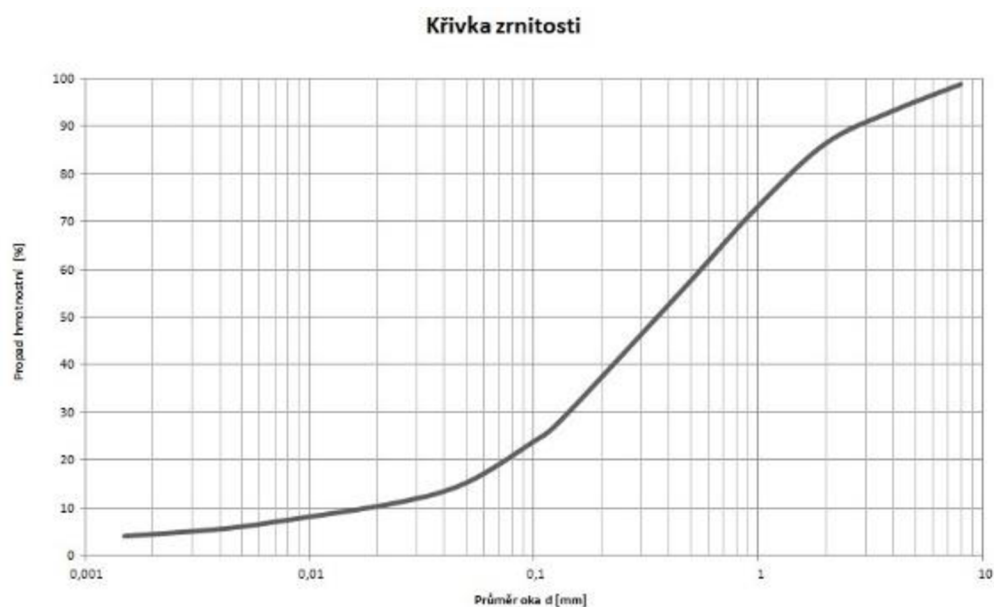
R... čtení hustoměru,

t... čas měření [s],

T... teplota suspenze [°C].

V současnosti se nomogramy používají pouze ve cvičeních, naměřené hodnoty se zpracovávají v programu Microsoft Excel - Ing. Rudolf Milerski, CSc. vytvořil jednoduchý program pro výpočet jednotlivých frakcí, který umožňuje vykreslit křivku zrnitosti.

Jako výsledek těchto zkoušek můžeme sestavit křivku zrnitosti. Na vodorovnou osu x vynášíme průměr zrn v logaritmickém měřítku a na svislou osu y procentuální podíly propadů jednotlivých frakcí.



Obrázek 2.1 – Křivka zrnitosti [4]

Jednotlivé frakce, odečtené z křivky zrnitosti, mají shodné některé základní fyzikální vlastnosti. Frakce z křivky zrnitosti odečítáme v závislosti na použitém klasifikačním systému. Běžně využíváme klasifikaci půdy dle Nováka, trojúhelníkového diagramu USDA a Kopeckého.

Pro použití Novákovy klasifikace musíme znát obsah částic menších než 0,01 mm, viz tabulka 2.2.

Frakce potřebné při klasifikaci dle Kopeckého jsou uvedeny v tabulce 2.3.

Pro určování zrnitostních tříd podle Taxonomického klasifikačního systému půd ČR používáme převzaté zrnitostní frakce podle Ministerstva zemědělství USA (USDA), které jsou uvedeny v tabulce 2.4.

Pro určení půdního druhu podle trojúhelníkového diagramu je třeba znát procentuální podíl jílu ($< 0,002$ mm), prachu ($0,002 - 0,05$ mm) a písku ($0,05 - 2$ mm). Trojúhelníkový diagram je na obrázku 2.2.

Tabulka 2.2 – Zrnitostní klasifikace dle Nováka [5]

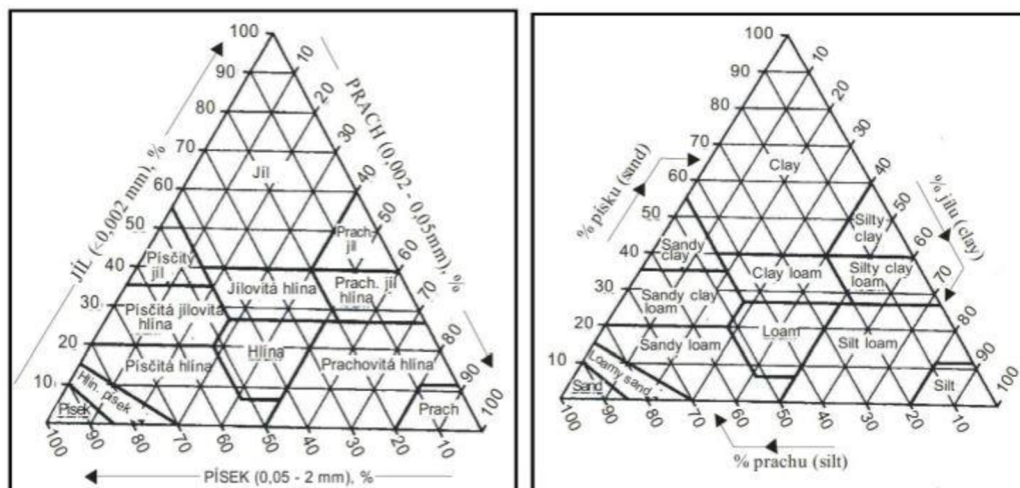
OBSAH ČÁSTIC $< 0,01$ MM (%)	OZNAČENÍ PŮDNÍHO DRUHU	ZÁKLADNÍ PŮDNÍ DRUHY
0 0 – 10 10 – 20	PÍSEK PÍŠČITÁ HLINITOPÍŠČITÁ	LEHKÁ PŮDA
20 – 30 30 – 45	PÍŠČITOHINITÁ HLINITÁ	STŘEDNÍ PŮDA
45 – 60 60 – 75 > 75	JÍLOVITOHINITÁ JÍLOVITÁ JÍL	TĚŽKÁ PŮDA

Tabulka 2.3 – Zrnitostní frakce podle Kopecského [5]

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

Tabulka 2.4 – Zrnitostní frakce podle Ministerstva zemědělství USA

Název frakce	Průměr částic (mm)
jíl	$< 0,002$
prach	$0,002 - 0,05$
písek	$0,05 - 2,0$
(velmi jemný písek)	$(0,05 - 0,1$
jemný písek	$0,1 - 0,25$
střední písek	$0,25 - 0,5$
hrubý písek	$0,5 - 1,0$
velmi hrubý písek)	$1,0 - 2,0)$



Obrázek 2.2 – Trojúhelníkové diagramy pro stanovení druhu podle obsahu jílu, prachu a písku v % hmotnostních. Systém ministerstva USA, z něho odvozený systém, který používá Taxonomický klasifikační systém půd ČR [5]

2.1.3 ROZBOR NEPORUŠENÉHO PŮDNÍHO VZORKU A VYBRANÉ FYZIKÁLNÍ VELIČINY

Rozborem neporušeného půdního vzorku jsme schopni analyzovat základní fyzikální veličiny, vodní a vzdušný režim půdy. Těmto vlastnostem se budeme podrobněji věnovat níže.

Pomůcky: Kopeckého váleček (objem 100 cm³), hodinové sklo, (průměr 7–8 cm), zařízení pro kapilární nasávání válečků, filtrační papír, rovná lopatka, technické váhy, exsikátor se sikativem, sušárna.

Před samotným odběrem je potřeba zjistit hmotnost a objem válečku. Neporušené půdní vzorky odebíráme ze stejné stěny a místa jako vzorky porušené, tedy z čela sondy ze středů jednotlivých horizontů, vždy zespona nahoru. Zde vytvoříme rovnou plošku a do ní plynule vlačujeme připravený váleček, bez viklání. K této činnosti používáme násadec. Váleček do zeminy tlačíme, až sloupec zeminy převyšuje horní okraj válečku o přibližně 1 cm. Tuto zeminu, po oddělení válečku, opatrně odkrojíme. Díky tomuto postupu odebírání vzorku zamezíme promíchání vzorků.

Vzorek půdy v neporušené struktuře odebraný pomocí soupravy pro odběr vzorků do Kopeckého válečku se v laboratoři ihned zváží na hodinovém sklu o předem známé hmotnosti. Zjištěnou hmotnost G_A zaznamenáme do zápisníku. Dále vzorek necháme nasytit destilovanou vodou. Snažíme se zamezit výparu pomocí hodinového skla, které položíme na horní základnu. Po nasycení vzorek opět zvážíme na hodinovém sklu a tím dostaneme hmotnost G_B .

Poté se vzorek postaví na filtrační papír a horní základna se zakryje hodinovým sklem. Od tohoto okamžiku ($t = 0$) se začíná měřit doba odsávání. Hmotnost odsávaného vzorku se měří ve 30' (G_C), 90' (G_D) a 22 hodinách (G_E). [3]

Vzorek se vysuší při 105°C do konstantní hmotnosti, nechá se vychladnout v exsikátoru a zváží se. Tato hmotnost se měří po vychladnutí (G_F) a využívá se při stanovení sušiny (G_H).



Obrázek 2.3 – Příprava neporušeného půdního vzorku k rozboru. [6]



Obrázek 2.4 – Rozbor neporušeného půdního vzorku – vysušený vzorek půdy [6]

Tabulka 2.5 – Formulář pro záznam stanovených hmotností [5]

Stanovení	symbol	výpočet	jednotka
Momentální vlhkost	θ_{mom}	$(G_A - G_F)$	% obj.
Nasáklivost	θ_{ns}	$(G_B - G_F)$	% obj.
Vlhkost 30'	θ_{30}	$(G_C - G_F)$	% obj.
Max. kap. vodní kapacita	θ_{MKK}	$(G_D - G_F)$	% obj.
Retenční vodní kapacita	θ_{RVK}	$(G_E - G_F)$	% obj.
Zdánlivá hustota pevných částic (spec. hmot.)	Q_s	$N_s/N_s+P_v-P_s$	g.cm^{-3}
Sušina	G_H	$G_F - (G_v + G_s)$	g
Objemová hmotnost	Q_d	G_H/V_s	g.cm^{-3}
Celková pórovitost	P	$(Q_s - Q_d) \cdot 100/Q_s$	% obj.
Kapilární pórovitost	P_K	θ_{RVK}	% obj.
Semikapilární pórovitost	P_S	$\theta_{30} - \theta_{\text{RK}}$	% obj.
Nekapilární pórovitost	P_N	$P - \theta_{30}$	% obj.
Provzdušenost	V_z	$P - \theta_{\text{mom}}$	% obj.
Max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKvz}	$P - \theta_{\text{MKK}}$	% obj.
Retenční vzdušná kapacita	K_{RVKvz}	$P - \theta_{\text{RVK}}$	% 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

2.1.3.1 OBJEMOVÁ HMOTNOST

Objemová hmotnost udává hmotnost objemové jednotky zeminy v přirozené struktuře. Určuje se jako podíl hmotnosti zeminy a jejího objemu stanovených v okamžiku odběru vzorku, tj. objemová hmotnost neredukovaná nebo jako podíl hmotnosti vysušené zeminy a jejího původního objemu v rostlém stavu a pak se označuje jako objemová hmotnost redukováná. [5]

Pomůcky: Kopeckého váleček a souprava pro odběr vzorků do válečků, sušárna, váhy s přesností 0,01 g. [5]

Postup: Vzorek odebraný pomocí soupravy pro odběr vzorků do Kopeckého válečků se po převozu do laboratoře ihned zváží. Poté se vysuší při 105°C do konstantní hmotnosti, vloží se do exikátoru, kde se nechá vychladnout a opět se zváží. Objemové hmotnosti se určí dle vztahů zmíněných níže. Výsledné hodnoty se udávají s přesností 0,01g.cm³. [5]

Objemová hmotnost redukováná:

$$\rho_v = \frac{G_A}{V_S} [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}], \quad (2.1.3.1)$$

Objemová hmotnost neredukovaná:

$$\rho_d = \frac{G_F}{V_S} [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}], \quad (2.1.3.2)$$

kde:

G_A ... hmotnost zeminy s původní okamžitou vlhkostí [g],

G_F ... hmotnost vysušené zeminy [g],

V_S ... objem Kopeckého válečku [cm³].

Objemová hmotnost je vlastností dominantní, která ovlivňuje ostatní charakteristiky. Je výrazně ovlivněná různými faktory (klimatické poměry, použitá agrotechnologie apod.), její hodnota se v průběhu roku mění. Hodnota objemové hmotnosti obvykle vzrůstá s hloubkou.

Dle objemové hmotnosti lze posoudit strukturní stav humusového horizontu nebo překročení kritických hodnot podle Lhotského, viz tabulky 2.6, 2.7.

Tabulka 2.6 – Přibližné hodnocení strukturního stavu humusového horizontu podle objemové hmotnosti [7]

Strukturní stav humusového horizontu	Objemová hmotnost [g·cm ⁻³]
výborný	1,2
dobrý	1,2-1,4
nevyhovující	1,4-1,6
nestrukturní půda	1,6-1,8

Tabulka 2.7 – Kritické hodnoty objemové hmotnosti podle Lhotského [5]

Půdní druh	J	JV,JH	H	PH	HP	P
OHR kritická	1,35	1,40	1,45	1,55	1,60	1,70

2.1.3.2 PÓROVITOST

Celková pórovitost (P) je údaj o okamžitém zastoupení objemu pórů v celkovém objemu půdy. Podle pórovitosti se posuzuje ulehlost (tabulka 2.8) a kyprost půdy. Se zvyšující se vlhkostí roste a při vysychání půdy klesá. K určení kritické hodnoty pórovitosti využíváme klasifikaci dle Lhotského, viz tabulka 2.9.

Na pórovitosti půdy závisí vodní a vzdušný režim půdy. Je důležitá pro růst a vývoj rostlin a organismů. Ovlivňuje rozvoj kořenového systému rostlin. Podmiňuje půdotvorné procesy.

Tabulka 2.8 – Klasifikace půdy dle pórovitosti podle Breffelda [7]

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 2.9 – Kritické hodnoty pórovitosti podle Lhotského [5]

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

Póry v půdě se dělí na kapilární, semikapilární a nekapilární.

Kapilární póry (P_K) jsou totožné s hodnotou přibližné retenční vodní kapacity, vedou vodu proti gravitaci. [5]

Jejich optimální zastoupení má být asi 2/3 z celkové pórovitosti. Zbytek by měl být přibližně rovným dílem rozdělen mezi póry semikapilární a nekapilární. Velké množství kapilárních pórů v půdě znesnadňuje infiltraci, a tím dochází k malému využití srážek. To ovlivňuje zvýšení povrchového odtoku a hrozbu eroze. Naproti tomu malé množství kapilárních pórů v půdě znamená malou zásobu vody v půdě pro růst a vývoj rostlin.

Semikapilární póry (P_S) jsou dány rozdílem objemové vlhkosti po 30 minutách odsávání a přibližné retenční vodní kapacity. Představují přechod mezi póry kapilárními a nekapilárními. Umožňují vsakování vody do půdy.

Nekapilární póry (P_N) chápeme jako dutiny, z nichž ihned odtéká gravitačně kapilární voda. Umožňují průnik vody do půdy.

2.1.3.3 MOMENTÁLNÍ VLHKOST

Momentální vlhkost θ_{mom} vyjadřuje okamžitý objem vody v půdě. Závisí na objemové hmotnosti a objemu vzduchu v půdě. Stanovuje se v objemových %. Během roku dochází ke změnám hodnoty momentální vlhkosti v závislosti na srážkách, vzlínání podzemní vody, potřebě rostlin a výparu.

2.1.3.4 PROVZDUŠENOST PŮDY

Provzdušenost půdy (V_z) je poměr vzduchu ve vzorku k jeho objemu. Vypočítá se také jako rozdíl hodnot celkové pórovitosti a momentální vlhkosti. Ovlivňuje ji vlhkost. Při úplném nasycení pórů vodou je hodnota provzdušenosti 0. Opačný extrém znamená, že póry jsou vyplněny pouze vzduchem. Optimální hodnota provzdušenosti pro pole spadá do rozmezí 18 až 24 % obj. Pokud je nižší jak 18 % obj., znamená to nedostatek vzduchu v půdě a při opačném extrému dochází k přemnožení mikroorganismů a rychlému odbourávání humusu. Klesne-li pod 10 % obj., je třeba změnit agrotechnologii.

Pro vzdušnost půdy vypočítáme dle rovnice 2.1.3.4

$$V_z = \frac{V_A}{V_S} [\% \text{ obj.}], \quad (2.1.3.4)$$

kde:

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

V_S - objem celého vzorku [cm^3].

2.2 CHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮDY

2.2.1 pH

Hodnota pH vyjadřuje reakci půdního roztoku, která je určena aktivitou volných iontů H^+ a OH^- . Rozlišujeme aktivní a výměnnou reakci. Aktivní půdní reakce, kterou jsme při měření využili, se stanoví pomocí vodního filtrátu nebo v suspenzi voda-zemina. Při určování výměnné reakce se působí na půdu roztokem neutrální soli chloridu draselného o normální koncentraci (N KCl).

Hodnotu pH lze vypočítat jako záporný dekadický logaritmus vodíkových iontů a uvádí se bez jednotky. Pokud pH nabývá hodnoty větší než 7, roztok je zásaditý. Pokud je nižší než 7, jedná se o kyselou reakci. Neutrální roztoky mají pH rovno 7. Přesnější rozdělení se nachází v tabulce 2.10.

Tabulka 2.10 – Tabulka hodnot pH [8]

Silně kyselá	< 4,9
Kyselá	4,9 – 5,9
Slabě kyselá	5,9 – 6,9
Neutrální	6,9 – 7,1
Slabě alkalická	7,1 – 8,0
Alkalická	8,0 – 9,4
Silně alkalická	>9,4

Půdní reakce patří k nejvýznamnějším fyzikálně-chemickým charakteristikám, protože výrazně ovlivňuje úrodnost půdy, má vliv na půdotvorné procesy a na přítomnost půdních organismů. Úrodnost se rapidně snižuje při pH menší než 5. Pokud pH klesne pod 3, rostliny zpravidla nejsou schopny růstu.

Kyselost půdy závisí na výskytu volně se vyskytujících iontů vodíku v půdním roztoku. Nejčastějšími příčinami je vyluhování půd, tvorba CO₂, průmyslová hnojiva, oxidace sloučenin síry, kyselé deště, humusové nebo jiné organické sloučeniny.

Okyselování půdy často způsobuje člověk. Děje se tak například v důsledku znečištění ovzduší. Kyselou reakci můžeme zmírnit vápněním.

Postup zjištění hodnoty pH: Do 100 ml kádinky se odváží 10 g jemnozeme a přelije 25 ml převařené destilované vody. Po zamíchání tyčinkou se nechá vzorek stát 24 hodin, nebo se suspenze 1 hodinu intenzivně promíchává. Na pH-metru elektrodou zjistíme hodnotu pH.

2.2.2 STANOVENÍ OBSAHU UHLIČITANŮ V PŮDĚ

Uhličitany se v půdě vyskytují převážně ve formě uhličitanu vápenatého. Pochází většinou z matečního substrátu nebo vznikají jako následek vápnění. Jejich přítomnost v půdě má vliv na ostatní vlastnosti. Významně ovlivňují úrodnost půdy. Obsahuje-li půda více než 0,3 % uhličitánů, je zásoba uhličitánů v půdě dostatečná a není nutné ji vápnit.

Metody stanovení obsahu uhličitánů v půdě dělíme na kvalitativní a kvantitativní. Kvalitativní zkouška je zkouškou orientační. Na hodinové sklo odsypeme malé množství půdy a zalijeme malým objemem 10% roztoku HCl. Podle intenzity šumění odhadujeme obsah uhličitánů. Při vyhodnocení obsahu uhličitánů pomocí orientační zkoušky se řídíme tabulkou 2.11.

Tabulka 2.11 – Hodnocení kvalitativní zkoušky obsahu uhličitánů [16]

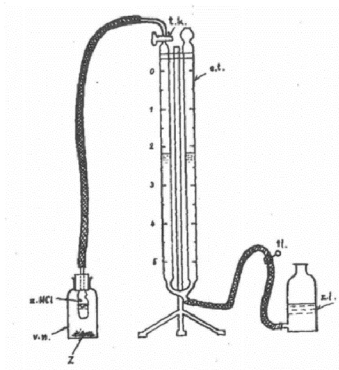
Šumění sotva znatelně, krátce trvající	menší než 0,3 % CaCO ₃
Šumění slabé, krátce trvající	0,1 – 1 % CaCO ₃
Šumění dosti silné, krátce trvající	1 -3 % CaCO ₃
Šumění silné, prodlužované	3 – 5 % CaCO ₃
Šumění kypící, silné s delším rozkladem	větší jak 5 % CaCO ₃
Šumění velmi silné, dlouho trvající	větší jak 20 % CaCO ₃

Princip kvantitativní zkoušky je, že se uhličitany v půdě rozkládají kyselinou chlorovodíkovou. Uvolněný oxid uhličitý způsobí zvýšení tlaku v uzavřené aparatuře. Toto zvýšení je úměrné obsahu uhličitánů ve vzorku. [10]

Pomůcky: Jankův vápnoměr, 10% HCL, váha, porcelánová miska.

Postup:

- Trojcestný kohout otočíme tak, aby se otevřela měrná trubice. Obě měrné trubice naplníme vodou až po 0 hodnotu na stupnici – zvednutím zásobní láhve (povolením tlačky na gumové hadici).
- Tlačku uzavřeme a láhev postavíme na stůl. Otočením kohoutu uzavřeme měrnou trubici a otevřeme přívod z rozkladné baňky do měrné trubice (vytáhnout zátku).
- Do rozkladné baňky nasypeme 20g zeminy a do vyvíjející trubice vlijeme bočním otvorem 10%HCl po rysku. Vyvíjející trubici vsuneme do baňky a zazátkujeme. Spojíme baňku s měrnou trubicí otočením kohoutu.
- Nakláníme postupně rozkladnou baňku a vyléváme část HCl otvorem na zeminu. Vznikající CO_2 stlačuje H_2O v měrné trubicí a vytlačuje ji do druhé trubice. Vystoupí-li voda v druhé trubicí do její rozšířené části, odpustíme ji do zásobní láhve (otevřít tlačku).
- V rozkladné baňce opatrně protřepeme zeminu s kyselinou, tím usnadníme průběh reakce. Při třepání držíme baňku za hrdlo. Konec rozkladu poznáme, když se neuvolňuje žádný CO_2 ani při dalším přidání HCl do vzorku.
- Po 5 minutách, pokud nenastane pokles hladiny, vypustíme pomocí tlačky pomalu vodu z měrné trubice po úroveň, kdy se hladiny v obou trubicích vyrovnají (nezavírat kohout).
- Vyrovnává se tak tlak stlačeného plynu na hodnotu okolního vzduchu.
- Měříme objem uvolněného CO_2 – na stupnici přímo čteme obsah CaCO_3 .



Obrázek 2.5 – Jankův vápnoměr [10]

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

2.2.3 KONDUKTIVITA

Konduktivita neboli vodivost vodního výluhu patří mezi základní indikátory kvality půdy. Charakterizuje míru zatížení půd solemi (salinitu), proto je velmi důležitou fyzikálně-chemickou vlastností půdy. V oblastech s vysokou vlhkostí bývá salinita půdy nižší, naopak v aridních oblastech koncentrace solí stoupá.

Výrazná salinita půdy má za následek degradaci půdy. K zasolení dochází například v zastavěných oblastech, kde dochází k znehodnocení rostoucích rostlin a polí vlivem dopravy, zástavby, průmyslu.

Vodivost stanovujeme na základě množství elektrického napětí. Jednotkou vodivosti je Siemens.

Postup měření vodivosti: Do 100 ml kádinky se odváží 20 g jemnozeme a přelije 100 ml destilované vody. Po zamíchání tyčinkou se nechá vzorek stát 24 hodin, nebo se suspenze 1 hodinu intenzivně promíchává. K měření se používá elektroda. [9]

Vodivost, resp. salinitu vyhodnocujeme dle tabulky 2.12.

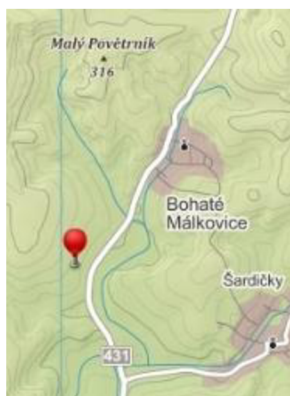
Tabulka 2.12 – Hodnocení vodivosti [10]

Půdy	Měrná vodivost (mS.cm ⁻¹)	Reakce rostlin
Nezasolené	do 0,7	Normální stav
Středně zasolené	0,7-1,4	Reagují citlivější rostliny (brambory, zelí, hrách)
Zasolené	1,4-2,8	Reagují nepříznivě i obiloviny a řepy
Silně zasolené	nad 2,8	Nesnášejí ani halofyty

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

Zkoumanou lokalitou je území v blízkosti obce Bohaté Málkovice, v němž je půda dlouhodobě zpracovávána minimalizační technologií. Obec Bohaté Málkovice leží v Jihomoravském kraji, v okrese Vyškov. Její katastrální území je velké 483 ha a nachází se přibližně ve výšce 264 m.n.m. Geomorfologicky spadá dané území do Bučovické pahorkatiny. Území je znázorněno na obrázcích 3.1, 3.2, 3.3.



Obrázek 3.2 – Místo odběru
vzorků z experimentální
plochy [11]



Obrázek 3.1 – Katastrální mapa [13]

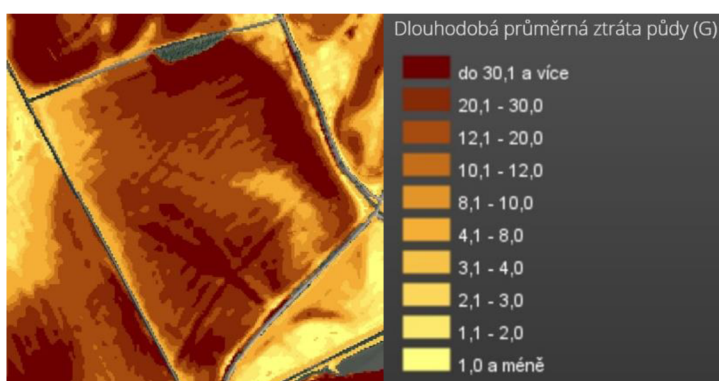


Obrázek 3.3 – Katastrální mapa [13]

Plocha zkoumaného pozemku činí 55,37 ha a je v mírném sklonu. Půda z odběrného místa byla klasifikována dle Nováka jako středně těžká hlinitá půda, půdní typ černozem. Jedná se o velmi hodnotnou půdu, která je ideální pro použití minimalizačních technologií. Bonitovaná půdně ekologická jednotka je zde 3.08.10, což znamená, že půda spadá do 2. třídy ochrany zemědělského půdního fondu. V roce 2015 zde byl oset mák, v roce 2016 ječmen.

Porušené a neporušené půdní vzorky se odebíraly 3x v průběhu vegetačního období pěstované plodiny (29. 4., 24. 6. a 19. 7.). Odběry proběhly vždy ze stejného místa ze svrchní vrstvy půdy (0–10 cm), odkud se odebralo 5 neporušených vzorků půdy s ohledem na heterogenitu půdy. Hodnotila se pouze kvalita svrchní vrstvy půdy, ve které probíhá mnoho důležitých procesů (klíčení a růst rostlin, agregace, technologie zpracování půdy, eroze, povrchová krusta, provzdušnění, infiltrace a povrchový odtok).

Přiložené obrázky ilustrují dlouhodobou průměrnou ztrátu půdy (G) a současný stav lokality.



Obrázek 3.4 – dlouhodobá průměrná ztráta půdy (G) [13]



Obrázek 3.5 – Současný stav lokality (vlastní zdroj autorky)



Obrázek 3.6 – Současný stav lokality (vlastní zdroj autorky)

3.1.1 KLIMATICKÉ POMĚRY

Z klimatického hlediska označujeme region jako teplý, mírně suchý, s mírnou zimou. Průběh srážek ve sledovaném období je znázorněn v tabulce 3.1. Z uvedených ročních úhrnů je patrné, že například červen byl velmi suchým měsícem. Průměrná roční teplota se pohybuje kolem 8,4°C.

Tabulka 3.1 – Průběh srážek (údaje poskytl ZEMO s.r.o.)

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Úhrn srážek [mm]	15.17	63.64	51.43	44.76	23.8	21.76	70.04	19.72	6.8	35.02	21.08	4.76
Σ	379.1											

3.1.2 HYDROLOGICKÉ PODMÍNKY

Zkoumaná lokalita spadá do povodí řeky Svatky, hlavního povodí Moravy. V oblasti se nachází několik potoků místního významu, které tvoří hydrografickou síť. Vlhkostní poměry půdy jsou ovlivněny zrnitostním složením, vnitřní drenáží půd v závislosti na půdotvorných substrátech a konfigurací terénu. V oblasti se nacházejí černozemě vytvořené na spraších, které jsou dobře propustné a mají dobrou kapilární schopnost. Dále se tu objevují černozemě vytvořené na jílovitých sedimentech, tyto půdy jsou málo propustné, s velkou kapilární schopností. Rendziny, které se vytvořily také na jílovitých sedimentech, jsou málo propustné a občas u nich dochází k nadměrné vlhkosti. [3]

3.1.3 TECHNOLOGIE ÚPRAVY PŮDY

Technologie úpravy půdy zdatně ovlivňuje základní fyzikální vlastnosti půdy. Rozeznáváme dvě základní technologie zpracování půdy, klasickou s použitím orby a minimalizační, při které je orba vyloučena. Zde byla dlouhodobě využita minimalizační technologie, která je obecně popsána v úvodu práce.

Půda v tomto konkrétním zkoumaném území byla podryta pomocí talířového podmítače a kypřena radličkovým kypřičem. Podrytí se realizovalo do hloubky 20 cm. Před kypřením byla do půdy přidána hnojiva fosfor a draslík. Na jaře se půda přihnojila dusíkatými hnojivy. Příprava hloubkového setí proběhla pomocí jednoho pojezdu, použily se sečí stroje pro obiloviny a na válení rýhovací válec. K přihnojení dusíkem došlo 14 dní po zasetí. Jako poslední zásah zde proběhlo ošetření proti plevelům a škůdcům.

Příklady talířového podmítače a radličkového kypřiče jsou zobrazeny na obrázcích 3.7 a 3.8.



Obrázek 3.7 – Talířový podmítač SIMBA TL [15]



Obrázek 3.8 – Radličkový kypřič SIMBA TL [15]

3.2 POPIS PRÁCE V TÉRÉNU A LABORATOŘI

Práce v terénu začíná hydropedologickým průzkumem. Ten se využívá pro zjištění pedologických, hydropedologických a hydraulických vlastností půdy. Tyto znalosti potom slouží například jako podklad pro projektovou dokumentaci vodohospodářských staveb. Probíhá ve třech fázích, z nichž první je výkop sond. Hydropedologický průzkum dělíme na předběžný, podrobný a doplňující. [5]

3.2.1 SONDÁŽNÍ PRÁCE

Sondážní práce se obvykle provádí pomocí pátrací tyče, sondovací tyče, půdního vrtáku a kopané sondy.

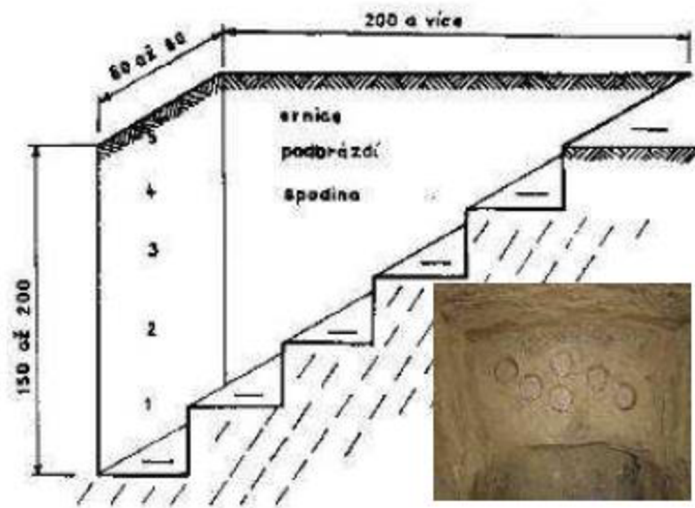
Pátrací tyč se vyrábí z oceli (průměru 15 – 20 mm, délky 150 – 200 cm), její horní konec je opatřen vratidlem, na spodním konci je vykovaná do ostrého hrotu. Tyč se zatlačí do potřebné hloubky (dle vyryté stupnice) a několikrát se otočí, aby se odebral vzorek půdy do žlábků v tyči. Při vyjímání se s tyčí neotáčí. Pátrací tyč slouží k určení rozsahu půdních okrsků a chemických rozborů (CaCO_3). [5]

Sondovací tyč se vyrábí z oceli (průměru 30 – 35 mm), na horním konci je masivní hlavice s otvorem pro vratidlo. Břit je na spodním konci vybroušen. Sondovací tyč se opakovaně zaráží do půdy vždy po 20 cm. Pro odebrání vzorků je potřeba s tyčí několikrát otočit, při vyndávání se využívá vratidlo. Po odebrání vzorku se tyč zaráží hlouběji na stejném místě. [5]

Půdní vrták je opatřen závitovými křídly na spodním konci dřívku. Otáčením se vpravuje do půdy (na výšku vrtací hlavice). Po vysunutí se odebere vzorek z křidel na podložku. Poté se vrták očistí a zavrtá hlouběji (o výšku hlavice). [5]

Kopaná sonda má půdorysné rozměry 60 – 80 x 150 – 200 cm a je hluboká

120–200 cm. Čelo kopané sondy směřuje proti slunci a proti svahu (pokud se nachází ve skloněném terénu). Vzorky se odebírají v přirozeném stavu z čelní strany kopané sondy. Při odběru je nutné odstranit vrstvu oschlé zeminy z čela sondy. [5]



Obrázek 3.9 – Kopaná sonda [5]

Zaznamenáváme mocnost litologických vrstev, charakter přechodů jednotlivých vrstev, strukturu a barvu. Dále zapisujeme trhliny a svislé kanálky, hloubku prokořenění a další související jevy. Sondy, které jsme provedli, je třeba zaznamenat do pedologické mapy. [5]

3.2.2 ODBĚR PŮDNÍCH VZORKŮ

Rozlišujeme půdní vzorky porušené a neporušené. Neporušené půdní vzorky se využívají ke stanovení fyzikálních vlastností a charakteristiku vodního a vzdušného režimu půdy. Porušené vzorky bývají odebírány za účelem stanovení chemických, případně biologických vlastností půd.

Odběr porušených půdních vzorků: Porušené vzorky odebíráme z čela sondy ze středů jednotlivých horizontů, vždy zespona nahoru. Díky tomuto postupu zamezíme promíchání vzorků. Pomocí polní lopatky odebíráme zeminu a tu ukládáme do předem popsaných sáčků. [5]

Odběr neporušených půdních vzorků: Neporušené půdní vzorky odebíráme ze stejné stěny a místa jako vzorky porušené. Zde vytvoříme rovnou plošku a do ní plynule vtlačujeme připravený váleček, bez viklání. K této činnosti používáme násadec. Váleček do zeminy tlačíme, až sloupec zeminy převyšuje horní okraj válečku o přibližně 1 cm. Tuto zeminu, po oddělení válečku, opatrně odkrojíme. [5]

3.2.3 PRÁCE V LABORATOŘI

Porušené vzorky půdy převezeme do laboratoře, kde se skladují v suché a větrané místnosti. Sáčky otevřeme a s mezerou pro lepší vysychání je položíme vedle sebe. Pokud je odebraná zemina příliš vlhká, rozprostřeme ji v nižší vrstvě do misky, a rozdrobíme. Po vyschnutí vzorků můžeme stanovit zdánlivou hustotu pevných částic. Výsledky zjištěné z těchto rozborů slouží k určení fyzikálních, fyzikálně chemických, chemických, hydrofyzikálních vlastností půdy a hydraulických charakteristik.

3.3 VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

Vybrané fyzikální a fyzikálně-chemické charakteristiky byly stanoveny z odebraných porušených a neporušených půdních vzorků ze svrchní vrstvy půdy (0-10 cm). Ty byly odebrané 3x v průběhu vegetačního období pěstované plodiny (29. 4., 24. 6. a 19. 7.). Výsledky měření výrazně ovlivnil průběh srážek, viz kapitola 3.1.1 a tabulka 3.1. Z tohoto hlediska lze říci, že červen byl kritickým měsícem. To se nejvýrazněji promítlo především ve výsledcích provzdušenosti a momentální vlhkosti. Dalšími faktory kromě klimatických poměrů je například zvolená agrotechnologie nebo pěstovaná plodina. Vybrané fyzikální vlastnosti půdy byly vyhodnoceny pomocí grafů.

3.3.1 ZDÁNLIVÁ HUSTOTA PŮDNÍCH ČÁSTIC

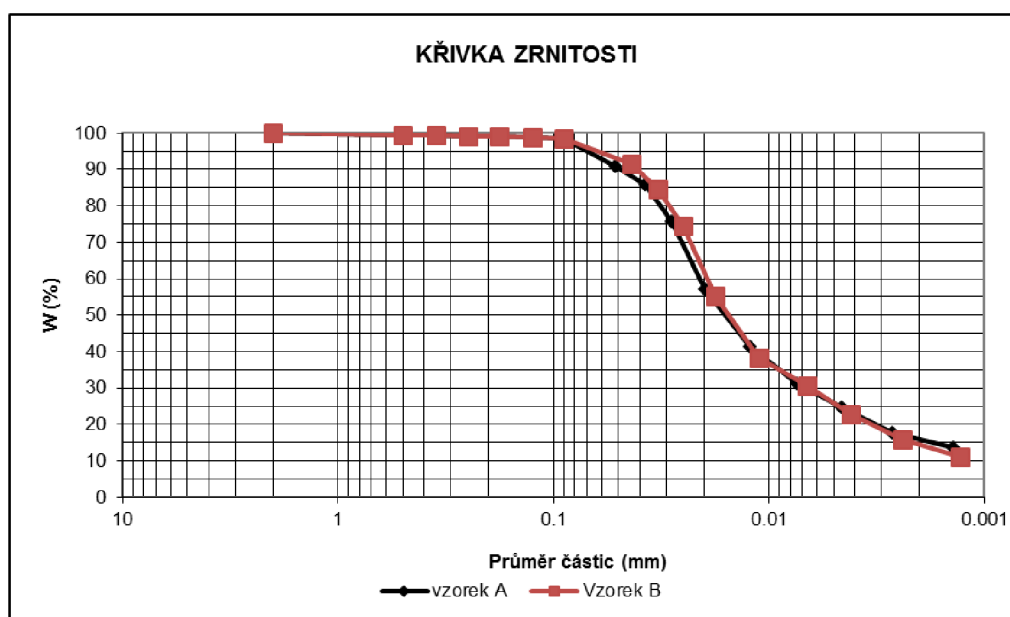
Zdánlivá hustota vychází z pyknometrického měření a následného výpočtu, viz příloha číslo 1. Indikuje zastoupení organického podílu v půdě. Výsledná průměrná hodnota zdánlivé hustoty půdních částic je uvedena v tabulce 3.2, jedná se o hlinité horizonty s cca 1 % humusu, viz tabulka 2.1.

Tabulka 3.2 – Průměrná hodnota zdánlivé hustoty pevných částic

Hloubka	průměrná ρ_s
(cm)	(g.cm^{-3})
0-10	2.66

3.3.2 ZRNITOSTNÍ ROZBOR

Zrnitostní rozbor vzorků byl proveden podle postupu popsaného v kapitole 2.1.2. Jako podklad pro jeho vyhodnocení byly použity výsledky síťového rozboru a hustoměrné zkoušky, které se nachází v příloze číslo 2. Ze zrnitostního rozboru byly vytvořeny zrnitostní křivky, které vykazují poměrně dobrou shodu, viz obrázek 3.10



Obrázek 3.10 – Křivka zrnitosti

Křivky zrnitosti jsme použili pro klasifikaci půdního druhu dle Nováka a trojúhelníkového diagramu USDA, viz kapitola 2.1.2. Výsledky jsou zobrazeny v tabulce 3.3.

Tabulka 3.3 – Klasifikace podle Nováka a Trojúhelníkového diagramu USDA

	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

3.3.3 VYBRANÉ FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PŮDY

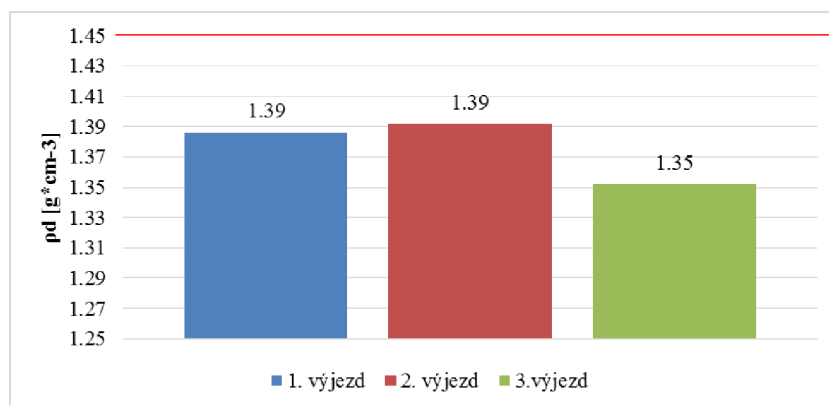
Veličiny potřebné pro určení základních fyzikálních vlastností půdy byly zjištěny na základě metodiky popsané v kapitole 2.1.3. K výpočtu byly použity vzorce uvedené v tabulce 2.5. Výsledky naměřených veličin a spočtených fyzikálních vlastností jsou uvedeny v příloze č. 3. V tabulce 3.4 jsou uvedeny průměrné hodnoty vybraných fyzikálních vlastností půdy. Vlastnosti označené šedou barvou patří k vlastnostem základním a v následujících kapitolách se budeme věnovat jejich vyhodnocení.

Tabulka 3.4 – Výsledné průměrné hodnoty fyzikálních vlastností

Průměrné hodnoty			
	1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd
Objemová hmotnost redukována ρ_d ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	1.39	1.39	1.35
Momentální vlhkost θ (% obj.)	27.59	12.56	29.60
Nasáklivost θ_{NS} (% obj.)	39.87	40.05	38.69
30' vlhkost θ_{30} (% obj.)	36.93	36.15	36.28
Maximální vodní kapacita θ_{KMK} (% obj.)	35.16	32.90	36.28
Retenční vodní kapacita θ_{RK} (% obj.)	30.02	25.25	29.54
Pórovitost P (% obj.)	47.89	47.68	49.18
Kapilární póry P_K (% obj.)	34.27	33.49	33.62
Semikapilární póry P_S (% obj.)	6.90	10.91	6.74
Nekapilární póry P_K (% obj.)	10.97	11.53	12.90
Provdušenost V_z (% obj.)	20.30	35.12	19.58
Maximální kap. vzdušná kapacita K_{MKKVZ} (% obj.)	12.74	14.79	15.16
Retenční vzdušná kapacita K_{RVKKVZ} (% obj.)	17.87	22.44	19.64

3.3.3.1 OBJEMOVÁ HMOTNOST REDUKOVANÁ

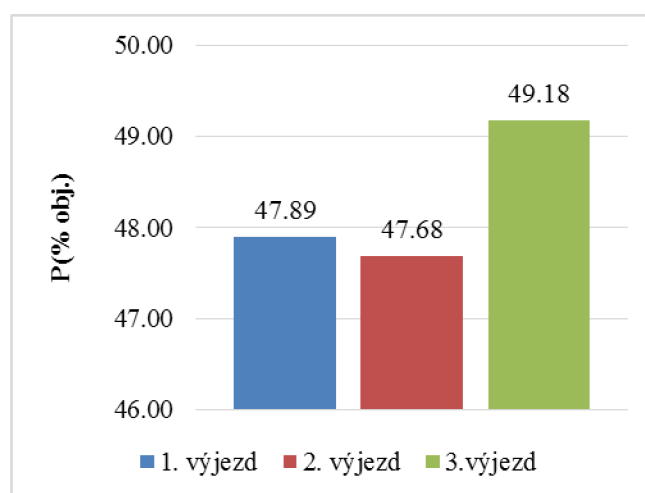
Objemová hmotnost redukována (ρ_d) ovlivňuje stav zhutnění nebo nakypření. Její průměrné hodnoty vychází od 1,35 do 1,39 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, viz tabulka 3.4. Hodnoty objemové hmotnosti redukováne nepřekročily kritickou hodnotu pro hlinité půdy (1,45 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) podle Lhotského. Strukturní stav humusového horizontu byl na základě objemové hmotnosti klasifikován jako dobrý ($\rho_d = 1,2\text{-}1,4 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) [7]. Půda není výrazně zhutněná.



Obrázek 3.11 – Výsledné hodnoty objemové hmotnosti

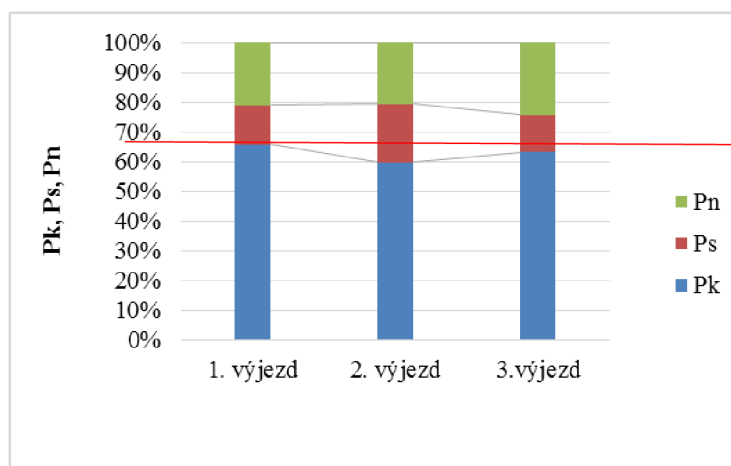
3.3.3.2 PÓROVITOST, ROZDĚLENÍ PÓRŮ

Pórovitost (P) charakterizuje uspořádání půdní hmoty. Podle pórovitosti se posuzuje ulehlost (tabulka 2.8) a kyprost půdy. K určení kritické hodnoty pórovitosti využíváme klasifikaci dle Lhotského, viz tabulka 2.9. Hodnoty pórovitosti se pohybovaly od 47,68 do 49,18 %, viz tabulka 3.4. Pórovitost hlinité půdy by podle Lhotského měla být větší než 45 %, viz tabulka 2.9, což je splněno. Ornici klasifikujeme dle Bretfelda jako ulehlou (40-50 %), viz tabulka 2.8.



Obrázek 3.12 – Výsledné hodnoty pórovitosti

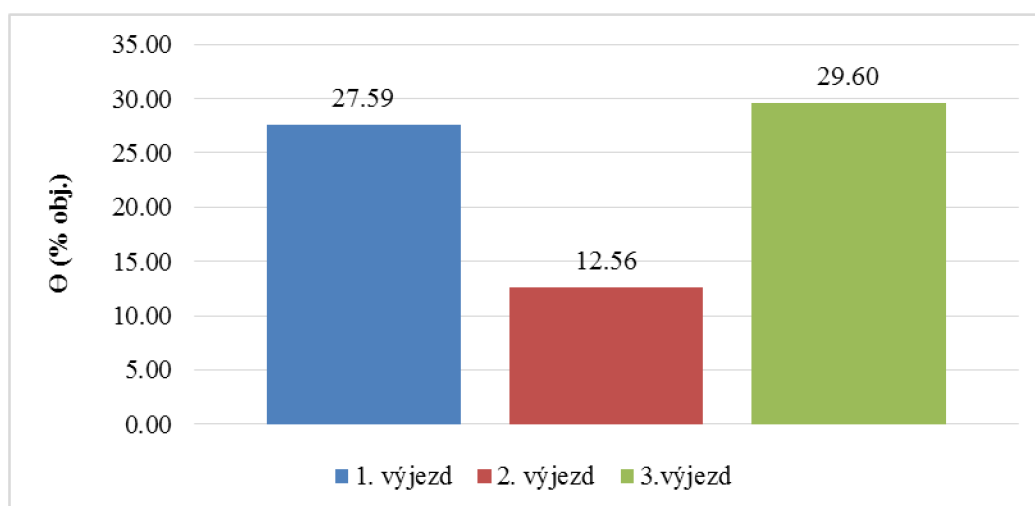
Zastoupení jednotlivých druhů pórů je patrné z obrázku 3.13. Optimální zastoupení kapilárních pórů má být asi 2/3 z celkové pórovitosti. Zbytek by měl být přibližně rovným dílem rozdělen mezi póry semikapilární a nekapilární. Špatné rozdělení pórů v půdě ovlivňuje například infiltraci, povrchový odtok, vznik eroze, růst a vývoj rostlin. Výsledky se tedy blíží optimálním hodnotám, dá se předpokládat, že v půdě je dostatek vody pro potřeby vegetace.



Obrázek 3.13 – Rozdělení pórů

3.3.3.3 MOMENTÁLNÍ VLHKOST

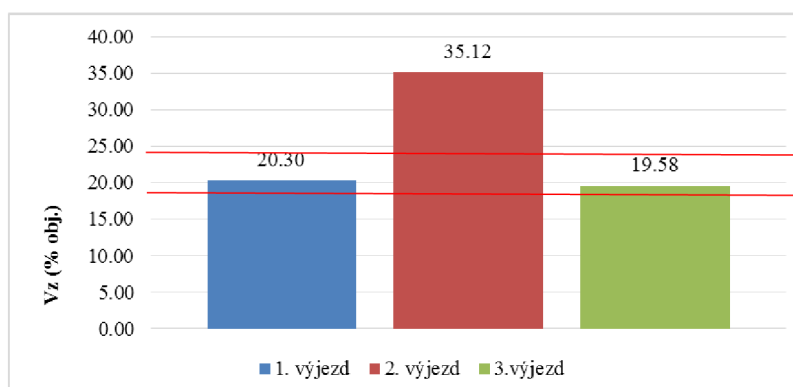
Momentální vlhkost (θ) představuje okamžitý obsah vody v půdě. Naměřené hodnoty pohybují od 12,56 do 29,60 % obj. Průběh momentální vlhkosti je výrazně ovlivněn množstvím srážek během sledovaného období, což je patrné z výsledku druhého výjezdu, kdy momentální vlhkost ztelně klesla.



Obrázek 3.14 – Výsledné hodnoty momentální vlhkosti

3.3.3.4 PROVZDUŠENOST

Provzdušenost (V_z) znamená objem vzduchu v půdě. Hodnoty se pohybují od 19,58 do 35,12 % obj. I tady vidíme výrazný vliv průběhu srážek, díky čemuž je hodnota provzdušenosti druhého výjezdu výrazně vyšší než zbylé dvě. Provzdušenost u polí by se optimálně měla pohybovat v rozmezí od 18 do 24 % obj., což je u 1. a 3. výjezdu splněno. Nízká hodnota provzdušenosti v praxi znamená pomalé odbourávání humusu a naopak.



Obrázek 3.15 – Výsledné hodnoty provzdušenosti

3.3.4 VYBRANÉ CHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮDY

3.3.4.1 pH

Hodnoty pH jsme měřili pomocí sondy pro každý výjezd zvlášť. Na měření byla použita metodika z kapitoly 2.2.1. Všechny hodnoty spadají dle tabulky 2.10 do kategorie slabě alkalické půdy.

Tabulka 3.5 – Výsledné hodnoty pH,

pH		
1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd
7.77	7.1	7.86

3.3.4.2 STANOVENÍ OBSAHU UHLIČITANŮ V PŮDĚ

Obsah uhličitánů v půdě jsme stanovili podle metodiky popsané v kapitole 2.2.2. Použili jsme k tomu kvalitativní i kvantitativní zkoušku. Při kvalitativní zkoušce jsme šumění klasifikovali jako sotva znatelné, takže odhad obsahu uhličitánů činí podle tabulky 2.11 méně než 0,3 %. Výsledné hodnoty kvantitativní zkoušky se nachází v tabulce 3.6. Výsledky obou zkoušek spolu korespondují.

Tabulka 3.6 – Výsledné hodnoty obsahu CaCO_3

CaCO_3 (%)		
1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd
0.25	0.21	0.3

3.3.4.3 KONDUKTIVITA

Měření a vyhodnocení hodnot konduktivity proběhlo podle metodiky popsané v kapitole 2.2.3. Výsledky pro všechny výjezdy nalezneme v tabulce 3.7. Podle hodnot konduktivity jsme posoudili salinitu půdy. Při tomto posuzování jsme se řídili tabulkou 2.12 a půdu jsme tedy klasifikovali jako nezasolenou.

Tabulka 3.7 – Výsledné hodnoty konduktivity

Konduktivita ($\mu\text{S}/\text{cm}$), (mS/cm)			
1. výjezd	2. výjezd	3. výjezd	
220	137	172	($\mu\text{S}/\text{cm}$)
0.22	0.137	0.172	(mS/cm)

4 ZÁVĚR

Sledovali jsme podrobný průběh fyzikálních a fyzikálně chemických vlastností během vegetačního období v roce 2016 a posoudili jsme kvalitu svrchní vrstvy půdy v blízkosti obce Bohaté Málkovice. Půda byla zpracovaná minimalizační technologií a pěstovanou zemědělskou plodinou byl ječmen. Pomocí zdánlivé hustoty půdních částic jsme vyhodnotili, že půda obsahuje hlinité horizonty s cca 1 % humusu. Ze zrnitostního rozboru jsme zjistili, že se jedná o půdy středně těžké hlinité. Hodnoty objemové hmotnosti redukované nepřekročily kritickou hodnotu pro hlinité půdy podle Lhotského, strukturní stav humusového horizontu jsme na základě objemové hmotnosti klasifikovali jako dobrý. Hodnoty pórovitosti se pohybovaly od 47,68 do 49,18 %, viz tabulka 3.4. Pórovitost hlinité půdy by podle Lhotského měla být větší než 45 %, což je splněno. Ornici klasifikujeme dle Bretfelda jako ulehlou (40-50 %), půda není výrazně zhutněná. Výsledky rozdělení pórů se tedy blíží optimálním hodnotám, dá se předpokládat, že v půdě je dostatek vody pro potřeby vegetace. Hodnoty momentální vlhkosti a provzdušenosti lehce kolísají, protože byly ovlivněny především klimatickými poměry. Hodnota provzdušenosti neklesla pod kritickou hodnotu 10 % obj. Hodnoty pH a konduktivity zůstaly v průběhu celého vegetačního období podobné. Dle hodnoty pH jsme určili, že jde o slabě alkalickou půdu. Obsah uhličitánů v půdě je nízký. Pomocí konduktivity jsme půdu klasifikovali jako nezasolenou.

Výsledky výzkumu byly ovlivněny nejen zvolenou (minimalizační) technologií, ale také například klimatickými poměry nebo volbou pěstované plodiny. Samotná minimalizační technologie má přínos nejen pro kvalitu půdy, ale je také méně finančně náročná než klasická orba. Tento výzkum není pouze jednoletý, ale má dlouhodobější charakter. Ráda bych v něm pokračovala i na magisterském studiu a získané poznatky ověřila a prohloubila.

5 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KAMENÍČKOVÁ, Ivana. Vodní hospodářství krajiny I-M02 Pedologie, Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia, VUT FAST v Brně, 2005.
- [2] HŮLA, Josef. Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí: uplatněná certifikovaná metodika. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2010. ISBN 978-80-86884-53-0.
- [3] BAŽANTOVÁ, Adéla. Změny fyzikálních vlastností podpovrchových vrstev půdy v závislosti na technologii zpracování půdy: bakalářská práce. 1. Brno: Fast VUT, 2015.
- [4] ŠOBR, Michal. Křivka zrnitosti. Zrnitost zemin [online]. [cit. 2014-02-10]. Dostupný na WWW: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zrnitost_zemin
- [5] KAMENÍČKOVÁ, Ivana. Návod do cvičení (VHK) Hydropedologie, Studijní opory pro studijní programy s prezenční formou studia. VUT FAST v Brně, 2013.
- [6] BÁŤKOVÁ, Kamila, MATULA, Svatopluk a MIHÁLIKOVÁ, Markéta. Multimediální učebnice hydropedologických terénních měření [online]. 2. doplněné vydání, Česká verze. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2013 [cit. 2017-05-23]. ISBN 978-80-213-2434-3. Dostupné z: <http://hydropedologie.agrobiologie.cz/>
- [7] KUTÍLEK, Miroslav. Vodohospodářská pedologie. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, n.p., 1978. ISBN 04-721-78.
- [8] Půdní reakce. Pedologie [online]. Katedra pedologie a ochrany půd, ČZU: ČZU [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://pedologie.xf.cz/doc/tropy/pH/pH.pdf>
- [9] Stanovení půdní reakce. Osobní stránky ČZU [online]. Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin: ČZU [cit. 2017-05-18]. 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

- [10] Kvantitativní stanovení obsahu uhlíčitanů manometricky. Laboratorní výuka z výživy rostlin [online]. Mendelova univerzity Brno [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?=1&I=3&J=8&K=2
- [11] Mapy.cz [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [12] Veřejný registr půdy LPIS [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>
- [13] Souhrnné mapy VÚMOP [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://mapy.vumop.cz>
- [14] HŮLA, Josef, PROCHÁZKOVÁ, Blanka, KOVAŘÍČEK, Pavel a kolektiv. Minimalizační a půdoochranné technologie. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., 2004. ISBN 80-86884-01-5.
- [15] VODOSYSTÉM s.r.o. [online]. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <http://www.vobosystem.cz/great-plains>
- [16] VALIŠ, Stanislav a ŠÁLEK, Jan. Hydropedologické praktikum: určeno pro posl. fak. stavební. 3., přeprac. vyd. Brno: VUT, 1976. Učební texty vysokých škol.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 2.1 – Odhad zastoupení organického podílu v půdě dle hodnot specifické hmotnosti [5].....	4
Tabulka 2.2 – Zrnitostní klasifikace dle Nováka [5]	8
Tabulka 2.3 – Zrnitostní frakce podle Kopeckého [5].....	8
Tabulka 2.4 – Zrnitostní frakce podle Ministerstva zemědělství USA [5]	8
Tabulka 2.5 – Formulář pro záznam stanovených hmotností [5]	11
Tabulka 2.6 – Přibližné hodnocení strukturního stavu humusového horizontu podle objemové hmotnosti [7]	13
Tabulka 2.7 – Kritické hodnoty objemové hmotnosti podle Lhotského [5]	13
Tabulka 2.8 – Klasifikace půdy dle pórovitosti podle Bretfelda [7].....	13
Tabulka 2.9 – Kritické hodnoty pórovitosti podle Lhotského [5].....	14
Tabulka 2.10 – Tabulka hodnot pH [8].....	15
Tabulka 2.11 – Hodnocení kvalitativní zkoušky obsahu uhličitánů [16]	16
Tabulka 2.12 – Hodnocení vodivosti [10]	18
Tabulka 3.1 – Průběh srážek (údaje poskytl ZEMO s.r.o.).....	21
Tabulka 3.2 – Průměrná hodnota zdánlivé hustoty pevných částic	25
Tabulka 3.3 – Klasifikace podle Nováka a Trojúhelníkového diagramu USDA	26
Tabulka 3.4 – Výsledné průměrné hodnoty fyzikálních vlastností.....	27
Tabulka 3.5 – Výsledné hodnoty pH,	30
Tabulka 3.6 – Výsledné hodnoty obsahu CaCO ₃	30
Tabulka 3.7 – Výsledné hodnoty konduktivity	30

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1 – Křivka zrnitosti [4]	7
Obrázek 2.2 – Trojúhelníkové diagramy pro stanovení druhu podle obsahu jílu, prachu a písku v % hmotnostních. Systém ministerstva USA, z něho odvozený systém, který používá Taxonomický klasifikační systém půd ČR [5].....	9
Obrázek 2.3 – Příprava neporušeného půdního vzorku k rozboru. [6].....	10
Obrázek 2.4 – Rozbor neporušeného půdního vzorku – vysušený vzorek půdy [6].....	10
Obrázek 2.5 – Jankův vápnoměr [10]	17
Obrázek 3.1 – Katastrální mapa [13]	19
Obrázek 3.2 – Místo odběru vzorků z experimentální plochy [11]	19
Obrázek 3.3 – Katastrální mapa [13]	20
Obrázek 3.4 – dlouhodobá průměrná ztráta půdy (G) [13].....	20
Obrázek 3.5 – Současný stav lokality (vlastní zdroj autorky)	21
Obrázek 3.6 – Současný stav lokality (vlastní zdroj autorky)	21
Obrázek 3.7 – Talířový podmítač SIMBA TL [15]	22
Obrázek 3.8 – Radličkový kypřič SIMBA TL [15]	23
Obrázek 3.9 – Kopaná sonda [5].....	24
Obrázek 3.10 – Křivka zrnitosti	26
Obrázek 3.11 – Výsledné hodnoty objemové hmotnosti	27
Obrázek 3.12 – Výsledné hodnoty pórovitosti.....	28
Obrázek 3.13 – Rozdělení pórů.....	28
Obrázek 3.14 – Výsledné hodnoty momentální vlhkosti	29
Obrázek 3.15 – Výsledné hodnoty provzdušenosti.....	29

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

- v... sedimentační rychlost [$\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$],
g... tíhové zrychlení [$981 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$],
 ρ_z ... hustota částecek [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$],
 ρ_0 ... hustota disperzního prostředí [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$],
 η ... viskozita disperzního prostředí [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$] pro vodu $20^\circ\text{C}= 1,004\cdot 10^{-2}$,
a... konstanta pro sedimentaci zemitých částic ve vodě 20°C ,
r... poloměr částic [cm].
D... průměr zrna [mm],
H... hloubka ponořeného hustoměru v suspenzi [cm],
R... čtení hustoměru,
t... čas měření [s],
T... teplota suspenze [$^\circ\text{C}$].
 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
 V_A - objem vzduchu ve vzorku [cm^3],
 V_S - objem celého vzorku [cm^3].
 V_Z ...provzdušenost [% obj.]

ρ_v ... objemová hmotnost neredukovaná [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]

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

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

P ... pórovitost [% obj.]

P_K ... kapilární póry [% obj.]

P_S ... semikapilární póry [% obj.]

P_N ... nekapilární póry [% obj.]

CO_2 ... oxid uhličitý

H_2O ... voda

H^+ ... vodíkový iont

OH^- ... hydroxylový aniont

KCl ... chlorid draselný

CaCO_3 ... uhličitan vápenatý

HCl ... kyselina chlorovodíková

pH ... vodíkový exponent

θ_{NS} ... nasáklivost [% 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.]

SEZNAM PŘÍLOH

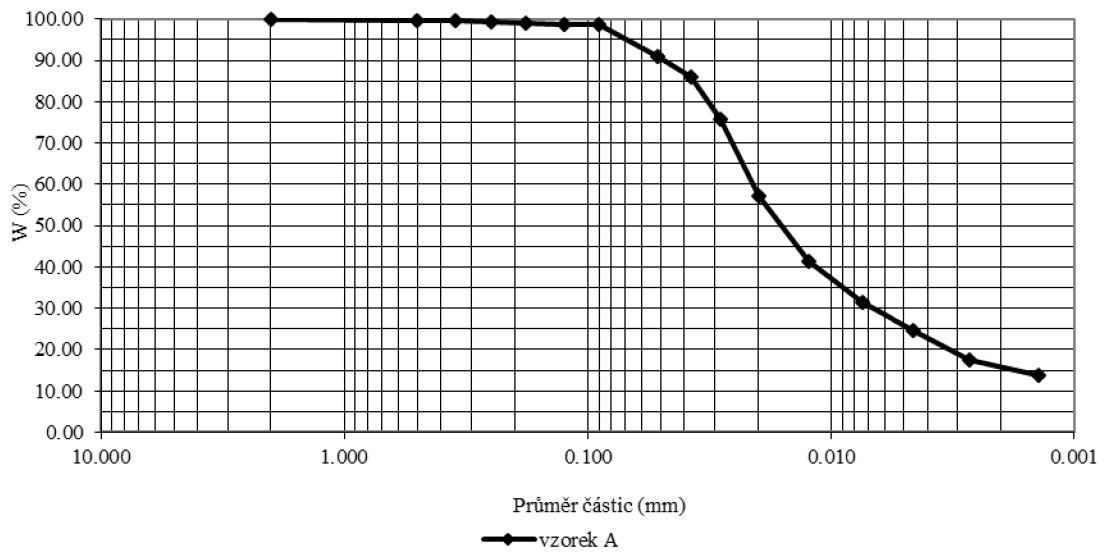
Příloha č. 1 Stanovení zdánlivé hustoty pevných částic	39
Příloha č. 2 Zrnitostní rozbor půdy	40
Příloha č. 2.1 Zrnitostní rozbor půdy – vzorek A	40
Příloha č. 2.2 Zrnitostní rozbor půdy – vzorek B	42
Příloha č. 3 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy (rozbor neporušeného půdního vzorku)	44
Příloha č. 3.1 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 1. výjezd	44
Příloha č. 3.2 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 2. výjezd	45
Příloha č. 3.3 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 3. výjezd	46

Příloha č. 1 Stanovení zdánlivé hustoty pevných částic

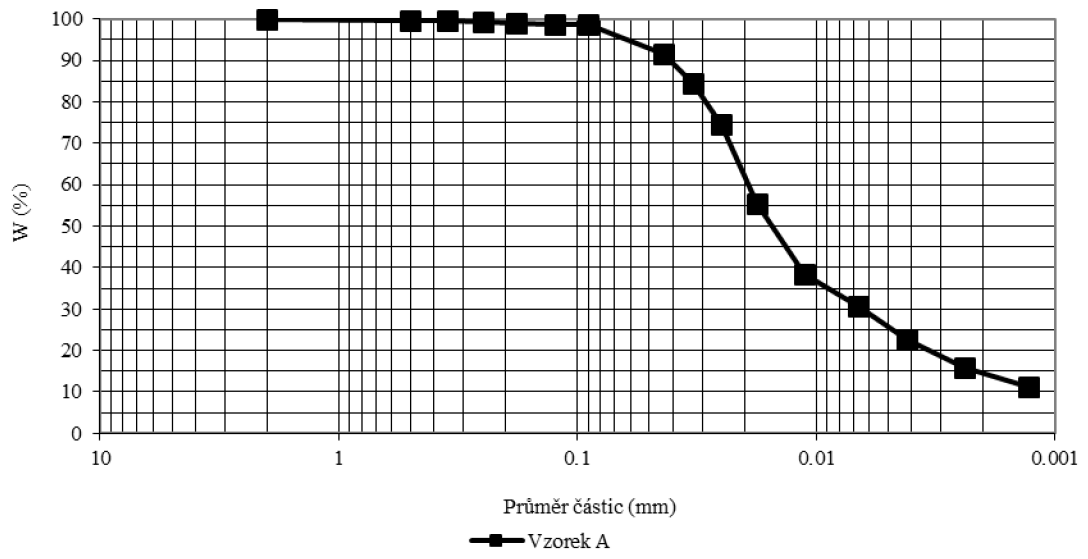
Lokalita Bohaté Málkovice

Datum odběru	lokalita	h (cm)	hmotnost sušiny (g)	pyknometr			hmotnost vytlačené vody (g)	ρ_s (g.cm ⁻³)	průměr (g.cm ⁻³)
				číslo	hmotnost				
					s vodou (g)	H ₂ O + zem. (g)			
			1		2=m1	3=m2	4=1+2-3	5=1/4	
29. 4.	Bohaté Málkovice	0-10	9.76	62	136.53	142.61	3.68	2.652	
29. 4.	Bohaté Málkovice	0-10	9.76	78	137.06	143.15	3.67	2.659	2.66

KŘIVKA ZRNITOSTI



KŘIVKA ZRNITOSTI



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

Příloha č. 3.1 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 1. výjezd

		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 vztl. 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

Příloha č. 3.2 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 2. výjezd

2. výjezd						
lokality 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

Příloha č. 3.3 Vybrané fyzikální vlastnosti půdy – 3. výjezd

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