

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin



**Vliv mineralogického složení na vybrané půdní
vlastnosti**

Diplomová práce

Vedoucí práce:
doc. RNDr. Lubica Pospíšilová, CSc.

Vypracovala:
Bc. Iva Plačková

Brno 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci „Vliv mineralogického složení na vybrané půdní vlastnosti“ vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

Poděkování

Touto cestou chci srdečně poděkovat především své vedoucí diplomové práce doc. RNDr. Lubici Pospíšilové, CSc. za poskytnutí studijních materiálů, cenných rad, za laskavý přístup a ochotu při psaní mé diplomové práce.

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je porovnat fyzikální a chemické vlastnosti a mineralogické složení vybraných půdních typů. Objektem studia byly – *kambizem modální* (Malonty), *kambizem modální* (Vatín), *černozem modální* (Bratčice), *černozem karbonátová* (Velešovice) a *hnědozem oglejená* (Lesonice). Výsledky ukazují, že mineralogické složení je nejpestřejší u černozemí. Byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly u obsahu jílnatých částic, obsahu živin, půdní reakci a KVK u sledovaných typů půd.

Klíčová slova: *mineralogické složení, kambizem, černozem, hnědozem*

Abstract

Diploma thesis was focused on comparison of physical and chemical soil properties and their mineralogical composition. Object of study were – *Haplic Cambisol* (Malonty), *Haplic Cambisol* (Vatín), *Haplic Chernozem* (Bratčice), *Calcaric Chernozem* (Velešovice) and *Haplic Luvisol* (Lesonice). Results showed that the highest minerals content was in Chernozems. Statistically significant differences were found in clay content, nutrient content, soil reaction and cation exchange capacity in selected soil types.

Key words: *mineralogical composition, Cambisol, Chernozem, Haplic Luvisol*

OBSAH

ÚVOD	7
1 CÍL PRÁCE	8
2 LITERÁRNÍ PŘEHLED	9
2.1 Fyzikální vlastnosti půdy	9
2.2 Chemické vlastnosti půdy	16
2.3 Mineralogické složení půd	20
2.4 Mineralogická půdní analýza	29
2.5 Referenční třída Černosoly	33
2.6 Referenční třída Luvisoly.....	35
2.7 Referenční třída Kambisoly	37
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	39
3.1 Objekt studia	39
3.2 Metody studia.....	46
4 VYHODNOCENÍ A VÝSLEDKY	52
5 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT	56
6 DISKUZE.....	60
7 ZÁVĚRY	62
PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY.....	63
Internetové zdroje.....	68
Použité zákony	70
Seznam obrázků	71
Seznam tabulek	72
Seznam zkratk	73

ÚVOD

Půda je pokožkou planety Země

„My pedologové rádi říkáme, že půda je takovou kůží planety Země, nebo přesněji její pokožkou. Jenže tohle přirovnání není přesné. Jelikož my savci se rodíme již s pokožkou, mohlo by se zdát, že předpokládáme, že půda vznikla již na počátku se vznikem planety Země. To se však ani o půdě, ani o planetě Zemi nedá říct. Půda, její pokožka, se ve skutečnosti zrodila, až když se život stěhoval z oceánů na pevninu, tedy před pěti, čtyřmi sty miliony let. To už planeta Země zdaleka odrostla dětským střevíčkům. Teprve tehdy začala existovat skutečná půda, předtím to byla jen zvětralina hornin, někdy kamenitá nebo hrubozrnná, někdy již hlinitá nebo jíl, ale skutečné oživení tu chybělo. A bez života to skutečná půda nebyla“ (Kutílek, 2012) – viz Obr. 1.

„Půda, která je stěžejním předmětem zájmu půdoznalců, je v moderním pojetí definována jako přírodně-historický útvar, který vzniká a vyvíjí se komplexním působením půdotvorných faktorů. Pro člověka je půda základem jeho trvalé existence na Zemi, je s ní bytostně spjat tím, že na ní hospodaří a že mu poskytuje nezbytnou obživu. Význam půdy a její ochrany je nutné zdůraznit právě v souvislosti se silnými civilizačními tlaky vyvolávajícími degradaci půd, případně stresy vedoucí až k likvidaci půdy samé“ (Jandák a kol., 2014).



Obr. č. 1: Půda – kůže planety (zdroj: www.google.cz)

1 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je popis fyzikálních a chemických parametrů půdy, které ovlivňují mineralogické složení půdy. Dále bude stanoveno mineralogické složení a základní fyzikální a chemické vlastnosti u vybraných půdních typů. Zjištěné výsledky budou zpracovány pomocí jednofaktorové analýzy – ANOVA. Bude provedeno hodnocení kvality půdních typů podle stanovených půdních vlastností a mineralogického složení. V závěru práce budou porovnány výsledky s odbornou literaturou.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Fyzikální vlastnosti půdy

Struktura - je dána stmelením jednotlivých půdních částic do větších agregátů pomocí jílové substance, organickými látkami, sloučeninami železa atd. Další vliv na tvorbu struktury mohou mít objemové změny půdy při střídavé vlhkosti, nebo u lesních půd, především v humusových horizontech, je důležitým činitelem při tvorbě struktury zoedafon (Tomášek, 2000). Jde o seskupování elementárních půdních částic ve strukturní elementy, tzv. agregáty. Na vzniku půdní struktury se podílí obsah a kvalita organické hmoty a půdních koloidů, výměnné kationty v koloidním systému, biologická činnost atd. Významné jsou také fyzikálně-chemické a biologické procesy. Půdní agregáty mohou mít různý tvar a velikost. Rozlišujeme je na mikroagregáty, s průměrem menším než 0,25 mm, a makroagregáty, které mají rozměry větší než 0,25 mm (Šarapatka, 2014). Pro příznivou pórovitost jsou nejvhodnější půdní agregáty velikosti 1 – 10 mm a takové, které tvoří pro kvalitní půdu kulovité, hrudkovité a polyedrické struktury (Bedrna, 2002). Jak uvádí Šarapatka (2014) podle tvaru a velikosti strukturních elementů se rozlišuje struktura:

Kulovitá, která má stejnou osu ve všech směrech.

- Prášková menší než 1 mm,
- Jemně drobtovitá 1-5 mm,
- Drobtovitá 5-10 mm,
- Hrudkovitá 10-50 mm,
- Hrudovitá více než 50 mm.

Polyedrická – která je charakteristická ostrohrannými agregáty.

- Drobně polyedrická méně než 10 mm,
- Polyedrická více než 10 mm.

Prismatická – agregáty, které mají vertikální osa je nejméně 2x delší než horizontální, elementy mají ostré hrany.

- Drobně prismatická méně než 20 mm,
- Prismatická 20-50 mm,

- Hrubě prismatická více než 50 mm.

Sloupkovitá – tato struktura má typické je stejné rozložení osy vertikální a horizontální jako u prismatické, horní hrana je však zaoblená.

Deskovitá – neboli lístkovitá, kdy horizontální osa je nejméně 2x delší než vertikální.

- Lístkovitá méně než 2 mm,
- Destičkovitá 2-5 mm,
- Deskovitá více než 5 mm.

Na Obr. 2 uvádíme grafické znázornění půdní struktury.

A – Izometrické (všechny tři rozměry přibližně stejné) strukturální elementy						B – Anisometrické (jeden nebo dva rozměry se liší) strukturální elementy			
A1 – Kulovitá struktura		A2 – Zrnitá struktura		A3 – Polyedrická struktura		B1 – Vertikálně protažené elementy		B2 – Horizontálně protažené elementy	
hrudovitá	> 50	zrnitá	10-5	polyedrická	> 10	hrubě prismatická (sloupkovitá)	> 50	deskovitá	> 5
hrudkovitá	50-10	jemně zrnitá	5-1	drobně polyedrická	< 10	prismatická (sloupkovitá)	50-20	destičkovitá	5-2
drobtovitá	10-5					drobně prismatická (sloupkovitá)	< 20	lístkovitá	< 2
jemně drobtovitá	5-1								
práškovitá	> 1								

Pozn.: Velikosti elementů jsou v milimetrech.

Obr. č. 2: Půdní struktura (zdroj: ucebnice.remediace.cz)

Pórovitost - půda není kompaktním substrátem, protože mezi pevnými částicemi se nachází volné prostory – póry. Těmi proniká do půdy voda a vzduch a také ovlivňují zvětrávací a půdotvorné pochody. Pórovitost půdy vyjadřuje celkový objem pórů, ale také jejich tvar, velikost a rozmístění. Nízká pórovitost bude u půd písčitých, kde částice leží blízko sebe, naproti tomu u půd bohatých na organickou hmotu bude pórovitost vyšší. Procento pórovitosti je tedy závislé na půdním druhu. Pórovitost je však ovlivněna také obsahem organických látek. U silně humózních půd a rašelin může být mezi 70

– 80 %. Utužení podpovrchových horizontů snižuje pórovitost až na 25 – 30 %, tím je však omezeno pronikání kořenů rostlin do těchto vrstev. Nejvhodnější podmínky pro růst rostlin dosahují hodnoty 55 - 60 % pórovitosti.

Velmi důležitým parametrem pro funkci pórů, ale také pro vodní a vzdušný režim je velikost jednotlivých pórů. Ty dělíme na kapilární a nekapilární. Kapilární póry neumožňují výměnu vzduchu, dále omezují gravitační pohyb vody z důvodu povrchových sil a zajišťují vztlínání vody. Dosahují průměru pod 0,2 mm. Nekapilární póry bývají většinou vyplněné vzduchem a rychle propouštějí gravitační vodu. Jejich rozměry jsou nad 0,2 mm. V některých publikacích se uvádí rozdělení pórů na makro a mikropóry (Šarapatka, 2014). Póry o průměru větším než 50 μm jsou makropóry, menším než 50 μm jsou mikropóry (Šimek, 2003).

U písčitých půd se setkáme s velkým množstvím hrubých pórů, kdy celková pórovitost těchto půd je nižší ve srovnání s jemněji texturovanými půdami. Tyto půdy jsou propustné pro vodu a bývají dobře provzdušněné z důvodu vyššího obsahu hrubších pórů. Půdy, které obsahují vyšší množstvím jílnatých částic, mají v procentech vyšší pórovitost. Z důvodu zastoupení zejména jemných pórů bývá jejich provzdušněnost malá. S optimálními poměry jak vzdušnými, tak z hlediska obsahu vody, se setkáme u středních – hlinitých půd (Šarapatka, 2014). Průměrné hodnoty pórovitosti, specifické a objemové hmotnosti u vybraných půd uvádíme v Tab. 1.

Tab. č. 1: Hodnoty pórovitosti, specifické hmotnosti, objemové hmotnosti typické pro různé půdy (Šimek, 2003)

Půda	Specifická hmotnost (g.cm⁻³)	Objemová hmotnost (g.cm⁻³)	Pórovitost (% obj.)
Střední až těžší minerální	2,60	0,8-1,4	46-69
Lehčí minerální	2,60	1,4-1,7	35-46
Luční a lesní, svrchní vrstvy	2,40	0,8-1,2	50-67
Rašeliny	1,40	0,1-0,7	79-93

Zrnitostní složení – se někdy uvádí jako půdní textura nebo také jako mechanická skladba. Zrnitostní složení půd je jednou z nejvýznamnějších znaků. Zrnitost zeminy je určována dle zastoupení jednotlivých velikostně rozdílných minerálních částic. Velikost minerálních částic v půdě zásadně ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti půdy. Byly vytvořeny různé systémy třídění částic podle velikosti, např. nejjednodušší stupnice rozlišuje kategorie štěrk, písek, prach a jíl, jiné jsou detailnější, např. Taxonomický klasifikační systém půd ČR používá systém USA-USDA. Pro praktické stanovení textury se využívá trojúhelníkový diagram, který vždy vychází z určité stupnice. Stanovuje půdní druhy podle obsahu jílu, prachu a písku v % hmotnostních. Trojúhelníkový diagram k určování půdních druhů podle USA-USDA uvádíme na Obr. 3.



Obr. č. 3: Trojúhelníkový diagram (zdroj: web2.mendelu.cz)

Tento systém užívá v současnosti také Taxonomický klasifikační systém půd ČR (Němeček a kol., 2011). Podle textury, tedy zastoupení hlavních zrnitostních frakcí v hmotnostních procentech, se rozlišují půdní druhy, a to půdy písčité lehké, hlinité a jílovité a přechody mezi nimi, popřípadě další kategorie. Dále se také používají jiné

názvy dle zpracovatelnosti jednotlivých skupin půd, a to termín lehká půda pro půdu písčitou, pro půdu hlinitou střední a pro půdu jílovitou těžká půda. Například Novák (1953) podle obsahu jílnatých částic, tedy částic o průměru pod 0,01 mm vyčleňuje tyto půdní druhy – viz Tab. 2.

Tab. č. 2: Zrnitostní složení dle Nováka (1953)

Zrnitostní složení dle obsahu frakce pod 0,01 mm - % v jemnozemi		
Lehké	Písčité	0-10
	Hlinitopísčité	10-20
Střední	Písčitohlinité	20-30
	Hlinité	30-45
Těžké	Jílovitohlinité	45-60
	Jílovité	60-75
	Jílové	nad 75

Čím více bude v horninách křemene a dalších těžce zvětratelných minerálů, tím bude půda hrubozrnější, písčitéjší, naopak půdy jemněji zrnité, jílovitější budou obsahovat lehčeji zvětratelné minerály v půdotvorném substrátu. Důležitým faktorem je také druh tmele. Půdy neskeletnaté se vytvořily ze sypkých a jemných sedimentů, tedy například ze spraše, pískovců, půdy slabě skeletnaté z málo zpevněných hornin (tufy, jílovité břidlice, slíny), středně skeletnaté půdy jsou vázané na hrubozrnné, lehčeji zvětratelné horniny jako jsou pískovce, granodiority, ruly, a vysoký obsah skeletu mají půdy z jemnozrnných, celistvých hornin (křemence, vápence, čediče), jak uvádí Šarapatka (2014). Velikost, tvar a textura půdní částice jsou v přímém vztahu s morfologií půdy, hustotou, propustností, tvrdostí, pevností, a jejich hysterezní vlastností s ohledem na vnější síly (Yong, Nakano, Pusch, 2012).

Barva půdy – podle ní můžeme charakterizovat matečný substrát. Zbarvení tohoto matečného substrátu může ovlivnit i zbarvení celého půdního profilu a znemožnit tak rozpoznání jednotlivých půdních horizontů. Např. tmavohnědé, šedé až černavé odstíny

svědčí o obsahu a intenzitě humusu (Šimek, 2003). Barva půdy závisí na obsahu půdních složek, jako je jíl, CaCO_3 , sloučeniny železa, humusu a vlhkosti. Suché půdy bývají zpravidla světlejší, vlhké půdy pak tmavší (Bican, 1961). Nápadné zesvětlení až vybělení horizontů značí různý stupeň vyluhování. Naproti tomu horizonty s výrazným, tmavším zabarvením v různých odstínech tmavě okrové, hnědé až rezivé barvy, najdeme u půd obohacených sloučeninami železa. Dále pak skvrnitost a mramorování jsou charakteristické pro sezónní převlhčení půdního profilu. Horizonty nápadně šedavé, zelenavé a namodralé jsou typické pro trvale převlhčení podzemní vodou. (Šimek, 2003). Žluté zbarvení půd indikuje přítomnost goethitu, červená barva hematit nebo lepidokrokit, černá indikuje přítomnost sulfidu železitého, pyritu nebo humusu a bílá barva znamená výskyt kalcitu, dolomitu, sádrovce nebo soli (Shukla, 2002). V Tab. 3 uvádíme, jaký vliv mají některé minerály na barevnost půd.

Tab. č. 3: Vliv některých minerálů na barvu půdy (NRCS, upraveno Vlček, 2015)

Minerál	Vzorec	Velikost	Barva
Goethit	FeOOH	1–2 mm	žlutá
Goethit	FeOOH	~0,2 mm	hnědá
Lepidokrokit	FeOOH	~0,5 mm	červeno-žlutá
Lepidokrokit	FeOOH	~0,1 mm	červená
Sulfid železa	FeS		černá
Dolomit	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$		bílá
Sádrovec	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		velmi světle hnědá
Křemen	SiO_2		světle šedá

Teplota půdy – souvisí s barvou a vlhkostí. Tmavé půdy absorbují více tepla než ty světlé, větší záhřevnost pak zvyšuje výpar a snižuje vlhkost půd. Chemické a biologické procesy a jejich intenzita závisí na teplotě půdy. Intenzita těchto procesů se snižující teplotou klesá a při teplotách pod 0°C je jen velmi nízká. Dochází totiž ke zpomalení mikrobiální procesu, ustávání aktivity půdních živočichů a mrznutí vody. Při mrznutí vody se zvětšuje její objem, střídáním mrznutí a tání pak vznikají trhliny a pukliny různých rozměrů. Teplota půdy je tedy velmi důležitým prvkem ovlivňující vznik a vývoj půdy, chemické, fyzikální i biologické vlastnosti. Primárním zdrojem energie pro půdu je sluneční záření. Vegetační pokryv však působí jako izolační vrstva, naproti tomu se

holá půda zahřívá daleko rychleji, ale také rychleji chladne (Šimek, 2003). Na Obr. 4 je zobrazen způsob zjišťování tepelného režimu v půdě.



Obr. č. 4: Zapichovací snímače teploty a sběrná řídicí jednotka s přijímačem signálu
(Plíva a kol., 2010)

Skeletovitost – se udává mm a souvisí s částicemi většími než 2 mm, které označujeme jako půdní skelet. Podrobnou klasifikaci uvádíme v Tab. 4.

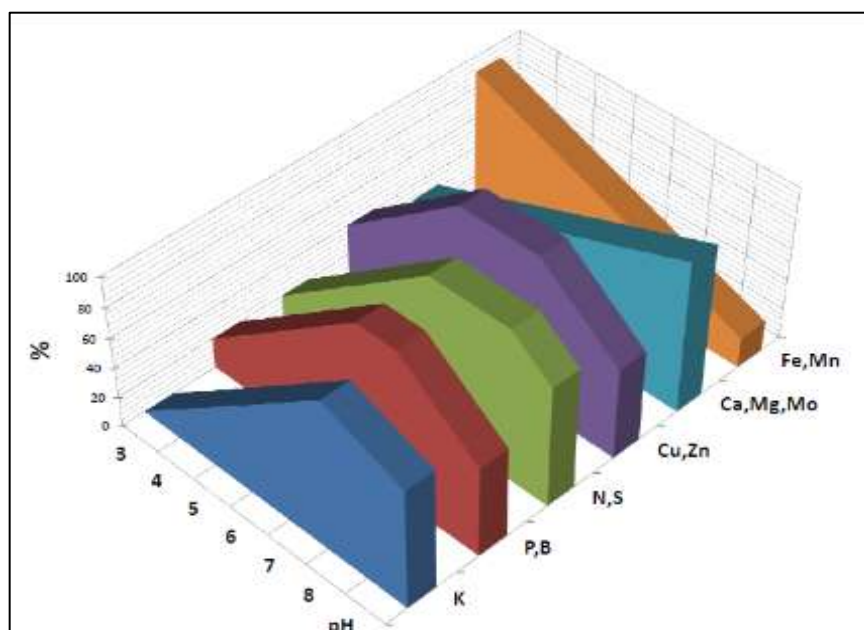
Tab. č. 4: Klasifikace půdního skeletu (zdroj: Tomášek, 2000)

Velikost skeletu (průměr v mm)	
Hrubý písek	2,1-4,0
Štěrk	4,1-30,0
Kamení	30,1-300,0
Bloky	nad 300,0

2.2 Chemické vlastnosti půdy

Půdní koloidy – jsou definovány jako částice o velikosti $10^{-3} - 10^{-6}$ mm. Můžeme je rozdělit na minerální půdní koloidy, mezi něž patří jílové minerály, primární silikáty, nerozpustné alumoferrifosfáty, polymerní kyselina křemičitá, hydratované oxidy Al, Fe, Mn, a na organické půdní koloidy (humusové látky a slizy, bílkoviny a lignin) (Kozák, 2004). Dále je můžeme dělit na hydrofilní a hydrofóbní. Některé minerální koloidy vznikají při chemickém a fyzikálním zvětrávání dispergací, jiné asociací molekul a to polymerizací a kondenzací. Organické koloidní látky pak při mikrobiální činnosti jako produkty enzymatické hydrolýzy edafonu a vegetace a také jako makromolekulární produkty mikrobiální syntézy (Jandák a kol., 2014).

Reakce půdy – je dána koncentrací vodíkových iontů v půdním roztoku. Stav půdní reakce označujeme exponentem pH. Neutrální půdy dosahují hodnot $\text{pH} = 7$, půdy kyselé mají pH nižší než 7, půdy zásadité vyšší než 7 (Bican, 1961). Tato vlastnost půdy ovlivňuje složení půdní mikroflóry, mikrofauny i rostlinného pokryvu a naopak, má tedy vliv i na půdotvorný proces. Nejméně vhodné pH pro rostliny jsou půdy s pH pod 3,5 a nad 9. V mezích pH 6 – 7 jsou rostlinné živiny, mimo fosfor, maximálně přístupné rostlinám (Jandák a kol., 2014) – viz Obr. 5. Hodnocení půdní reakce je uvedeno v Tab. 5 a 6.



Obr. č. 5: Přístupnost živin dle pH půdy (Sparks, 2003)

Tab. č. 5: Výměnná půdní reakce (pH/KCl) (Tomášek, 2000)

Silně kyselá	pod 4,5
Kyselá	4,6 – 5,5
Slabě kyselá	5,6 – 6,5
Neutrální	6,6 – 7,2
Alkalická	nad 7,2

Tab. č. 6: Aktivní půdní reakce (pH/H₂O) (Jandák a kol., 2003)

pH/H ₂ O	Hodnocení zeminy
< 4,9	Silně kyselá
5,0 – 5,9	Kyselá
6,0 – 6,9	Slabě kyselá
7,0	Neutrální
7,1 – 8,0	Slabě alkalická
8,1 – 9,4	Alkalická
> 9,5	Silně alkalická

Sorpční schopnost – definujeme jako schopnost půdy poutat různé látky z disperzního prostředí, za spoluúčasti půdních koloidů, jejichž podstatná část je součástí pevné fáze půdy. Tyto vytváří půdní sorpční komplex, který má část aniontovou a část kationtovou. Půdní sorpční komplex má velký vliv na chemismus půdy, její fyzikální stav a významný vliv má i na výživu rostlin. Při půdotvorném procesu jsou půdní koloidní složky považovány za jednu z nejdůležitějších součástí, jsou důležité i při formování vlastností zemědělských půd a při úrodnosti půd (Jandák a kol., 2014). Pro charakteristiku vlastností sorpčního komplexu byly stanoveny tři ukazatele:

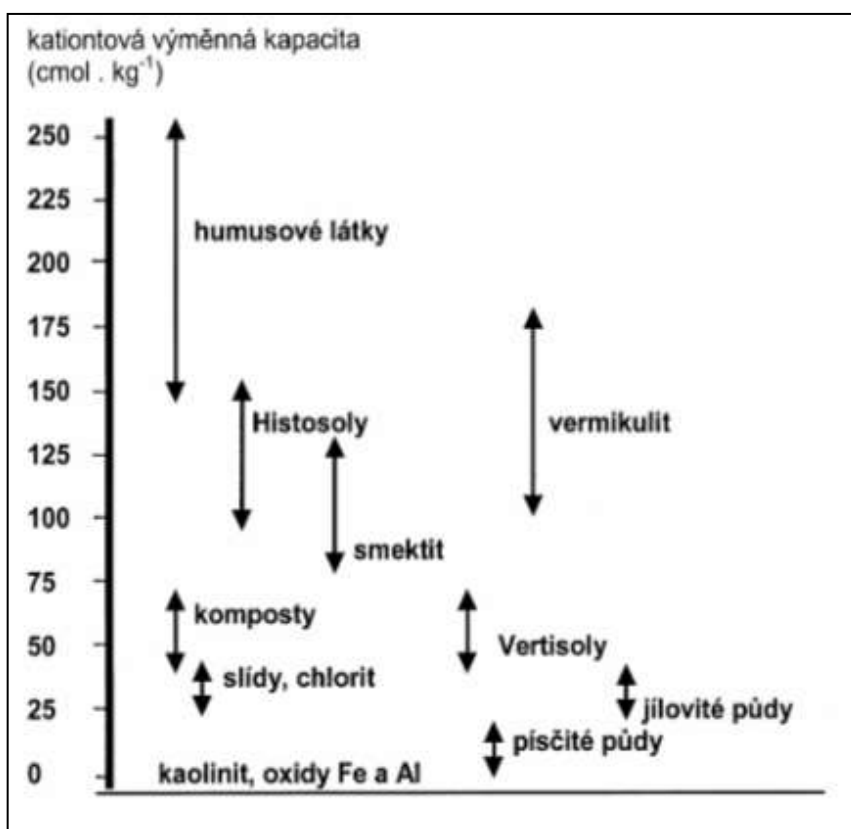
1. Obsah výměnných bází (S) – množství bází, právě poutaných sorpčním komplexem. Hodnoty označujeme v milimolech (mmol) na 0,1 kg zeminy. Tyto hodnoty se mohou měnit vlivem hnojení či změnami vlhkosti půdy.

2. Kationtová výměnná kapacita „T“ nebo „KVK“ – definujeme jako největší množství kationtů, které je sorpční komplex půdy schopen na svém povrchu poutat. Hodnoty

také vyjadřujeme v mmol na 0,1 kg půdy. V Tab. 7 je vyjádření kationtové výměnné kapacity vybraných půdních druhů. Na Obr. 6 uvádíme KVK vybraných půd.

Tab. č. 7: Vyjádření sorpční kapacity vybraných půdních druhů
(Jandák a kol., 2014)

Půdní druh	Sorpční kapacita (mmol na 0,1 kg půdy)
Písčité půdy	2 – 10
Hlinité půdy	20 – 30
Jílovité půdy	40 – 50
Organické půdy	až 150



Obr. č. 6 Kationtová výměnná kapacita při pH 7 některých půd a jílových minerálů
(Brady a Weil, 1999)

V Tab. 8 je uvedeno hodnocení půd podle hodnot KVK. V Tab. 9 je hodnocení půd podle stupně nasycení.

*Tab. č. 8: Hodnocení půd podle výměnné sorpční kapacity
(Jandák a kol., 2014)*

Výměnná sorpční kapacita	Hodnota „T“ (mmol na 0,1 kg půdy)
Velmi vysoká	nad 30
Vysoká	25 – 30
Vyšší střední	18 – 25
Nížší střední	13 – 18
Nízká	8 – 13
Velmi nízká	pod 8

3. Stupeň sorpční nasycenosti (V) – vyjadřuje poměr okamžitého obsahu výměnných bází k maximálně možnému obsahu výměnných bází. Hodnotu vyjadřujeme v %.

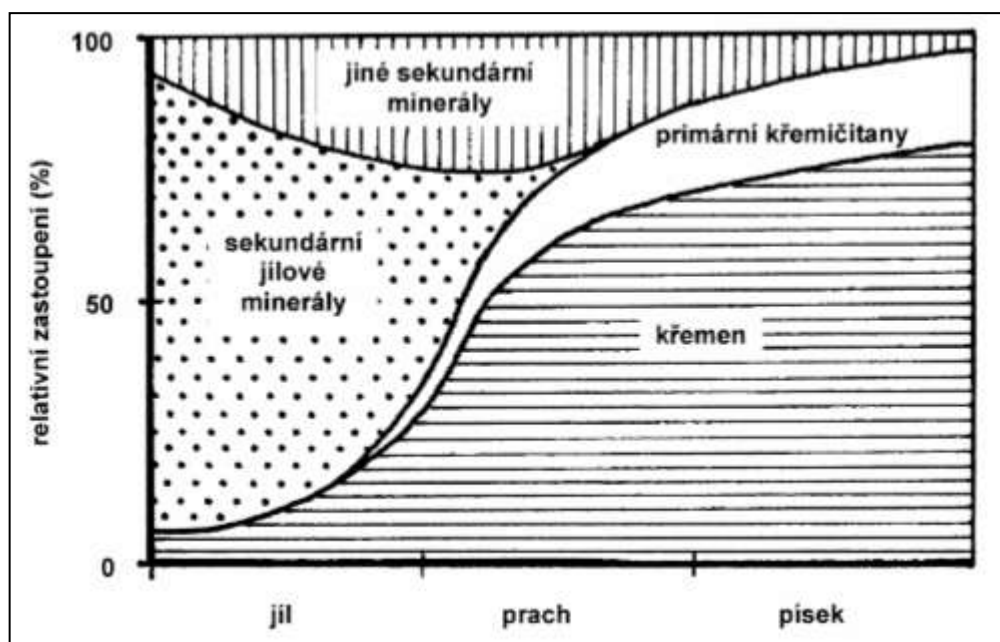
$$V = \frac{S * 100}{T} (\%)$$

*Tab. č. 9 Hodnocení půd podle stupně sorpčního nasycení
(Jandák a kol., 2014)*

Nasycenost půd	Hodnota V (%)
Plně nasycená	90 – 100
Nasycená	75 – 90
Slabě nasycená	50 – 75
Nenasycená	30 – 50
Extrémně nenasycená	pod 30

2.3 Mineralogické složení půd

Mineralogické složení půd – má velmi významný vliv na velikost jednotlivých půdních částic. Například písek a prach v oblastech mírného pásma jsou tvořeny zejména křemenem, na vápencích pak kalcitem nebo dolomitem. V tropech převládají oxidy železa a hliníku, důvodem je intenzivní zvětrávání křemene. V aridních oblastech dominují obecně primární minerály, pro nedostatek vody zde totiž probíhá chemické zvětrávání jen velmi pomalu. Mohou se také vyskytovat minerály v půdě vzniklé, jako kalcit nebo sádrovec, které rekrystalizují z rozpuštěných forem. Jílové částice jsou tvořeny zejména jílovými minerály, sesquioxidy, amorfními minerály a humusovými látkami. Běžně se vyskytují ve formě koloidů. Textura půdy je velmi stabilní. Ta se mění pomalu v souvislosti s průběhem zvětrávacích procesů a celkovým vývojem půdy. Na Obr. 7 je patrné, že křemen tvoří většinu větších částic, primární křemičitany se vyskytují zejména ve velikostních kategoriích písek (sand) a částečně v kategoriích prach (silt). Sekundární jílové minerály převládají v nejmenších (jílových) částicích (Šimek, 2003).



Obr. č. 7: Obecný vztah mezi velikostí půdních částic a jejich minerálním složením
(Brady a Weil, 1999)

Podle definice jsou půdy směsí minerálních součástí, odumřelé organické hmoty a živých organismů, přičemž vzájemné poměry mezi těmito součástmi mohou být různé, ale ve většině půd minerální součásti převládají nad ostatními. Mineralogické složení půd je závislé na podložní hornině, na substrátu a samozřejmě na intenzitě a druhu půdotvorných procesů. V půdách hrubozrnných je převaha minerálních součástí nad ostatními stavebními prvky mnohem větší, než v půdách jemnozrnných. Minerály půd můžeme dělit na primární a sekundární.

- Primární minerály jsou takové, které půda zdělila z matečných hornin.
- Sekundárními jsou pak ty, které vznikly přeměnou minerálů primárních, jak v půdním substrátu, tak půdě samotné nebo se zcela nově vysrážely z roztoků. (Bičík, 2009)

2.3.1 Primární minerály

Primární minerály – patří kromě minerálů zděděných z matečných hornin i úlomky hornin. Mohou se hojně vyskytovat v hrubozrnných půdách, kde jejich složení je závislé na matečné hornině. Stejně tak jako v petrologii dělíme tyto součásti na stabilní a nestabilní. Mezi stabilní součásti patří tvořené zcela nebo z velké části křemenem, např. ze sedimentů křemence, bulžníky, rohovce, křemenné pískovce, z metamorfítů meta-kvarcity, z vyvřelin některé křemenem bohaté kyselé horniny skupiny žul. Tyto stabilní horninové součásti odolávají zvětrávání a často v půdách zůstávají. Nestabilní horninové součásti jsou tvořené jinými minerály než křemenem. Snadněji zvětrávají, rozpadají se na jednotlivé minerály nebo jsou zcela přeměněny na druhotné minerály (Bičík, 2009).

Jedny z nejdůležitějších a nejvíce obsažených primárních minerálních součástí v půdě jsou živce. Draselné živce jsou důležitým zdrojem draslíku v půdě a často tvoří majoritní složku minerální formy půdního draslíku. Živce mohou být rozděleny do dvou hlavních skupin, alkalických živců, v rozmezí od složení $KAlSi_3O_8$ do $NaAlSi_3O_8$, a plagioklasů, od $NaAlSi_3O_8$ do $CaAl_2Si_3O_8$ (Sparks, 2003). Z primárních minerálů je v půdách nejhojněji zastoupen křemen, což vyplývá z jeho hojnosti v matečných horninách, jehož zdrojem jsou jak vyvřeliny, sedimenty, metamorfity, tak i křemenné žíly. Na druhé místo se dle hojnosti řadí živce, jedná se však o velkou skupinu minerálů

s rozdílným chemickým složením. Jsou to hlinitokřemičitany draselné, sodné a vápenaté a dle mineralogie je dělíme na nealkalické živce a plagioklasy. Mezi alkalické živce obsahující draslík patří sanidin, ortoklas, mikroklin a adulár. Plagioklasy tvoří řadu od sodných (albit) do vápenatých (anortit). Živce jsou velmi důležitým horninotvorným minerálem. Charakterizuje je výskyt ve vyvřelinách, sedimentech a metamorfitech. Jsou různě stabilní, na jejich stabilitu má vliv kyselost a prostředí, obsah kyslíku a také organická hmota. Draselné živce se rozkládají na jílové minerály a dodávají draslík do půd. Na Obr. 8 je uveden ortoklas.



Obr. č. 8: Ortoklas (zdroj: www.geologie.vsb.cz)

Vápenaté plagioklasy jsou pak důležitým dodavatelem vápníku. Mezi hlinitokřemičitany patří také slídy, pro které je typický lupínkovitý tvar. V půdách se vyskytuje téměř výlučně muskovit, tedy světlá slída s draslíkem, který se v půdách mění na jílové minerály. Biotit, tedy tmavá slída se železem a hořčíkem, je velmi nestabilní, a proto ji můžeme najít jen v některých mladých půdách. Muskovit je nejhojnější v některých metamorfitech, jako svorech a svorových rulách, a velmi hojný v kyselých vyvřelinách, především v pegmatitech. Takto se dostává do půd ve velkém množství. Do těžkých minerálů řadíme také magnetit, který se v mnoha půdách vyskytuje v podobě drobných černých krystalků, zřetelný pouze pod mikroskopem, a maghemit.

Významnými minerály jsou také oxidy titanu, a to rutil a ilmenit, které se vyskytují stejně jako zirkon v podobě jemných prachovitých frakcí. Oxidy titanu se pak do půd dostávají díky vyvřelinám. Ve velmi malém množství se v mnoha půdách vyskytuje apatit neboli fosforečnan vápníku, jehož zdrojem jsou také kyselé vyvřeliny. Vyskytuje

se v písčité a prachové frakci a řadí se mezi nejstabilnější. Je velmi důležitým dodavatelem fosforu do půd (Bičík, 2009).

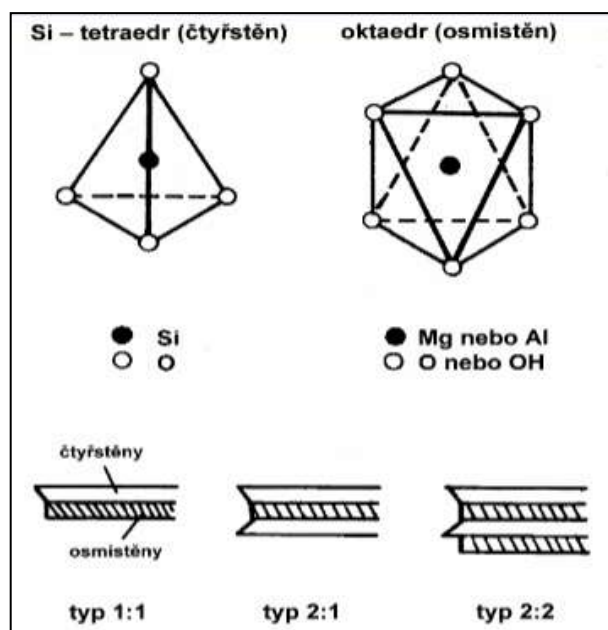
2.3.2 Sekundární minerály

Sekundární minerály – vznikly rozkladem minerálů primárních, nebo také v substrátech a půdách bez vlivu primárních hornin. Mezi sekundární minerály podle Bičík (2009) zahrnujeme:

1. Oxid křemičitý – vyskytuje ve formě opálu – A, opálu – C i křemene a do půd se dostává rozpouštěním primárního křemene i křemičitanů, z části i biologickými pochody. Pedogenní oxid křemičitý typický pro aridní a semiaridní oblasti, se do půdy dostává rozpouštěním primárních silikátů. Amorfní oxid křemičitý je snadněji rozpustnější, než jeho krystalická forma. V půdách se sráží ve formě opálu – A (tj. amorfní opál), opálu – CT (tj. opálu se strukturou cristobalitu) a mikrokrystalického křemene.

2. Oxidy a oxi-hydroxidy železa a hliníku – velmi hojně se vyskytují goethit, hematit (oxid Fe) a gibsit (oxid Al), a to v podobě zrna, častěji však jako nepravidelné agregáty. V půdě plní důležitou funkci, tvoří větší hlízy a konkrece, a jsou barvicí substance, např. hematit barví půdní substrát intenzivně červeně. Výskyt oxidů železa a hliníku je vázán na intenzivně zvětralých půdách, jako jsou Oxisoly, Ultisoly.

3. Jílové minerály – jsou specifické minerální látky, které se vyskytují převážně ve frakci jílu (Moore a Reynolds, 1989). Jílové minerály hrají zásadní roli při ovlivňování mnoha chemických reakcí a procesů v půdě a označují se i jako fylosilikáty (Sparks, 2003). Na Obr. 9 je patrná struktura jílových minerálů, kdy se jednotlivé vrstvičky střídají a podle toho se také rozlišují 3 typy jílových minerálů, 1:1, 2:1 a 2:2. Tyto vrstvičky pak tvoří krystaly (Šimek, 2003).



Obr. č. 9: Stavební jednoty vrstviček jílových minerálů a jejich uspořádání (Šimek, 2003)

V jílových minerálech se mohou střídat vrstvičky o různé krystalografické struktuře, proto se jim říká minerály se smíšenou strukturou. Mezi nejhojnější typy patří illit–smektit, vermikulit–smektit a chlorit–vermikulit (Bičík, 2009).

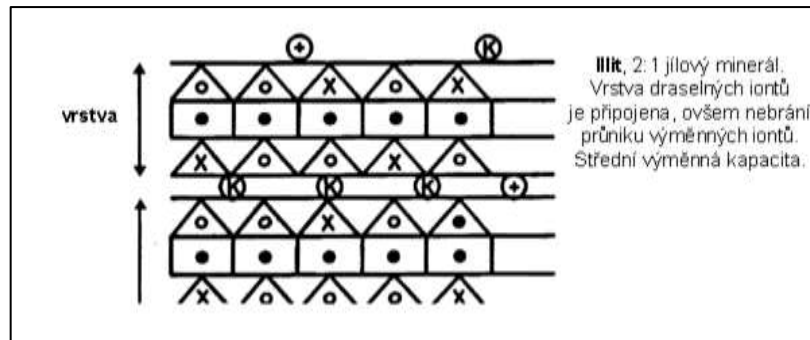
V půdách se nejhojněji vyskytuje kaolinit a jeho příbuzný halloysit. Jílové minerály dělíme jednak podle krystalové struktury a jednak podle chemického složení. Dělíme je na následující skupiny:

- **Skupina amorfních jílových minerálů**

Kromě krystalických jíků, jsou některé materiály, které se chovají jako jíly, ale nemají krystalickou strukturu. Amorfní jíly nemají určitý rentgenový difrakční obrazec. Jsou složeny ze směsi oxidu hlinitého, oxidu křemičitého a dalších oxidů. Obecně mají vysokou sorpční a kationtovou výměnnou kapacitu (Conklin, 2014). Do skupiny těchto amorfních látek patří např. alofan. Vzniká rychlým zvětráváním amorfních minerálů (sopečný popel) v příhodných humidních a teplých podmínkách (Šimek, 2003). Je typický na půdách typu Andosoly, tedy půdy na vulkanickém popelu (Kozák, 2004).

- **Illitická skupina**

Illit je jílový minerál příbuzný muskovitu, má však méně draslíku a více oxidu křemičitého. Je běžným zvětrávacím produktem mnoha hlinitokřemičitanů. Za přítomnosti vody se mění na vermikulity, což jsou hořčnaté hlinitokřemičitany, jejichž sorpční kapacita má pro půdy zásadní význam (Bičík, 2009). Na Obr. 10 vidíme strukturu illitu.



Obr. č. 10: Struktura illitu (zdroj: web2.mendelu.cz)

- **Montmorillonitická skupiny**

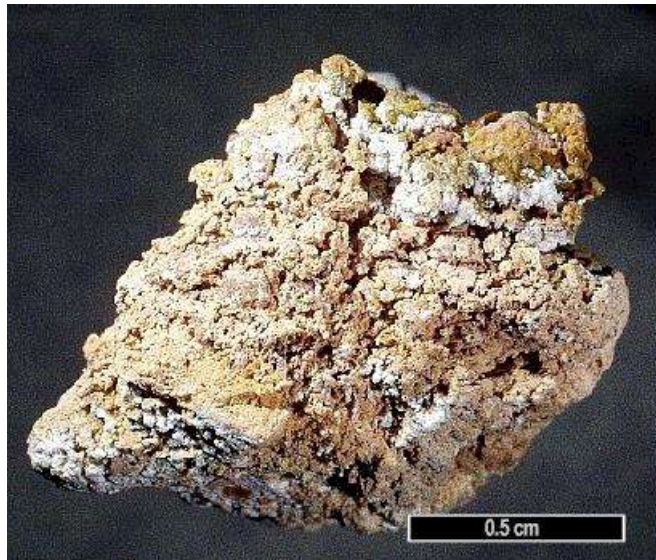
Další skupinou jílových minerálů jsou smektity (montmorillonit). Mají proměnlivé složení a jsou typické svou expanzí a schopností výměny iontů. Tvoří se velmi často na vulkanických horninách a jejich tufech (Bičík, 2009). Ukázka montmorillonitu – viz Obr. 11. Další významnou charakteristikou těchto jílových minerálů, je jejich plasticita, vysoká sorpční schopnost pro živiny – až 80 mval 100 g, vaznost a hydrofilnost. Jsou velmi rozšířeny v půdách černozemního typu (černozemě, rendziny, slinovatky apod.) (Jurčík, 1978).



Obr. č. 11: Montmorillonit (zdroj: www.webmineral.com)

- ***Kaolinitická skupina***

Kaolinit vzniká zvětráváním primárních minerálů a následnou krystalizací nebo částečnou dezintegrací jílových minerálů typu 2:1, a to v kyselém prostředí ve vývojově starých nebo intenzivně zvětrávaných půdách. Půdy, které obsahují vyšší množství kaolinitu, mohou mít dobré strukturní vlastnosti, a to díky jeho relativně velkým částicím (Šimek, 2003). Mezi další vlastnosti charakteristické pro tento minerál patří velká pevnost krystalové mřížky, malý vnější i vnitřní povrch a tedy i menší schopnost sorbovat živiny (5 – 10 mval na 100 g), ale také nepatrná bobtnavost pro vodu. V našich podmínkách je najdeme především v půdách podzolových a fosilních, ale také v půdách, které prošly kaolinitickým zvětráváním (Jurčík, 1978) – viz Obr. 12.



Obr. č. 12: Kaolinit (zdroj: www.webminerals.com)

- **Chloritická skupina**

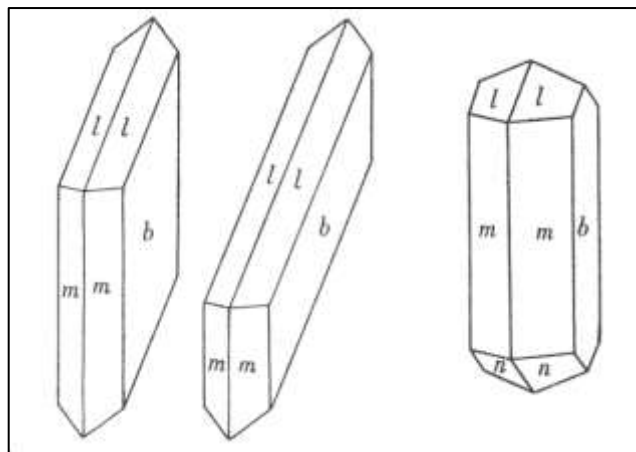
Chlority patří také mezi hořečnaté hlinitokřemičitany. Tvoří se přeměnou primárních hořečnatých minerálů (amfibolů a pyroxenů), ale samotné nejsou příliš stabilní, především v kyselějším prostředí. Výskyt v půdách je vázán k jiným jílovým minerálům spíše jako příměs (Bičík, 2009).

4. Karbonáty – asi 20 % našich půd obsahuje karbonáty. Z karbonátů se v půdách vyskytuje hlavně kalcit, který je běžnou součástí světových půd, především v aridních a semiaridních oblastech (Bičík, 2009). Dalším velmi častým karbonátem je dolomit $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ - viz Obr. 13 (Šimek, 2003). Právě na matečných karbonátových horninách vzniká velké procento půd. Půdní karbonát původem z matečných hornin, je převážně detritický karbonát, dosud nepostížený rozpuštěním, kterému se říká primární, někdy i neogenní a litogenní. Karbonát sekundární, čili autigenní nebo pedogenní, vzniká druhotně v půdním profilu. Rozlišení těchto dvou druhů nebývá vždy snadné (Bičík, 2009). Na Obr. 13 uvádíme dolomit.



Obr. č. 13: Dolomit (zdroj: www.geologie.vsb.cz)

5. **Sulfáty** – např. pedogenní sádrovec se v půdách vyskytuje mnohem častěji, než bychom čekali. Sráží se z povrchových i půdních vod bohatých kalciumem i sulfátovým iontem a také se tvoří při oxidaci pyritu. Je rozpustný, proto jej ve větším množství najdeme jen v půdách aridních oblastí. Může se objevovat i v půdách jiných podnebí, ve kterých však jeho vznik podporují kyselá deště a antropogenní procesy (Bičík, 2009) – viz Obr. 14.



Obr. č. 14: Tabulkovité krystaly sádrovce
(zdroj: www.mineralogie.sci.muni.cz)

2.4 Mineralogická půdní analýza

Převážná část našich půdotvorných hornin se skládá z několika nerostů, jejichž chemismus a zastoupení určuje pak následně i chemismus půd. Primární chemismus půd je přímo závislý na chemismu hornin a je pak různě modifikován půdotvornými procesy, zejména výraznou podzolizací. V půdním substrátu je obsaženo větší či menší množství dosud nezvětralých nebo již druhotně vytvořených minerálů, které představují minerální půdní podíl (Klika, 1954). Minerály jsou vlastně čisté chemické prvky nebo přírodní chemické sloučeniny, a jsou charakteristické určitým složením a fyzikálními vlastnostmi. Každý minerál má typické uspořádání iontů nebo jejich skupin. Ty pak tvoří vnitřní krystalovou strukturu, která má významný vliv na pevnost vazeb a tím také zvětratelnosti minerálů (Jandák a kol., 2001). Minerální půdní podíl je tvořen dvěma složkami:

1. *Podíl prakticky nezvětratelny*, který nemá pro výživu rostlin téměř žádný význam (křemen),
2. *Podíl zvětratelny* (minerály více či méně zvětratelny).

Ze zvětratelnyho půdního podílu účinkem hydrolyzy vody, CO_2 a různých solí rozpustných ve vodě se pomalu uvolňují živiny jako např. K_2O , Na_2O , CaO , MgO , P_2O_5 , které jsou důležité pro rostlinné organismy. Minerální půdní podíl je tedy jakousi rezervou rostlinných živin v půdě, složen především ze silikátů, resp. polysilikátů, a to draselných, sodných, vápenatých, hořečnatých, železnatých i hlinitých, v malé míře pak z kysličníků (Fe, Ti a Mn) nebo jiných minerálů (vápenec, sádrovec aj.) Jednotlivé minerální živiny (K, Na, Ca, Mg) jsou hlavně vázány na různé polykřemičité kyseliny a v této formě jsou pro rostlinu nevyužitelné. Teprve až fyzikálním, chemickým a biologickým zvětráváním se štěpí často velmi komplikované vazby polysilikátů, při tom se rostlinné živiny uvolňují v rozpustných nebo přístupných formách, které již mohou rostliny využít pro svoji potřebu (Klika, 1954).

Metody stanovení mineralogického složení půd

1. Rentgenová difrakční analýza

Rentgenová difrakční analýza se využívá při zjištění mineralogického složení půdy a to zejména její jílové frakce. Využívá se přitom rentgenové záření, které při dopadu

na látku se z malé části odrazí a rozptýlí se na částicích krystalové mřížky. Z větší části však vstupuje do látky, kde se rozptýl opakuje na částicích dalších mřížkových rovin. Vypočítají se vzdálenosti mřížkových rovin krystalu dosazením vlnové délky rentgenového záření do Braggovy rovnice.

Braggova rovnice:

$$n\lambda = 2d * \sin\theta$$

kde:

n – řád spektra

λ – vlnová délka

d – mřížková (mezivrstevná) vzdálenost

θ – úhel dopadu zařízení

Z hodnoty mřížkových vzdáleností se vypočítá délka hran základní buňky. Pro použití této analýzy je však zapotřebí nejprve odstranit látky jako karbonáty, organickou hmotu, oxidy a hydroxy oxidy železa, oxidy manganu a amorfní sloučeniny křemíku a hliníku. Oddělením těchto látek dosáhneme zlepšení kvality difrakčních spekter. Podle Horáčka (1994) se využívá kvantitativního odhadu, za pomoci stupňů:

3 – převládající součást,

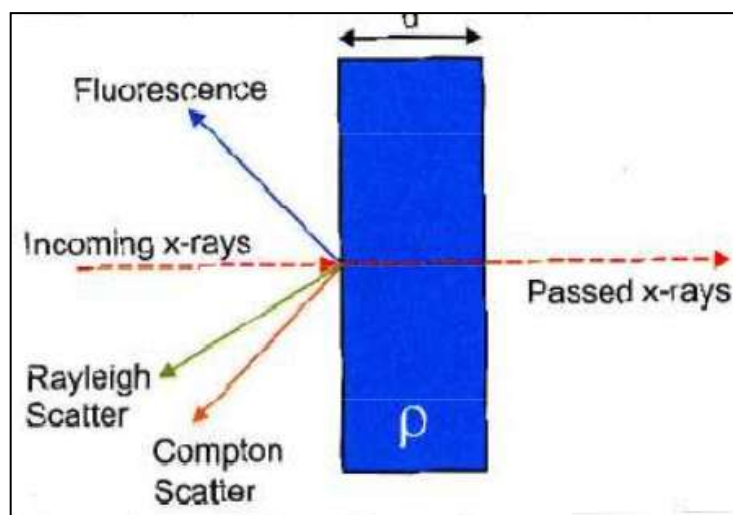
2 – hlavní příměs,

1 – malá příměs,

0 – nestanovitelné množství

2. Rentgenová fluorescenční spektrometrie

Slouží k zjištění chemického složení materiálu. Jedná se o nedestruktivní metodu. Principem je interakce RTG záření s atomy zkoumaného materiálu, kdy dochází k vyrazení elektronu z hladiny K nejbližší k jádru atomu zkoumaného materiálu – dochází k tzv. sekundární ionizaci (AKADEMIA.EDU, 2015). Na Obr. 15 můžeme sledovat rentgenové paprsky, které dopadají na materiál, část se rozptýlí, část projde hmotou a část se absorbuje a vyprodukuje fluorescentní záření.



Obr. č. 15: Rentgenová fluorescence (Brouwer, 2003)

3. Termická analýza

Principem této analýzy je sledování pochodů, které nastávají u zkoumaného vzorku při lineárním zvyšování teploty, ty zjišťujeme zapojenými termočlánky. Metoda je nejvíce vhodná pro určení karbonátů, hydroxidů Fe, Al a kaolinitických nerostů (Šály, Mihálik, 1970).

Klasifikace půd podle minerální síly

Minerální podíl půd klasifikujeme podle obsahu zvětratelného minerálního podílu, který je tvořen součtem draselných živců, plagioklasů a minerálů se specifickou vahou větší 2,80. Jako nezvětratelný půdní podíl označujeme obsah křemene, který je z hlediska obsahu rostlinných živin víceméně bezcenná součást minerálního podílu. Tab. 10 ukazuje klasifikaci jednotlivé půdy dle obsahu zvětratelné části minerálního podílu.

Tab. č. 10: Klasifikace půd podle minerální síly (Klika, 1954)

Zvětratelný podíl z celé půdní hmoty (%)	Označení zeminy
0-10 %	Zeminy jalové
10-20 %	Zeminy minerálně slabé
20-30 %	Zeminy o střední minerální síle
30-40 %	Minerálně silné
> 40 %	Minerálně velmi silné

2.5 Referenční třída Černosoly

Černosoly se řadí mezi půdy s 40 – 60 cm mocným černickým humusovým horizontem s drobtovitou až zrnitou strukturou, vyvinuté z nezpevněných karbonátových substrátů (Kozák, 2004). Jsou představitelem optimálního souboru fyzikálních, chemických, mineralogických a biologických vlastností půd pro zemědělské využití (Jandák a kol., 2014).

Typy:

- černozeň – CE
- černice – CC

Černozeň – nacházíme na územích s malou nadmořskou výškou, v našich nejsušších a nejteplejších oblastech. Vznikly v raných obdobích postglaciálu pod původní stepí a lesostepí. Do dnešní doby se uchovaly ve své původní podobě převážně jen díky zemědělské kultivaci. Matečným substrátem jsou zpravidla spraše, jen místy se uplatňují zvětralinové slínovce (slíny), vápnité terciérní jíly nebo vápnité písky. Hlavním půdotvorným procesem byla intenzivní humifikace, která probíhala pod stepní vegetací (Tomášek, 2000). Svrchní horizont **A** je charakteristický akumulací humusu, je tmavý, sorpčně nasycený a má neutrální až slabě alkalickou reakci. Spodní horizont **C** je světlý a chudý humusem, jde vlastně o pozměněnou matečnou horninu nebo zeminu, na které se půda vytvořila. Přechodný iluviální horizont **B** chybí. Přechod mezi horizontem **A** a **C** je pozvolný a vyznačuje se ubýváním humusu. Černozeň jsou půdy nejlepších vlastností. Mají jemně zrnitou až drobtovitou strukturu (Pauk, 1962). Obsahují dostatek lehce přístupných živin a humusu bohatého na dusík, což vede k vysoké úrodnosti těchto půd (Smolíková, 1982). Černozeň na spraši obsahují v jílovém podílu nejvíce illit, který je doprovázen montmorillonitem a jílovými minerály se smíšenou strukturou. Stejně tak degradované a illimerizované černozeň vyvinuté na spraši mají podobné mineralogické složení. Stejně složení mají i hnědozeň (Šály a Mihálik, 1970) – viz Obr. 16.



*Obr. č. 16: Černozem modální – půdní profil
(zdroj: www.klasifikace.pedologie.cz)*

Černice – můžeme charakterizovat jako hlubokohumózní semihydromorfní půdy z nezpevněných sorpčně nasycených substrátů s redoximorfními znaky v humusovém horizontu (bročky) a v substrátu - skvrnitost (Kozák, 2004). Vytvořily se díky intenzivní akumulaci a kondenzaci půdní organické hmoty z nezpevněných sorpčně nasycených silikátových nebo karbonátovo-silikátových substrátů, jejichž půdotvorným faktorem je hladina podzemní vody, v hloubce 1 – 2 m pod povrchem. Tyto půdy nalezneme v širokých nivách řek, v terénních depresích, především v teplejších a sušších oblastech v nadmořských výškách do 300 m n. m. (Jandák a kol., 2014).

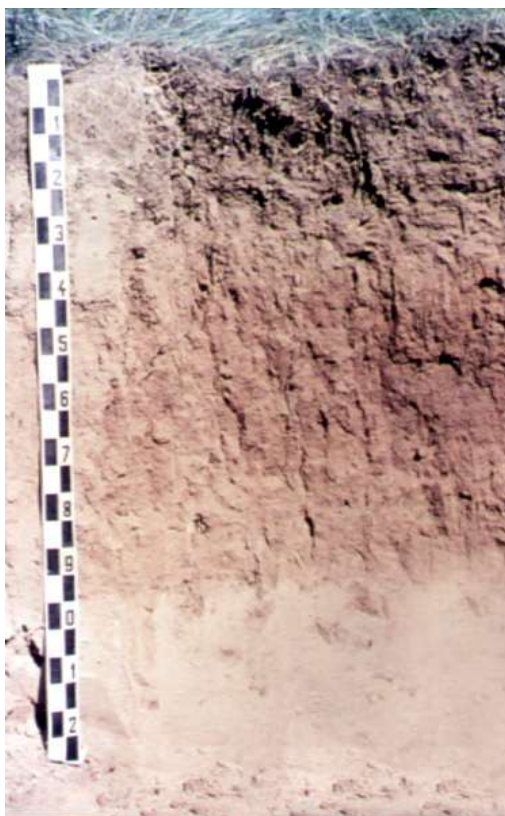
2.6 Referenční třída Luvisoly

Luvisoly – vznikly v důsledku illimerizace, z nezpevněných silikátových nebo karbonátovo-silikátových substrátů (Jandák a kol., 2014). Dochází u nich k vymývání jílu do akumulárního horizontu. Luvisoly nesou svůj název z latinského *ludere* – vymývat, proplavovat. Řadí se mezi úrodné půdy, které bývají zemědělsky využívány. V oblastech mírného pásma se na nich pěstují obiloviny, cukrovka, krmné plodiny, na svazích bývají pokryty travními porosty (Prax, 2004).

Typy:

- hnědozemě – HN
- šedozemě – SE
- luvizemě – LU

Hnědozemě – se vyskytují ve středních nadmořských výškách od 300 – 500 m n. m., na území s listnatými stromy nebo tam, kde dříve tyto listnaté porosty rostly. V profilu jsou patrné 3 horizonty, a to svrchní eluviální **A**, střední iluviální horizont **B** a spodní **C**. Horizont **A** má hnědou barvu, má nižší obsah humusu a odpovídá orniční vrstvě. Horizont **B** je hnědý až hnědo-rezavý, tvoří vrstvu o mocnosti 20-40 cm. Spodní horizont **C** je tvořen matečnou horninou nebo zeminou, která nebyla půdotvorným pochodem změněna (Bican, 1961). Půdotvorným substrátem je nejčastěji spraš, sprašová hlína i smíšená svahovina. Hlavním půdotvorným procesem je illimerizace, tedy proces, při kterém je svrchní část profilu ochuzována o jílnaté součástky, které jsou zasakující vodou přemísťovány do hlubších půdních horizontů. Hnědozemě jsou nejčastěji půdy středně těžké, někdy i těžší půdy (Tomášek, 2000) – viz Obr. 17.



Obr. č. 17: Hnědozem modální – půdní profil
(zdroj: www.klasifikace.pedologie.cz)

Šedozemě – vznikají na odvápněných nezpevněných materiálech, včetně eolických a fluviálních uloženin, v podmínkách mírného až chladného subhumidního klimatu. V sušších oblastech mohou trpět nedostatkem vody, proto vznikají na povrchu krusty. Naopak v severně položených oblastech může docházet v jarním období k převlhčení, které může způsobit až rozbahnění (Prax, 2004). Vyskytují se v nadmořské výšce 200 – 370 m n. m. V České republice je zastoupení těchto půd velmi malé (Jandák a kol., 2014).

Luvizemě – jejich vznik je podmíněn procesem illimerizace. Vytvořily se ze spraší, sprašových hlín, polygenetických hlín. Tyto půdy jsou náchylné ke zhutnění a vyžadují pravidelné vápnění a hnojení organickými hnojivy. Luvizemě jsou méně úrodné než hnědozemě. Jejich výskyt je vázán na mírně zvlněný reliéf, v nadmořské výšce 300 – 600 m n. m. (Jandák a kol., 2014).

2.7 Referenční třída Kambisoly

Kambisoly – u těchto půd dochází, kromě hnědnutí, také k procesům tvorby a přeměny jílu. Například v mírném pásmu nastává chemicko–mechanická přeměna biotitu na illit. Značně stabilní však zůstávají křemen, opál a živce. Většina těchto půd se nachází v regionech s nadbytkem srážek. V mírných oblastech jsou zemědělsky využívány. Na svazích se však doporučuje jejich zalesnění (Prax, 2004).

Typy:

- kambizemě – KA
- pelozemě – PE

Kambizemě – patří mezi nejrozšířenější půdní typ na našem území. Najdeme je v pahorkatinách a vrchovinách, stejně tak i horách, jen málo jsou zastoupeny v nížinách. Původní vegetací byly listnaté lesy (dubohabrové až horské bučiny). Jako matečný substrát kambizemí se uplatňují téměř všechny horniny skalního podkladu (žuly, ruly, svory, fylity, čediče, pískovce, břidlice, odvápněné „opuky“ a mnohé jiné). Hlavním půdotvorným procesem při vzniku hnědých půd je intenzivní vnitropůdní zvětrávání. Kambizemě jsou vývojově mladé půdy, které by v méně členitých terénních podmínkách po delší době přešly v jiný půdní typ – hnědozem, illimerizovanou půdu, podzol apod. U některých hnědých půd dochází k zbarvení půdy barvou matečného substrátu, ze kterého půda vznikla, např. hnědé půdy na permokarbonských sedimentech, které jsou nápadně červených zbarvením. Zrnitostní složení je závislé na matečné hornině. Půdy mohou být lehké (pískovec, žula), středně těžké (čedič, svor, některé ruly), ale i těžké (většina břidlic, lupky), jak uvádí Tomášek (2000). Mezi dominantní jílové minerály, které doprovází kambizemě, patří illit ve smíšených strukturách, méně pak montmorillonit (Šály a Mihálik, 1970) - viz Obr. 18.



*Obr. č. 18: Kambizem modální – půdní profil
(zdroj: www.klasifikace.pedologie.cz)*

Pelozemě – půdy, které vznikly pedoplasmací slabě zpevněných jílů a slínů a v hlavním souvrství jílovitě zvětrávajících břidlic. Půdy jsou typické obtížnou zpracovatelností a nepříznivými fyzikálními vlastnostmi (Jandák a kol., 2014).

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Objekt studia

Objektem studia byly půdní typy - *kambizem modální* (Vatín), *kambizem modální* (Malonty), *černozem modální* (Bratčice), *černozem karbonátová* (Velešovice) a *hnědozem modální* (Lesonice). Bližší informace o lokalitách uvádíme v Příl. 1. Sledovali jsme následující fyzikální a chemické vlastnosti: aktivní a výměnou půdní reakci, kationtovou výměnnou kapacitu, obsah jílnatých částic, vodivost a procentické zastoupení karbonátů. Níže uvádíme popis půdních profilů a charakteristiky sledovaných lokalit uvádíme v Příl. 2.

Kambizem modální (Vatín) – tuto půdní sondu jsme založili na pokusných plochách VPS, AF, Mendelovy univerzity v Brně – viz Příl. 2, Tab. 1. Základní vlastnosti půdy uvádíme v Tab. 18. Podrobný popis lokality Vatín uvádíme v Příl. 1.

Popis půdního profilu:

Ao (6 – 14 cm)

Barva šedočerná, za vlhka 10YR2/1 – 10YR2/1, s hloubkou přechází v tmavě hnědou 7,5 YR3/3. Struktura středně vyvinutá drobtovitá, půdní druh – písčitohlinitá, cca 10 % skeletu ruly, který má zaoblené hrany o velikosti až 10 cm. Slabě plastická až neplastická, vlhká, střední prokořenění, přechod pozvolný.

Bv (14 – 70 cm)

Barva světle hnědá, za vlhka 7,5YR5/6. Slabě vyvinutá drobtovitá struktura ve svrchní části, ve spodní části bez zřetelné struktury, půdní druh hlinitopísčítá, cca 20 % skeletu. Neplastická, vlhká, do 60 cm střední prokořenění, hlouběji slabé. Přechod difuzní.

C (více než 70 cm)

Barva šedohnědá, za vlhka 10YR6/6, bez zřetelné struktury. Půdní druh hlinitopísčítá, s cca 60 % skeletu ruly. Neplastická, vlhká – viz Obr. 19.



Obr. č. 19: Půdní profil kambizemě modální (Vatín)

(foto: Jandák, 2008)

Kambizem modální (Malonty)

Základní údaje o lokalizaci půdní sondy *kambizemě modální* (Malonty) uvádíme v Příl. 2, Tab. 2. V Tab. 18 jsou zaznamenány základní fyzikální a chemické vlastnosti půdy. Podrobný popis lokality Malonty uvádíme v Příl. 1.

Popis půdního profilu:

Ap (0-30 cm)

Humusový orniční horizont, barva 7,5YR3/4, půda vlháká, prášková struktura, písčito-hlinitá, hojná příměs skeletu o průměru 5-15 mm, bez karbonátů. Přejchod podle utužení a prokořenění.

Bv (30-60 cm)

Kambický horizont, barva 7,5YR4/3, půda vlháká, bezstrukturní, s vysokým obsahem písčitých částic, slídy a skeletu. Skelet o průměru 30-50 mm. Půda je bez karbonátů a přechod podle barvy a vlhkosti.

BCg (60-90 cm)

Přejchod do substrátu, barva 7,5YR5/6 za vlhka, bezstrukturní, lepivá, bez karbonátů, vysoký obsah skeletu o průměru 30-50 mm i větší kameny. Ve spodní části náznaky oglejení. Přejchod podle vlhkosti a barvy.

C (více než 90 cm) – rula – viz Obr. 20.



Obr. č. 20: Půdní profil kambizemě modální (Malonty)
(foto: Pospíšilová, 2012)

Černozem modální (Bratčice)

Půdní sonda černozem modální byla umístěna na lokalitě Bratčice. Podrobný popis lokality Bratčice uvádíme v Příl. 1. V Příl. 2, Tab. 3 jsou pak zaznamenány bližší údaje o lokalizaci půdní sondy. V Tab. 18 jsou zaznamenány základní fyzikální a chemické vlastnosti zkoumaného půdního typu.

Popis půdního profilu:

A_{cp} (0 – 25 cm)

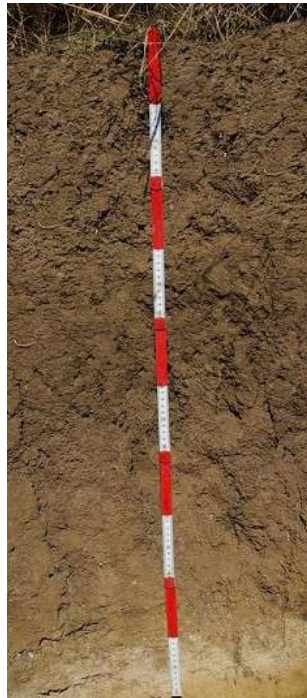
Orniční horizont s výraznou akumulací humusu, vytvořen z černického humusového horizontu. Struktura drobtovitá, slabě kyselá půdní reakce, střední obsah humusu (typ humátně - fulvátní), sorpční kapacita je střední vyšší. Tento horizont je zrnitostně středně těžký, hlinitý s dobrou pórovitostí. Z hlediska maximální kapilární vodní kapacity a minimální vzdušnosti však byla překročena kritická hodnota. Ve spodní části přechází do černického humusového horizontu *A_c* (25 – 40 cm) - má drobtovou strukturu, hlinitý, silně prokořeněný, přechod pozvolný podle barvy do přechodného horizontu.

AC (40 - 90 cm)

Ve svrchní části černický humusový horizont, pozvolna přechází v přechodný horizont. V hloubce 40 cm má slabě kyselou půdní reakci, střední obsah humusu, sorpční kapacita je střední vyšší. Tento horizont je zrnitostně středně těžký, hlinitý s dobrou pórovitostí, minimální vzdušností a maximální kapilární vodní kapacitou. V hloubce 60 cm má neutrální půdní reakci, nízký obsah humusu, sorpční kapacita je střední vyšší. Tento horizont je zrnitostně středně těžký, písčitohlinitý s dobrou pórovitostí.

Ck (více než 90 cm)

Matečný substrát - karbonátová spraš, polyedrická struktura, s alkalickou půdní reakcí, velmi nízký obsah humusu, sorpční kapacita je nízká, zrnitostně lehký, hlinitopísčítý, s dobrou pórovitostí a minimální vzdušností – viz Obr. 21 (Pospíšilová, 2013).



Obr. č. 21: Půdní profil černozem modální (Bratčice)

(zdroj: Pokorný, Brtnický a Vlček 2009)

Černozem karbonátová (Velešovice)

Na lokalitě Velešovice byla sledována *černozem karbonátová*. Jedná se o ornou půdu. Lokalizaci této půdní sondy uvádíme v Příl. 2, Tab. 4 a její základní fyzikální a chemické vlastnosti pak v Tab. 18. Podrobný popis lokality Velešovice uvádíme v Příl. 1.

Popis půdního profilu:

Ack (0-35 cm)

Orniční, humusový horizont, barva 10YR4/2 za vlhka. Půda vlhká, jemně zrnitá až prášková strukturu. Horizont silně prokořeněn, půda střední, hlinitá, bez příměsí skeletu. Vysoký obsah karbonátů ve formě cicvárů o průměru 1,5 – 3 cm, přechod podle barvy, prokořenění a utužení.

Ck (více než 35 cm)

Karbonátová spraš, barva 10YR5/4, plavá, bezstrukturní, vlhká. S vysokým obsahem karbonátů ve formě cicvárů o průměru 3 cm a více – viz Obr. 22 (Pospíšilová, 2013).



Obr. č. 22: Půdní profil černozemě karbonátové (Velešovice)

(foto: Pospíšilová, 2012)

Hnědozem oglejené (Lesonice)

Půdní sonda hnědozemě oglejené byla umístěna na orné půdě. Bližší popis lokality Lesonice uvádíme v Příl. 1. V Příl. 2, Tab. 5 jsou zaznamenány údaje o lokalizaci půdní sondy, jejíž základní fyzikální a chemické vlastnosti uvádíme v Tab. 18.

Popis půdního profilu:

Btg (52 – 80 cm)

Barva žlutohnědá 10YR 5/6, středně vyvinutá polyedrická struktura. Texturna - prachovito-jílovitá hlína. Bez skeletu, vlhák. Výskyt železitých broků s průměrem do 1 mm je nerovnoměrný. Světleji zbarvená místa nejvíce 15 % plochy. V 79 cm přechází tento horizont difúzním přechodem v přechodný horizont *BC*.

BC (více než 80 cm)

Bezstrukturní. Zrnitost prachovito-jílovitá hlína s výskytem kamenů o průměru do 20 cm. Zemina vlhká až vlhká, tuhá a nelepivá. Kořeny ojediněle zasahují až do hloubky 90 cm.

Ap (0 – 30 cm)

Hrudovitá, středně vyvinutá struktura. Zemina hlinitá, s ojedinělým výskytem (3 %) skeletu o velikosti do průměru 2 cm. Vlhkost a konzistence různá: do hloubky 10 cm suchá a drobná, od 10 do 30 cm vlhká a ulehlá. Průměrně se zde vyskytuje 6 – 7 železitých bročků na dm^2 a asi 2 otvory po žížalách na dm^2 . Orniční horizont přechází ostrým přechodem v luvický oglejený horizont *Btcg*.

Btcg (30 – 52 cm)

Barva hnědá 10YR 4/6, struktura středně vyvinutá polyedrická. Zemina prachovito-jílovitá s ojedinělým výskytem skeletu do 3 %. Průměr skeletu nepřesahuje 1 cm. Zemina vlhká a ulehlá. Na povrchu agregátů zřetelné argilany. V matrici asi 30 % světleji zbarvených míst. V 52 cm přechází tento horizont v luvický oglejený horizont *Btg* – viz Obr. 23.



*Obr. č. 23: Půdní profil hnědozemě oglejené (Lesonice)
(foto: doc. E. Pokorný, 2007)*

3.2 Metody studia

Klasifikace půdních typů

Klasifikace půdních typů byla provedena podle Taxonomického klasifikačního systému půd ČR (Němeček a kol., 2001 a 2011). Podrobné popisy půdních sond byly zadokumentovány v půdních polních záznamech a jsou uloženy na ÚAPMVR, Mendelovy univerzity v Brně.

Stanovení zrnitostního složení

Zrnitostní složení - tj. procentické zastoupení jednotlivých zrnitostních frakcí, bylo stanoveno pipetovací metodou. Na základě této analýzy byly klasifikovány půdní druhy. Pipetovací metoda spočívá v odebrání vzorků určitého objemu ze suspenze. Tento vzorek odebíráme z určité hloubky a po časové lhůtě od konce míchání suspenze. Čas odebrání se musí rovnat času, který je nezbytný k usazení stanovované frakce do hloubky, z níž daný vzorek byl odebrán. Podrobný popis stanovení uvádí (Jandák a kol., 2003).

Stanovení půdní reakce

Aktivní půdní reakce (pH/H₂O) a **výměnná půdní reakce** (pH v 1M.1-1 KCl) - byly stanoveny potenciometricky. Pracovní postup uvádí Zbiral a kol. (1997). Vyhodnocení výsledků bylo provedeno podle Jandáka a kol. (2003). Aktivní půdní reakce se stanovuje změřením pH vodní suspenze zeminy pomocí kombinované elektrody. Výměnná půdní reakce se stanovuje elektrometrickým měřením výměnné reakce půdy (pH/KCl). Ionty vodíku, které ve vzorcích poutají půdní koloidy, vytěsněny draselnými ionty, a tato reakce se označuje jako výměnná (Jandák a kol., 2003). Tabulky hodnocení pH aktivní a výměnné jsou uvedeny v literárním přehledu (Tab. 5 a 6).

Vodivost

Voda obsahující rozpustné soli v půdách vede elektrický proud v přímé závislosti na koncentraci přítomných solí. Principem metody je měření vodivosti pomocí elektrod

ponořených v nádobě naplněné roztokem (web2.mendelu.cz, 2010). Hodnocení proběhlo dle Tab. 11.

Tab. č. 11: Hodnocení vodivosti podle USDA

Vodivost (mS/cm)	Slovní označení
0 – 4	nezasolené
4 – 8	slabě zasolené
8 – 15	středně zasolené
nad 15	silně zasolené

Stanovení karbonátů

Uhličitany se v půdě vyskytují primárně a to v matečné hornině, nebo jsou sekundárního původu, kdy se do půdy dostávají díky hnojení. Uhličitany mají velký vliv na tlumící schopnosti půdy, nasycenost sorpčního komplexu a také při tvorbě půdní struktury. Uhličitany v půdě zjišťujeme pomocí vápnoměru – podle Janka. Principem metody je rozklad uhličitánů v půdě kyselinou chlorovodíkovou (Jandák a kol., 2003). Zhodnocení výsledků proběhlo dle Tab. 12.

Tab. č. 12: Hodnocení uhličitánů v půdě (Jandák, 2003)

Uhličitany (%)	Označení zeminy
< 0,3	Bezkarbonátová
0,3 - 3,0	Slabě vápenitá
3,1 – 25,0	Vápenitá
25,1 – 60,0	Slín
> 60,0	Vápenatá

Stanovení stability půdní struktury podle Andrianova

Půdní struktura má vliv na kořenový systém, zadržení a pohyb vody a také na schopnost půdy odolávat erozi. Strukturální stabilitu můžeme charakterizovat jako pevnost stmelení strukturálních agregátů. Vodostálost agregátů stanovujeme Andrianovou metodou. Principem metody je zjištění počtu polorozpadlých a nerozpadlých agregátů,

vlivem působení vody (Bártlová, 2013). Stanovení vodostálosti jsme provedli podle Tab. 13.

Tab. č. 13: Stanovení vodostálosti podle Bártlové (2013)

Vodostálost (%)	Kvalita struktury
pod 18	velmi nízká
18,1 – 34,00	nízká
34,1 – 50,00	střední
50,1 – 66,00	vysoká
nad 66,1	velmi vysoká

Stanovení celkového obsahu uhlíku a dusíku

Pro stanovení celkového obsahu organického uhlíku půdy bylo použito oxidimetrické titrace (metoda Walkley – Black, modif. Novák – Pelíšek). Principem je oxidace organického uhlíku kyslíkem oxidantu (dvojchromanu draselného) v kyselině sírové. Vynásobením Corg s koeficientem 1,724 zjistíme procentuální obsah humusu v půdě (Jandák a kol., 2003). Vyhodnocení pak bylo provedeno dle Tab. 14. Stanovení celkového obsahu dusíku bylo provedeno na elementárním analyzátoru LECO TruSpec CN (LECO, 2006).

Tab. č. 14: Stanovení obsahu humusu v půdě (Tomášek, 2000)

Obsah humusu (%)	Hodnoty
velmi nízký	pod 1,0
nízký	1,0 – 2,0
střední	2,1 – 3,0
vysoký	3,1 – 5,0
velmi vysoký	nad 5,0

Poměr C:N

Poměr C:N nám udává kvalitu humifikovaného materiálu. Pokud je poměr C:N větší než hodnota 14, znamená to velmi nízký obsah celkového dusíku v půdě a nízkou kvalitu produktů humifikace, tj. mor, ve kterém převládají kyselé fulvokyseliny. Hodnota menší než 5 značí velmi vysoký obsah celkového dusíku v půdě a hromadění vysoce

kvalitních produktů humifikace tj. moder, kde převažují huminové kyseliny (Pospíšilová, Tesařová, 2009).

Stanovení obsahu živin – Mehlich III.

Obsah živin - byl stanoven podle Mehlicha III (Richter a Hluška, 1994). Principem této metody je výluh zeminy v extrakčním roztoku Mehlich III. V PE nádobě o objemu 250 ml se naváží 10 g vzorku, poté přidáme 100 ml roztoku Mehlich III, uzavřeme a 10 minut extrahujeme na horizontální třepačce. Obsah promícháme a ihned suspenzi přefiltrujeme přes hustý filtrační papír (web2.mendelu.cz). Hodnocení obsahu živin bylo provedeno dle Přílohy č. 5 k vyhlášce 275/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Zjištěné hodnoty jsme vyhodnotili dle Tab. 15 a 16.

Tab. č. 15: Hodnocení P a K na orné půdě

Hodnocení	Obsah P (mg.kg ⁻¹)	Obsah K (mg.kg ⁻¹)	
		střední	těžká půda
Nízký	do 50	do 105	do 170
Vyhovující	51 – 80	106 – 170	171 - 260
Dobrý	80 – 115	171 – 310	261 - 350
Vysoký	116 - 185	311 – 420	351 - 510
Velmi vysoký	nad 185	nad 420	nad 510

Tab. č. 16: Hodnocení obsahu Ca a Mg v půdě

Hodnocení	Obsah Ca (mg.kg ⁻¹)		Obsah Mg (mg.kg ⁻¹)	
	střední	těžká	střední	těžká
Nízký	do 1100	do 1700	do 105	do 120
Vyhovující	1101 – 2000	1701 – 3000	106 – 160	121 – 220
Dobrý	2001 – 3300	3001 – 4200	161 – 265	221 – 330
Vysoký	3301 – 5400	4201 – 6600	266 - 330	331 – 460
Velmi vysoký	nad 5400	nad 6600	nad 330	nad 460

Stanovení pufrovitosti půd

Pufrovitost půd je schopnost odolávat změnám půdní reakce, za přítomnosti ústrojných systémů, které se skládají ze slabé kyseliny a její hydrolyzované soli, z huminové kyseliny, kyseliny uhličité, fosforečné, křemičité a koloidních alumosilikátů kyselé povahy, proto těžší půdy vzhledem k vysokému obsahu jílu vykazují i vysokou ústojnou schopnost. Naproti tomu půdy s nízkou ústojnou schopností tedy půdy písčité, hlinitopísčité, bez obsahu karbonátů, nebo s nízkým obsahem humusu, jsou charakteristické velkými výkyvy pH a jsou velmi citlivé na jakékoli zásahy do půdy. Tyto půdy je proto nutné dostatečně vápnit a hnojit organickými hnojivy (Jandák a kol., 2014). Principem metody je stoupající množství kyseliny a louhu k půdnímu vzorku. Stejný postup opakujeme s mořským pískem a setrojíme acidobazickou titrační křivku. Plocha sevřená pískem a půdním vzorkem v alkalické a kyselé oblasti udává tlumící schopnost. Jejich suma je celková tlumící schopnost půdy – viz Tab. 17 (Jandák a kol., 2003).

Tab. č. 17: Hodnocení tlumící schopnosti půdy podle Martince (2010)

Hodnocení ATS	Kyselá oblast (cm ²)	Alkalická oblast (cm ²)	Celkem (cm ²)	Třída
Velmi slabá	< 11	< 22	< 28	0
Slabá	11 - 19	22 - 29	28 - 35	1
Střední	19 - 27	29 - 26	38 - 48	2
Silná	27 - 35	36 - 43	48 - 58	3
Velmi silná	> 35	> 43	> 58	

Stanovení mineralogického složení

Mineralogické složení půdy - bylo stanoveno v půdních částicích < 0,001 mm. Tyto částice byly oddělené sedimentací v destilované vodě a zkoumané metodou snímků dle Jacksona (1979). Vzorky se prvně upravují vysušením na vzduchu, a poté nasycením v ethylenglykolu při teplotě 80 ° C. Dále pak po dobu čtyř hodin se vzorky suší v sušárně na teplotu 550 ° C. Následně se po dobu čtyř hodin vzorky upravují v muflové peci. Rentgenová (X-ray) difrakční spektra byla získána na difraktometru Philips X'Pert PW3020 za následujících pracovních podmínek: CuK α záření, 40 kV, 55 mA, goniome-

trické posun $1^\circ \cdot \text{min}^{-1}$, 2Θ . Semikvantitativní hodnoty byly vypočteny z jednotlivých minerálních bazální píků (Pospíšilová a kol., 2012).

4 VYHODNOCENÍ A VÝSLEDKY

U vybraných půdních vzorků jsme vyhodnocovali zrnitostní složení, aktivní a výměnnou reakci, kationtovou výměnnou kapacitu, obsah karbonátů, vodivost půdy, dále kvalitu půdní struktury, obsah živin, zásobu dusíku v půdě, obsah humusu, tlumící schopnost půdy a mineralogické složení. Toto vyhodnocení bylo provedeno u pěti půd - *kambizem modální (Vatín)*, *kambizem modální (Malonty)*, *černozem modální (Bratčice)*, *černozem karbonátová (Velešovice)* a *hnědozem oglejená (Lesonice)*. Všechny výsledky uvádíme v Tab. 18 - 21.

Kambizem modální (Vatín) – podle zrnitostního složení představuje půdu střední, písčito-hlinitou, s kyselou aktivní i výměnnou reakcí. Půda je bezkarbonátová a kationtová výměnná kapacita udává hodnotu 14,2 – tedy nižší střední. Půda je nezasolená - viz Tab. 18. Vodostálost půdní struktury je velmi vysoká, více než 65 %. Obsah fosforu a draslíku je nízký, obsah vápníku a hořčíku je vyhovující. Zásoba dusíku v půdě je střední, stejně tak obsah humusu – viz Tab. 20. Dle acidobazické titrační křivky je tato půda v kyselé oblasti slabá, v alkalické oblasti střední a celková tlumící schopnost je silná – viz Příl. 3, Tab. 6 a Obr. 6. U kambizemě modální (Vatín) jsme zjistili, že obsahuje 9 % chloritu, 8 % illitu-vermikulitu, 20 % illitu, 11 % kaolinitu, 41 % křemene, 4 % draselného živce a 4 % plagioklasu. Nebylo zjištěno žádné zastoupení smektitu, amfibolu a sádrovce – viz Tab. 21.

Kambizem modální (Malonty) – jedná se o střední, písčito-hlinitou půdu, bezkarbonátovou, nezasolenou. Aktivní půdní reakce je slabě kyselá a výměnná reakce je kyselá. Kationtová výměnná kapacita je nižší střední 14,2 cmol/kg - viz Tab. 18. Kvalita struktury je velmi vysoká - 69,2 % – viz Tab. 19. Obsah fosforu je dobrý, obsah draslíku a vápníku vyhovující a obsah hořčíku nízký. Poměr C/N udává hodnotu 11,4, tedy nízký obsah dusíku v půdě. Obsah humusu je ovšem vysoký, jak je uvedeno v Tab. 20. Tlumivost v kyselé oblasti je velmi slabá, naproti tomu v alkalické oblasti je velmi silná. Celková tlumící schopnost půdy je silná. Výsledky uvádíme v Příl. 3, Tab. 7 a Obr. 7. Kambizem modální (Malonty) obsahovala 7 % chloritu, 4 % illitu-vermikulitu, 36 % illitu,

4 % sádrovce, 12 % kaolinitu, 24 % křemene, 7 % draselného živce, 6 % plagioklasu a 0 % smektitu – viz Tab. 21.

Černozem modální (Bratčice) – tato půda je střední, hlinitá, jejíž kationtová výměnná kapacita je vyšší střední – 24 cmol/kg. Půda je bezkarbonátová, nezasolená. Aktivní půdní reakce je slabě alkalická, výměnná reakce pak slabě kyselá - viz Tab. 18. Vodostálost struktury je velmi vysoká, hodnoty uvádíme v Tab. 19. Půda má vyhovující obsah fosforu a draslíku a vysoký obsah vápníku a hořčíku. Obsah humusu je vysoký a zásoba dusíku v půdě je střední – viz Tab. 20. Tlumivost v kyselé i alkalické oblasti je střední, celková tlumící schopnost je silná – viz Příl. 3, Tab. 8. a Obr. 8. Černozem modální (Bratčice) obsahovala z 3 % chloritu, 1 % amfibolu, 33 % illitu, 3 % kaolinitu, 42 % křemene, 8 % draselného živce a 10 % plagioklasu. Bez zastoupení pak byl smektit, illit-vermikulit a sádrovec – viz Tab. 21.

Černozem karbonátová (Velešovice) – dle zrnitostního složení jde o půdu těžkou, jílovitohlinitou. Kationtová výměnná kapacita je vysoká, půda je vápenitá. Aktivní reakce alkalická, výměnná je neutrální. Půda je nezasolená - viz Tab. 18. Vodostálost půdní struktury je vysoká > 65 % – viz Tab. 19. Má vyhovující obsah fosforu a velmi vysoký obsah draslíku, vápníku a hořčíku. U této půdy jsme vyhodnotili obsah humusu jako střední a obsah dusíku jako vysoký – viz Tab. 20. Tlumící schopnost této půdy jsme vyhodnotili v kyselé oblasti jako velmi silnou, v alkalické jako slabou a celkovou tlumící schopnost jako velmi silnou – viz Příl. 3, Tab. 9 a Obr. 9. U černozemě karbonátové bylo zjištěno 10 % smektitu, 7 % chloritu, 27 % illitu, 1 % sádrovce, 8 % kaolinitu, 37 % křemene, 5 % draselného živce, 5 % plagioklasu. Tento půdní typ neobsahoval žádné procento illitu-vermikulitu a amfibolu – viz Tab. 21.

Hnědozem oglejená (Lesonice) – půda dle zrnitostního složení je střední, hlinitá. Aktivní i výměnná půdní reakce je slabě kyselá. Kationtová výměnná kapacita dosahuje hodnoty 18 – tedy nižší střední. Půda je bezkarbonátová, nezasolená - viz Tab. 18. Vodostálost struktury je střední - < 40 %, hodnoty jsou uvedeny v Tab. 19. Půda má vyhovující obsah fosforu a hořčíku a dobrý obsah draslíku a vápníku. Zásoba dusíku u této půdy je vysoká, obsah humusu je pak střední – viz Tab. 20. Celková acidobazická tlumící schopnost byla vyhodnocena jako velmi silná. Tlumivost v kyselé oblasti byla také

velmi silná a alkalická oblast byla vyhodnocena jako slabá – viz Příl. 3, Tab. 10 a Obr. 10. Mineralogické složení hnědozemě oglejené bylo tvořeno z 8 % chlorit, 34 % illit, 12 % kaolinit, 33 % křemen, 7 % draselný živec a 6 % plagioklas. Tento půdní typ neobsahoval smektit, illit-vermikulit, amfibol a sádrovec – viz Tab. 21.

Tab. č. 18 : Základní fyzikální a chemické vlastnosti vybraných půd

Půdní typ	pH/H ₂ O	pH/KCl	KVK (cmol/kg)	JČ < 0,01 mm (%)	Vodivost mS/cm	Karbonáty (%)
<i>KAm</i> (Vatín)	5,1	4,7	14,2	22	0,2	-
<i>KAm</i> (Malonty)	6,26	5,06	14,2	20,48	0,06	-
<i>CEm</i> (Bratčice)	7,4	6,5	24	44	0,09	0,20
<i>CEk</i> (Velešovice)	8,03	7,18	28	51,68	0,13	16
<i>HNg</i> (Lesonice)	6,8	6,2	18	35	0,07	0,1

Tab. č. 19: Hodnocení půdní struktury dle Andrianova

Půdní typ	Agregáty			Su- ma	Suma souči- nu	Vodostá- lost (%)
	Roz- padlé	Polorozpad- lé	Nerozpad- lé			
<i>KAm</i> (Vatín)	9	4	37	50	4205	84,1
<i>KAm</i> (Malonty)	16	10	24	50	3485	69,2
<i>CEm</i> (Bratčice)	10	11	29	50	3630	72,6
<i>CEk</i> (Velešovice)	6	27	17	50	3260	65,2
<i>HNg</i> (Lesonice)	46	3	1	50	1910	38,2

Tab. č. 20: Obsah živin a obsah org. uhlíku a dusíku

Půdní typ	Corg (%)	N (%)	C/N	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)
<i>KAm</i> (Vatín)	1,4	0,14	10	33	105	1191	118
<i>KAm</i> (Malonty)	2,02	0,177	11,4	85,2	153,5	1612	91,1
<i>CEm</i> (Bratčice)	1,8	0,2	9	54	110	5020	286,3
<i>CEk</i> (Velešovice)	1,5	0,2	7,5	67,2	709,2	10649	463,1
<i>HNg</i> (Lesonice)	1,27	0,2	6,46	63	191	2438	125

Tab. č. 21: Výsledky mineralogického složení půd zkoumaných půdních vzorků

Lokalita	Půdní typ	Minerály (%)									
		Sm	Ch	I-V	Amf	I	Gy	K	Q	KŽ	Plg
Vatín	<i>KAm</i>	0	9	8	0	20	-	11	41	4	4
Malonty	<i>KAm</i>	0	7	4	0	36	4	12	24	7	6
Bratčice	<i>CEm</i>	0	3	0	1	33	0	3	42	8	10
Velešovice	<i>CEk</i>	10	7	0	0	27	1	8	37	5	5
Lesonice	<i>HNg</i>	0	8	0	0	34	0	12	33	7	6

Sm: smektit, smectite, Ch: chlorit, chlorite, I-V: illit-vermikulit, illite-vermiculite, Amf: amfibol, amphibole, I: illit, illite, Gy: sádrovec, gypsum, K: kaolinit, kaolinite, Q: křemen, quartz, KŽ: draselný živec, K-feldspar, Plg: plagioklas, plagioclase

5 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT

Zjištěné hodnoty sledovaných fyzikálních a chemických parametrů půdy byly statisticky zpracovány pomocí ANOVA – jeden faktor. Výsledky uvádíme v Tab. 22 - 25. Z tabulky 22 a 23 je patrný statisticky průkazný rozdíl u půdní reakce, kationtové výměnné kapacity, obsahu jílnatých částic a vodostálosti agregátů u sledovaných půdních typů. Z tabulky 24 a 25 je patrný statisticky průkazný rozdíl v obsahu živin u sledovaných půdních typů.

Tab. č. 22: Statisticky průkazné rozdíly u pH a KVK u sledovaných půd
($n=3$, $\alpha = 0.05$, $r_{krit} = 4,303$)

pH						
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
CEm (Bratčice)	3	22.2	7.4	0.01		
HNg (Lesonice)	3	19.9	6.63333333	0.02333		
KAm (OP, Vatín)	3	15.3	5.1	0.01		
KAm (Malonty)	3	18.756	6.252	0.00251		
CEk (Velešovice)	3	24.13	8.04333333	0.00263		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	15.1760256	4	3.7940064	391.307	6.15363E-11	3.47805
Všechny výběry	0.096957333	10	0.00969573			
Celkem	15.27298293	14				
KVK						
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
CEm (Bratčice)	3	75	25	1		
HNg (Lesonice)	3	51	17	1		
KAm (OP, Vatín)	3	42	14	1		
KAm (Malonty)	3	43	14.33333333	1.33333		
CEk (Velešovice)	3	87	29	1		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	549.0666667	4	137.266667	128.688	1.48401E-08	3.47805
Všechny výběry	10.66666667	10	1.06666667			
Celkem	559.7333333	14				

Tab. č. 23: Statisticky průkazné rozdíly obsahu JČ a vodostálosti agregátů u sledovaných půd ($n=3$, $\alpha = 0.05$, $r_{krit} = 4,303$)

JČ						
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
CEm (Bratčice)	3	135	45	1		
HNg (Lesonice)	3	108	36	1		
KAm (OP, Vatín)	3	66	22	1		
KAm (Malonty)	3	246	82	11347		
CEk (Velešovice)	3	155.68	51.89333333	0.71413		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	5994.683307	4	1498.67083	0.66017	0.633490623	3.47805
Všechny výběry	22701.42827	10	2270.14283			
Celkem	28696.11157	14				
Vodostálost						
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
CEm (Bratčice)	3	217.1	72.3666667	0.04333		
HNg (Lesonice)	3	115	38.33333333	2.33333		
KAm (OP, Vatín)	3	246	82	4		
KAm (Malonty)	3	208.7	69.5666667	0.26333		
CEk (Velešovice)	3	196.2	65.4	0.28		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	3221.913333	4	805.478333	581.993	8.55862E-12	3.47805
Všechny výběry	13.84	10	1.384			
Celkem	3235.753333	14				

Tab. č. 24: Statisticky průkazné rozdíly v obsahu živin (P, Ca) u sledovaných půd

($n=3$, $\alpha = 0.05$, $r_{krit} = 4,303$)

Fosfor						
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
CEm (Bratčice)	3	167	55.6666667	2.33333		
HNg (Lesonice)	3	194	64.6666667	2.33333		
KAm (OP, Vatín)	3	72	24	301		
KAm (Malonty)	3	260	86.6666667	2.33333		
CEk (Velešovice)	3	205	68.3333333	2.33333		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	6351.066667	4	1587.76667	25.5816	3.10643E-05	3.47805
Všechny výběry	620.6666667	10	62.0666667			
Celkem	6971.733333	14				
Vápník						
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
CEm (Bratčice)	3	15320	5106.66667	8133.33		
HNg (Lesonice)	3	7388	2462.66667	1081.33		
KAm (OP, Vatín)	3	3491	1163.66667	3060.33		
KAm (Malonty)	3	4832	1610.66667	101.333		
CEk (Velešovice)	3	31949	10649.6667	2500.33		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	184087590	4	46021897.5	15467.8	6.61146E-19	3.47805
Všechny výběry	29753.33333	10	2975.33333			
Celkem	184117343.3	14				

Tab. č. 25: Statisticky průkazné rozdíly v obsahu živin (Mg a K) u sledovaných půd
($n=3$, $\alpha = 0.05$, $r_{krit} = 4,303$)

Hořčík						
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
CEm (Bratčice)	3	867	289	3		
HNg (Lesonice)	3	390	130	25		
KAm (OP, Vatín)	3	249	83	3889		
KAm (Malonty)	3	273	91	1		
CEk (Velešovice)	3	1399	466.333333	10.3333		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	325861.0667	4	81465.2667	103.689	4.25443E-08	3.47805
Všechny výběry	7856.666667	10	785.666667			
Celkem	333717.7333	14				
Draslík						
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
CEm (Bratčice)	3	256	85.333333	4150.33		
HNg (Lesonice)	3	586	195.333333	20.3333		
KAm (OP, Vatín)	3	330	110	25		
KAm (Malonty)	3	324	108	6349		
CEk (Velešovice)	3	2137	712.333333	6.33333		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	849946.4	4	212486.6	100.695	4.90569E-08	3.47805
Všechny výběry	21102	10	2110.2			
Celkem	871048.4	14				

6 DISKUZE

Dle stanovených cílů jsme vyhodnotili výsledky a můžeme tedy říci, že obě kambizemě modální jsou půdy střední písčitohlinité, hnědozem oglejená a černozezem modální jsou vyhodnoceny jako půdy střední hlinité a černozezem karbonátová jako půda těžká jílovitohlinitá. Slabě kyselá aktivní půdní reakce byla zaznamenána u kambizemě modální (Malonty) a hnědozemě oglejené. Nižší střední kationtová výměnná kapacita byla zjištěna u kambizemě modální (Vatín) i (Malonty) a hnědozemě oglejené, vyšší střední u černozezemě modální a u černozezemě karbonátové vysoká kationtová výměnná kapacita. Kambizemě jsou bezkarbonátové. Nejvyšší obsah karbonátů byl zaznamenán u černozezemě karbonátové, jejíž obsah byl 16 % a jedná se tedy o půdu vápenitou. Všechny půdy jsou nezasolené. Stabilita struktury u sledovaných půdních typů dosahovala vysoké a velmi vysoké kvality, pouze hnědozem oglejená na lokalitě Lesonice měla střední stabilitu struktury. Vysoká zásoba dusíku byla zjištěna u hnědozemě oglejené a černozezemě karbonátové, střední zásobu dusíku měla kambizem modální (Vatín) a černozezem modální a nízký obsah dusíku měla kambizem modální (Malonty). Vysoký obsah humusu byl zastoupen v půdním typu kambizem modální (Malonty) a černozezem modální, u všech ostatních půdních typů byl obsah humusu střední. Obsah fosforu u kambizemě modální (Vatín) byl nízký, u kambizemě modální (Malonty) byl dobrý a u ostatních zkoumaných půdních typů byl vyhovující. Nízký obsah draslíku byl zjištěn u kambizemě modální na lokalitě Vatín, naopak velmi vysoký byl naměřen u černozezemě karbonátové, ostatní půdní typy měli vyhovující obsah draslíku. Obsah vápníku u kambizemě modální na lokalitě Vatín i Malonty byl hodnocen jako vyhovující. Velmi vysoký obsah Ca byl zjištěn na lokalitě Velešovice u černozezemě karbonátové a vysoký u černozezemě modální a dobrý obsah Ca u hnědozemě oglejené. Velmi vysoký obsah hořčíku byl u černozezemě karbonátové. U černozezemě modální byl vysoký obsah hořčíku. Vyhovující obsah Mg byl stanoven u kambizemě modální (Vatín). Dobrý obsah Mg u hnědozemě oglejené a nízký u kambizemě modální na lokalitě Malonty. Uvedené obsahy prvků souvisí jednak s mineralogickým složením a se způsobem hospodaření a hnojení.

Mineralogickým rozbohem bylo zjištěno, že: největší obsah smektitu měla černozezem karbonátová, ostatní půdy byly bez zastoupení tohoto minerálu. Obsah chloritu u všech zkoumaných půdních typů byl téměř rovnoměrně zastoupen, kromě černozezemě modální, která obsahovala jen 3 % chloritu. Illit-vermikulit byl zjištěn jen u kambizemí. Amfibol

měl zastoupení 1 % jen u černozemě modální. Illit, společně s křemenem patřil mezi nejvíce zastoupené minerály u všech půdních typů v rozmezí 20 – 36 %. Sádrovec měl největší zastoupení u kambizemě modální (Malonty), a byl vnesen sekundárně. Kaolinit byl zastoupen v průměru 10 % u všech půdních typů, kromě černozemě modální, kde bylo zjištěno zastoupení jen 3 %. Křemen byl nejvíce zastoupen (až ze 42 %) u černozemě modální a kambizemě modální (Vatín) ze 41 %. Draselný živec měl zastoupení pod 10 % u všech půdních typů. Největší obsah plagioklasu byl pak zjištěn u černozemě modální.

7 ZÁVĚRY

Na základě výsledků výzkumu fyzikálních a chemických vlastností a mineralogického složení sledovaných půdních typů můžeme vyslovit tyto závěry:

1. Kambizemě – byly zrnitostně lehčí, s kyselou půdní reakcí, vysokou stabilitou agregátů, nízkým až středním obsahem dusíku, nízkou kationtovou výměnnou kapacitou, neobsahovaly karbonáty a nebyly zasoleny. Měly nízkou puфраční schopnost v kyselé oblasti acido-bazické titrační křivky. Obsahovaly méně fosforu, draslíku a hořčíku v porovnání s černozeměmi. V mineralogickém složení převažovaly křemen, illit, chlorit, illit-vermikulit, kaolinit, živce a plagioklasy.
2. Černozemě - zrnitostně střední až těžké, s neutrální a slabě alkalickou reakcí, vysoká kationtová výměnná kapacita, karbonáty od 0,20 do 16 %, nebyly zasoleny, obsahovaly vyhovující až vysoký obsah živin, měly vysokou stabilitu agregátů a puфраční schopnost. V mineralogickém složení převažoval illit, křemen, draselný živce, chlorit, illit-vermikulit, živce a plagioklasy. Mineralogické složení bylo nejpešřejší a s tím souvisí vysoká zásoba živin a KVK.
3. Hnědozem oglejená – zrnitostně střední, se slabě kyselou reakcí, střední KVK, nezasolená, karbonáty 0,1 %, agregáty vysoké stability a puфраční schopnost vysoká. Obsah živin byl nižší u hořčíku a fosforu. V mineralogickém složení převládaly illit, křemen, kaolinit, chlorit, živce a plagioklasy.

PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

BÁRTLOVÁ, J. 2013. *Makrostrukturální změny antropogenně zhutněných půd*. Disertační práce (in MS, dep. knihovna MENDELU v Brně), MZLU v BRNĚ, Brno, 112 s.

BEDRNA, Z. 2002. *Environmentálne pôdoznalectvo*. 1. vyd. Bratislava: VEDA vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 2002, 352 s. ISBN 80-224-0660-0.

BICAN, J. 1961. *Mineralogie, petrografie a pedologie*. Dotisk. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1961, 261 s., příl.

BIČÍK, I. 2009. *Půda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 255 s. ISBN 978-80-903482-4-0.

BRADY, C. N., WEIL, R. R. 1999. *The nature and properties of soils*. Prentice – Hall, New Jersey. 881 s.

BROUWER, P. 2003. *Theory of XRF: Getting acquainted with the principles*. Lelyweg: PANanalytical B. V., 71 s. ISBN 90-9016758-7.

CONKLIN, A. R. 2014. *Introduction to soil chemistry: analysis and instrumentation*. 2nd ed. Hoboken: Wiley, c2014, xvi, 347 s. ISBN 978-1-118-13514-3.

CULEK, M. 1996. *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Enigma, 347 s. ISBN 80-85368-80-3.

HORÁČEK, J., KOUBALÍKOVÁ, J., LEDVINA, R. 1994. *Geologie a půdoznalství: Cvičení pro stud. 1. roč. 1. vyd.* České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1994, 110 s. ISBN 80-704-0106-0.

JACKSON, M. L. 1979. *Soil chemical analysis – advanced course*. Madison, Wisconsin, 895 s.

JANDÁK, J. 2001. *Půdoznalství*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 140 s. ISBN 80-7157-559-3.

JANDÁK, J. 2003. *Cvičení z půdoznalství*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 92 s. ISBN 80-7157-733-2

JANDÁK, J., POKORNÝ E., PRAX, A. 2014. *Půdoznalství*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010, 143 s., [2] s. obr. příl. ISBN 978-80-7375-445-7.

JURČÍK, F. 1978. *Živiny v půdě*. 1. vyd. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství a výživy ČSR. 114 s.

KLIKA, J. 1954. *Praktikum fytoecologie, ekologie, klimatologie a půdoznalství*. [1. vyd.]. Praha: Nakl. Československé akademie věd, 773 s.

KOZÁK, J. 2004. *Pedologie*. 1. vyd. v Praze: Česká zemědělská univerzita, katedra pedologie a geologie AF, 2006 dotisk., iv, 132 s. ISBN 80-213-0907-5.

KUTÍLEK, M. 2012. *Půda planety Země*. 1. vyd. Praha: Dokořán. 199 s., [8] s. barev. obr. příl.

LECO TruSpec CN. 2006. *TruSpec CN Carbon/Nitrogen Determinator*. Instruction manual. LECO Corporation Michigan.

MARTINEC, J. 2010. *Návrh klasifikace tlumivé schopnosti půd*. Agrotest fyto, Kroměříž, Brno, 98s. ISBN 978-80-904594-1-0.

MOORE, D. M., REYNOLDS, R. C. 1997. *X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, xviii, 378 s. ISBN 0195087135.

NĚMEČEK, J. 2001. *Taxonomický systém půd České republiky*. ČZU. Praha. ISBN 80-238-8061-6. 79s.

NĚMEČEK, J. a kol. 2011. *Taxonomický klasifikační systém půd ČR*. Druhé upravené vydání, ČZU Praha. ISBN 978-80-213-2155-7. 94s.

NOVÁK, V. 1953. *Půdoznalství I-III*. 1.vyd., SPN, Praha. 341s.

PAUK, F. 1962. *Mineralogie, pedologie a zpracování půdy*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 262 s., příl.

PLÍVA, P. 2010. Redakčně upravená roční zpráva 2010, Číslo výzkumného projektu QH81200. *Optimalizace vodního režimu v krajině a zvýšení retenční schopnosti krajiny uplatněním kompostů z biologicky rozložitelných odpadů na orné půdě i trvalých travních porostech*. 78 s.

POSPÍŠILOVÁ, L., TESAŘOVÁ, M. 2009. *Organický uhlík obhospodařovaných půd*. Acta Folia II. Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. (1). 41s.

POSPÍŠILOVÁ, L. 2012. *Nedegradační metody studia kvality přírodních humusových látek: původní vědecká práce*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-80-7375-662-8. 153 s

POSPÍŠILOVÁ, L. 2013. *Charakteristika přírodních a půdních poměrů na vybraných lokalitách, které jsou součástí projektu NAZV QJ 1210263 "Agrochemická opatření ke snížení vodní eroze na orné půdě s využitím zapravení organické hmoty"*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 35 s. ISBN 978-80-7375-900-1.

PRAX, A., POKORNÝ, E. 2004. *Klasifikace a ochrana půd*. 1. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006 dotisk., iv, 132 s. ISBN 80-715-7746-4.

RICHTER, R., HLUŠEK, J. 1994. *Výživa a hnojení rostlin: (I.obecná část)*. 1.vyd. Brno: VŠZ. ISBN 80-7157-138-5. 171 s.

SHUKLA, M. 2002. *Soil physics: an introduction*. 1. vyd. Bratislava: VEDA vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 2002, pages cm. ISBN 978-143-9888-421.

SMOLÍKOVÁ, L. 1982. *Pedologie*. II. díl. 1. vyd. v Praze: Univerzita Karlova v Praze, PřF. 284 s.

SPARKS, D. L. 2003. *Environmental soil chemistry*. 2. vyd. Amsterdam: Academic Press, xiv, 352 s. ISBN 01-265-6446-9.

ŠÁLY, R., MIHÁLIK, A. 1970. *Ílové nerasty v lesných pôdach na Slovensku*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 109 s.

ŠARAPATKA, B. 2014. *Pedologie a ochrana půdy*, UP Olomouc, ISBN 978-80-244-3736-1.

ŠIMEK, M. 2003. *Základy nauky o půdě*. Vyd. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2003, 131 s. ISBN 80-7040-629-1.

TOMÁŠEK, M. 2000. *Půdy České republiky*. 2., dopl. vyd. Praha: Český geologický ústav, 67 s. ISBN 80-707-5403-6.

VLČEK, V. 2015. *Kvalita a zdraví půd: pracovní sešit*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 136 s. ISBN 978-80-7509-215-1.

YONG, R. N., NAKANO, M., PUSCH, R. 2012. *Environmental soil properties and behaviour*. Boca Raton, FL: CRC Press, xix, 435 s. ISBN 14-398-4529-8.

ZBÍRAL, J., HONSA, I., MALÝ, S. 1997. *Jednotné pracovní postupy*. UKZUZ. 1.vyd. Brno. 150 s.

Internetové zdroje

AKADEMIA. 2015: *Rentgenová fluorescenční spektrometrie*. [cit. 7.4.2015]. Dostupné na:

http://www.academia.edu/4188468/Vyu%C5%BEit%C3%AD_nedestruktivn%C3%AD_ch_anal%C3%BDz_na_b%C3%A1zi_RTG_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD_v_archeologii

BARTHELMY, D. 2014: *Kaolinit*. [29.3.2015]. Dostupné na:

http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=1543&target=Kaolinite#.VTVOzpm_aJw

BARTHELMY, D. 2014: *Montmorillonit*. [29.3.2015]. Dostupné na:

http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=2128&target=Montmorillonite#.VTVTVPK_aJw

GOOGLE. 2015: *Bratčice*. [cit. 21.2.2015]. Dostupné na: <https://www.google.cz/maps/place/Bratčice/>

GOOGLE. 2015: *Lesonice*. [cit. 21.2.2015]. Dostupné na: <https://www.google.cz/maps/place/Lesonice/>

GOOGLE. 2015: *Malonty*. [cit. 21.2.2015]. Dostupné na: <https://www.google.cz/maps/place/Malonty/>

GOOGLE. 2015: *Vatín*. [cit. 21.2.2015]. Dostupné na: <https://www.google.cz/maps/place/Vatín/>

GOOGLE. 2015: *Velešovice*. [cit. 21.2.2015]. Dostupné na:

<https://www.google.cz/maps/place/Velešovice/>

ŠKARPA, P. 2010: *Černozem modální*. [cit. 1.4.2015]. Dostupné na:

http://uapmv.af.mendelu.cz/cz/pracoviste_ustavu/pudoznalstvi/vyuka/frvs2009/sever

ŠKARPA, P. 2010: *Stanovení přístupných živin v půdě*. [cit. 20.3.2015]. Dostupné na:

http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?I=3&J=9&K=0&N=1

- ŠKARPA, P. 2010: *Vodivost*. [cit. 13.4.2015]. Dostupné na:
http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?N=1&I=3&J=7&K=2
- ŠKARPA, P. 2014: *Struktura illitu*. [cit. 29.3.2015]. Dostupné na:
http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=997
- ŠKARPA, P. 2014: *Trojúhelníkový diagram*. [cit. 25.2.2015]. Dostupné na:
http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=3416
- ÚVT a BENETA. 2004: *Černozem modální*. [14.4.2015]. Dostupné na:
http://klasifikace.pedologie.cz/index.php?action=showPudniSubtyp&id_categoryNode=177
- ÚVT a BENETA. 2004: *Hnědozem modální*. [14.4.2015]. Dostupné na:
http://klasifikace.pedologie.cz/index.php?action=showPudniSubtyp&id_categoryNode=283
- ÚVT a BENETA. 2004: *Kambizem modální*. [14.4.2015]. Dostupné na:
http://klasifikace.pedologie.cz/index.php?action=showPudniSubtyp&id_categoryNode=300
- VÁVRA, V. 2013: *Krystaly sádrovce*. [cit. 29.3.2015]. Dostupné na:
http://mineralogie.sci.muni.cz/kap_7_6_sulfaty/obrazek76_30.htm
- VSB-TU, OSTRAVA. 2015: *Dolomit*. [29.3.2015]. Dostupné na:
<http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/nerudy/dolomit.html>
- WPARTNER. 2015. *Bratčice*. [cit. 3.2.2015]. Dostupné na:
<http://www.obecbratcice.cz/obec/o-obci/>

Použité zákony

Příloha č. 5, vyhláška č. 275/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Seznam obrázků

Obr. č. 1 Půda – kůže planety

Obr. č. 2 Půdní struktura

Obr. č. 3 Trojúhelníkový diagram

Obr. č. 4 Zapichovací snímače teploty a sběrná řídicí jednotka s přijímačem signálu

Obr. č. 5 Přístupnost živin dle pH půdy

Obr. č. 6 Kationtová výměnná kapacita při pH 7 některých půd a jílových minerálů

Obr. č. 7 Obecný vztah mezi velikostí půdních částic a jejich minerálním složením

Obr. č. 8 Ortoklas

Obr. č. 9 Stavební jednotky vrstviček jílových minerálů a jejich uspořádání

Obr. č. 10 Struktura illitu

Obr. č. 11 Montmorillonit

Obr. č. 12 Kaolinit

Obr. č. 13 Dolomit

Obr. č. 14 Tabulkovité krystaly sádrovce

Obr. č. 15 16 Rentgenová fluorescence

Obr. č. 16 Černozem modální – půdní profil

Obr. č. 17 Hnědozem modální – půdní profil

Obr. č. 18 Kambizem modální – půdní profil

Obr. č. 19 Půdní profil kambizemě modální (Vatín)

Obr. č. 20 Půdní profil kambizemě modální (Malonty)

Obr. č. 21 Půdní profil černozemě modální (Bratčice)

Obr. č. 22 Půdní profil černozemě karbonátové (Velešovice)

Obr. č. 23 Půdní profil hnědozemě oglejené (Lesonice)

Seznam tabulek

Tab. č. 1 Hodnoty pórovitosti, specifické hmotnosti, objemové hmotnosti typické pro různé půdy

Tab. č. 2 Zrnitostní složení

Tab. č. 3 Vliv některých minerálů na barvu půdy

Tab. č. 4 Klasifikace půdního skeletu

Tab. č. 5 Výměnná půdní reakce (pH/KCl)

Tab. č. 6 Aktivní půdní reakce (pH/H₂O)

Tab. č. 7 Vyjádření sorpční kapacity vybraných půdních druhů

Tab. č. 8 Hodnocení půd podle výměnné sorpční kapacity

Tab. č. 9 Hodnocení půd podle stupně sorpčního nasycení

Tab. č. 10 Klasifikace půd podle minerální síly

Tab. č. 11 Hodnocení vodivosti

Tab. č. 12 Hodnocení uhličitánů v půdě

Tab. č. 13 Stanovení vodostálosti

Tab. č. 14 Stanovení obsahu humusu v půdě

Tab. č. 15 Hodnocení P a K na orné půdě

Tab. č. 16 Hodnocení obsahu Ca a Mg v půdě

Tab. č. 17 Hodnocení tlumící schopnosti půdy

Tab. č. 18 Základní fyzikální a chemické vlastnosti vybraných půd

Tab. č. 19 Hodnocení půdní struktury dle Andrianova

Tab. č. 20 Obsah živin a obsah org. uhlíku a dusíku

Tab. č. 21 Výsledky mineralogického složení půd zkoumaných půdních vzorků

Tab. č. 22 Statisticky průkazné rozdíly u pH a KVK u sledovaných půd

Tab. č. 23 Statisticky průkazné rozdíly obsahu JČ a vodostálosti agregátů u sledovaných půd

Tab. č. 24 Statisticky průkazné rozdíly v obsahu živin (P, Ca) u sledovaných půd

Tab. č. 25 Statisticky průkazné rozdíly v obsahu živin (Mg a K) u sledovaných půd

Seznam zkratek

AF – Agronomická fakulta

VPS – Výzkumná pícninářská stanice

ÚAPMVR – Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin