

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta

Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin



Vliv vápnění na chemismus pseudoglejů

Bakalářská práce

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

Vypracoval:
Roman Gacko

Brno 2016

Zadání BP



**Agromická
fakulta**

Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Roman Gacko**
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Pozemkové úpravy a ochrana půdy
Název tématu: **Vliv vápnění na chemismus pseudoglejů**
Rozsah práce: 30 – 40 stran

Zásady pro vypracování:

1. Literární rešerše o vlastnostech pseudoglejů, jejich výskytu a využití v zemědělství.
2. Stanovení základních chemických vlastností pseudogleje glejového na lokalitě Kameničky.
3. Sledování vlivu vápnění na chemické vlastnosti pseudogleje glejového.
4. Vyhodnocení výsledků a statistické zpracování dat pomocí ANOVA jeden faktor.
5. Závěr a shrnutí zjištěných výsledků.

Seznam odborné literatury:

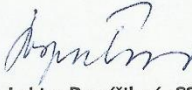
1. POKORNÝ, E. *Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku*. 1. vyd. Náměšť nad Oslavou: ZERA, 2007. 27 s. ISBN 80-903548-5-8.
2. *Hydrické režimy půd ČR a jejich změna v podmínkách očekávaného klimatu*. TRNKA, M. – HLAVINKA, P. – SEMERÁDOVÁ, D. – DUBROVSKÝ, M. – MOŽNÝ, M. – EITZINGER, J. – FORMAYER, H. – HAYES, M. – SVOBODA, M. – POKORNÝ, E. – ŽALUD, Z. 2011.
3. PRAX, A. – POKORNÝ, E. *Klasifikace a ochrana půd*. 2. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. 175 s. ISBN 80-7157-746-4.
4. POKORNÝ, E. *Příručka ekologického zemědělce*. Praha: MZe ČR, 2003. 40 s. ISBN 80-7084-295-4.
5. JANDÁK, J. – POKORNÝ, E. – PRAX, A. *Půdoznalství*. 2. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. 142 s. ISBN 978-80-7157-559-7.
6. POKORNÝ, E. – ŠARAPATKA, B. *Půdoznalství pro ekozemědělce*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2003. 40 s. Příručka ekologického zemědělce. ISBN 80-7084-295-4.
7. JANDÁK, J. – POKORNÝ, E. – HYBLER, V. – POSPÍŠILOVÁ, L. *Základní metody odběru půdních vzorků*. [DVD-ROM]. 2005.

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2014


Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2016


Roman Gacko
Autor práce




doc. RNDr. Lubica Pospíšilová, CSc.
Vedoucí práce


Ing. Petr Škarpa, Ph.D.
Vedoucí ústavu


doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Děkan AF MENDELU

Poděkování

Tímto velmi děkuji paní doc. RNDr. Lubici Pospíšilové, CSc., vedoucí mé bakalářské práce za poskytnuté konzultace a rady během tvorby této práce.

Dále bych chtěl poděkovat mým rodičům za trpělivost, kterou se mnou měli po celou dobu tvorby mé práce.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci „**Vliv vápnění na chemismus pseudoglejů**“ vypracoval/a 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 *Směrnici o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, 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

ABSTRAKT

V bakalářské práci je hodnocen vliv vápnění na chemismus pseudoglejů. Literární rešerše je věnována vlastnostem pseudoglejů a jejich zařazení do Taxonomického klasifikačního systému půd ČR. Jsou popsány způsoby, jak se zúrodňovaly pseudogleje v minulosti, a jak se využívají dnes. V praktické části je sledováno, jak vápnění ovlivňuje chemické vlastnosti těchto půd. Objektem studia byl pseudoglej glejový (Kameničky, ČR). Výsledky ukázaly, že vápnění kyselých půd pod trvalými travními porosty vede k výrazným změnám v chemismu půdy, snížení přístupnosti živin a urychlení mineralizace.

***Klíčová slova:** pseudoglej, vápnění, chemické vlastnosti půd*

ABSTRACT

Bachelor work is dealt with the influence of liming on the chemical properties of stagnosols. Introduction is considering their main properties and classification according to Taxonomic classification soil system of the Czech Republic. Also the way of exploitation and reclamation at present and in the past is described. Experimental work is aimed at the effect of liming in Stagnosol (Kameničky, Czech Republic). Obtained results indicated that liming of acidic soils under permanent grasslands leads to significant changes in soil chemical properties, nutrients availability and increasing of mineralization

***Key words:** pseudogley, liming, soil chemical properties*

Obsah

1.	ÚVOD	1
2.	CÍL	2
3.	LITERÁRNÍ PŘEHLED	3
3.1.	Referenční třída Stagnosoly	3
3.1.1	Stagnoglej	3
3.1.2	Pseudoglej	3
3.1.3	Pseudoglejový proces	5
3.1.4	Subtypy pseudoglejů	6
3.1.5	Základní vlastnosti pseudoglejů	7
3.2	Využití a úprava vlastností pseudoglejů	14
3.2.1	Úprava vápněním	14
3.3	Hloubková meliorace těžkých a zhutnělých půd	16
3.3.1	Podrývání	17
3.3.2	Dlátování	17
3.3.3	Hloubkové meliorační kypření	18
4.	MATERIÁL A METODY	20
4.1	Objekt studia	20
4.2.	Stanovení zrnitostního složení	23
4.3.	Stanovení půdní reakce	25
4.4.	Stanovení vodivosti vodního výluhu	26
4.5.	Stanovení acidobazické tlumící schopnosti půd	26
4.6	Stanovení obsahu živin	27
4.7.	Stanovení obsahu humusu	29
4.8.	Stanovení kvality humusových látek	29
4.9.	Stanovení UV-VIS spekter HL	30
5.	Výsledky a vyhodnocení	31

6. Diskuze	43
7. Závěr	44
Seznam literatury	45
Internetové zdroje	46
Seznam zkratk.....	47
Seznam tabulek.....	48
Seznam obr.	49

1. ÚVOD

Komplexní studium půd má velký význam nejen pro kultivaci krajiny, ale také z hlediska hospodářského využití půdy.

Ve své práci jsem se zaměřil na studium chemických vlastností zrnitostně středně těžkých a těžkých pseudoglejů (referenční třídy Stagnosoly), které byly v minulosti intenzivně meliorovány (odvodňovány) a využívány v zemědělství. Pro tyto půdy je typické vysoké provlhčení půdního profilu. Lze je kultivovat několika způsoby a ve své práci jsem posuzoval vliv vápnění na jejich chemické parametry. V průběhu tří po sobě následujících let (2014 – 2016) byly odebrány vzorky a zjišťovány chemické vlastnosti půdy. Sledovány byly dvě varianty pokusu - vápněné plochy a referenční, která vápněná nebyla (kontrola).

Téma diplomové práce mne zaujalo proto, že se zkoumá, jak výrazně může kultivace a antropická činnost ovlivňovat půdní vlastnosti a tudíž přímo ovlivňovat pedogenetický proces.

Zjištěné poznatky o vápnění kyselých a zatravněných zemědělských půd budou významným doplněním vědomostí v tomto oboru. Vápnění patří k důležitým agromelioračním a agrotechnickým opatřením, ovšem poznatků o vápnění zatravněných ploch je málo.

2. CÍL

Cílem této bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši o vlastnostech pseudoglejů, jejich výskytu a využití v zemědělství. Dále se stanovily základní chemické vlastnosti pseudogleje glejového na lokalitě Kameničky. Sledoval se vliv vápnění na stanovené chemické vlastnosti pseudogleje glejového. Následně se vyhodnotily zjištěné výsledky a statisticky se zpracovaly data pomocí ANOVA - jeden faktor.

Výstupy a výsledky byly zpracovány na přístrojovém vybavení financovaném z projektu OP VaVpl CZ.1.05/4.1.00/04.0135 „Výukové a výzkumné kapacity pro biotechnologické obory a rozšíření infrastruktury“.

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1. Referenční třída Stagnosoly

Referenční skupina Stagnosoly zahrnuje půdní typy Pseudoglej a Stagnoglej. Jedná se o semi-hydroformní půdy s výrazným redoximorfním, mramorovaným horizontem, který vzniká jako důsledek povrchového převlhčení v hloubce do 50 cm, jehož výraznost do hloubky klesá (Němeček a kol., 2001, 2011).

3.1.1 Stagnoglej

Stagnogleje jsou půdy s velmi dlouhou periodou povrchového převlhčení profilu. Pod hydrogenním nadložím a humusovým horizontem se nachází diagnostický šedý glejový horizont, který přechází do mramorovaného horizontu B_m. Šedý glejový horizont je důkazem dlouhodobého převlhčení a je v něm charakteristický výskyt rourkovitých novotvarů. U stagnogleje je docela častý výskyt rašelinění.

3.1.2 Pseudoglej

Pseudogleje se vyskytují v rovinatých oblastech vyšších poloh (400 – 800 m. n. m.), které u nás představují např. rovinaté části Českomoravské vysočiny či Dražanské vrchoviny. Původně na nich rostly lesy, zejména borové, v současnosti v lesích převažují smrkové monokultury. Jedná se o půdy s výrazným redoximorfním, mramorovaným horizontem B_m, který je zároveň jeho hlavním diagnostickým horizontem. Nad tímto horizontem se pod povrchem vyskytují železo manganičité bročky, jinak nazývané jako nodulární novotvary. Do 100 cm od povrchu se pod tímto horizontem nachází vrstva s nízkou hydraulickou vodivostí.

Pseudogleje vznikají pseudoglejovým procesem, a to buď z pedogenně (z luvizemí) nebo litogenně ze zvrstvených případně nepropustných substrátů (jílovité, písčitojílovité). Vrstva s nízkou hydraulickou vodivostí se nachází v hloubce do 100 cm. Původní vegetací byly doubravy a bučiny (Němeček a kol., 1990, Jandák a kol., 2014). V důsledku periodicky zvýšené vlhkosti dochází za účasti nízkomolekulárních látek k mobilizaci, redukci a migraci železa a manganu. Vzniká typický ochuzený (eluviální) horizont E_n, tzv. vybělený modulární

horizont, který je zbarven světlešedě a obsahuje železité a manganičité novotvary ve formě bročků. Migrace nastává zejména při prosychání substrátu, kdy nejvíce dochází k oxidačním procesům, a to nejdříve laterálně a pak vertikálně difuzí celou masou půdy. Toto se děje zejména v letním období. V době převlhčení půdy dochází v půdním profilu k mobilizaci Fe, Mn a Al vlivem fulvokyselin, které jsou uvolňovány z nadložního humusu, typu mor či moder. Vlivem migrace uvedených prvků dochází k odbarvení respektive vybělení půdní hmoty, a to zejména na stěnách trhlinek v půdě, chodeb zbylých po kořenech rostlin a jinde. V době prosychání půdy pak dojde k jejich vysrážení. Takto se tvoří ono typické mramorování půdního profilu u pseudoglejů (Němeček a kol., 2001). Stratigrafie pseudoglejů je:

O-Ahn-En-Bm-BCg-C nebo *Ap-En-Bm-BCg-C*.

Pod horizontem nadložního humusu **O** se nachází horizont **Ahn₂**, známý jako hydrogenní humózní lesní horizont. Níže v půdním profilu pseudoglejů leží vybělený eluviální nodulární horizont **En**. Ten se nachází přímo nad mramorovaným horizontem **Bm** a u pseudoglejů se vyskytuje z toho důvodu, že se původně některé pseudogleje vyvinuly z luvizemí. U takových pseudoglejů byl vznik mramorovaného horizontu způsoben hydromorfní transformací luvického horizontu, a proto jej v takovém případě označujeme jako hydromorfně transformovaný luvický horizont **Bmt**. Horizont **En** je zbarven světlešedě a jsou v něm výrazně zastoupeny nodulární novotvary, čili již výše zmíněné železité a manganičité bročky. Dále je tento horizont charakteristický těž destičkovitou až drobně polyedrickou strukturou. Jestliže se **En** horizont nachází pod **A** či **Ae** horizontem, může někdy ihned pod těmito horizonty dojít k vytvoření tmavě šedého až namodralého horizontu s infiltrovaným humusem **Enh**.

Hlavním diagnostickým horizontem u pseudoglejů je redoximorfní mramorovaný pseudoglejový horizont **Bm**. Tento horizont se vyvinul v důsledku přítomnosti vrstvy se sníženou drenážní propustností a nejčastěji se nachází pod eluviálním horizontem **En₂**. Může se ovšem taky nacházet pod **Ao** horizontem (nazývá se ochrický) nebo pod **Al** horizontem (melanický). V důsledku střídání redukčních a oxidačních podmínek se zde vytvořily vysvětlené partie při povrchu pedů, kterých směrem do hloubky ubývá. Dále se zde můžou vytvořit rezivé difuzní novotvary uvnitř pedů. Tyto vznikají u středně těžkých substrátů s výrazným žilkováním a u těžších substrátů a rovněž u substrátů tvořených pískem a jílem s nápadným střídáním okrových skvrn a vysvětlených částí. Původní hnědá až žlutohnědá

matrice zde v podstatě zcela chybí. Horizont **Bm** vzniká pseudoglejovým půdotvorným procesem, který je charakterizován velmi častým střídáním silného provlhčení a vysychání v horních částech půdního horizontu, které je způsobené prosakující srážkovou vodou. Ta je zadržována nepropustnou vrstvou či přímo nepropustným půdním horizontem. Tato nepropustná vrstva může vzniknout dvěma způsoby. Jednak je vytvářena jako následek ilimerizace. Během tohoto procesu se z horních vrstev půdy vyplavují jílovité částice, které se usazují v nižších vrstvách, kde vytvářejí onu nepropustnou vrstvu. Druhým způsobem, kterým nepropustná vrstva v půdě vzniká, jsou geologické procesy. Při těchto procesech je jílový materiál překryt lehčími sedimenty, např. sprašovou hlínou či písky. Následně vrstva jílu zabraňuje vsaku povrchové vody hlouběji do půdy a stává se nepropustnou vrstvou (Němeček a kol., 2001).

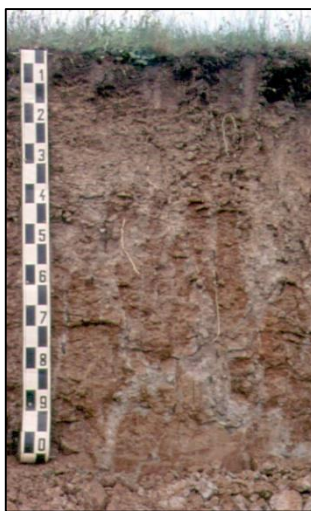
3.1.3 Pseudoglejový proces

V důsledku periodicky zvýšené vlhkosti dochází za účasti nízkomolekulárních látek k mobilizaci, redukci a migraci železa a manganu. Vzniká typický ochuzený (eluviální) horizont En, tzv. vybělený modulární horizont, který je zbarven světlešedě a obsahuje železité a manganičité novotvary ve formě bročků. Migrace nastává zejména při prosychání substrátu, kdy nejvíce dochází k oxidačním procesům, a to nejdříve laterálně a pak vertikálně difuzí celou masou půdy. Toto se děje zejména v letním období. V době převlhčení půdy dochází v půdním profilu k mobilizaci Fe, Mn a Al vlivem fulvokyselin, které jsou uvolňovány z nadložního humusu, hlavně morového moderu a moru. Vlivem jejich migrace dochází k odbarvení respektive vybělení půdní hmoty, a to zejména na stěnách trhlinek v půdě, chodeb zbylých po kořenech rostlin a jinde. V době prosychání půdy pak dojde k vysrážení sloučeniny z výše zmíněných prvků. Takto se tvoří ono typické mramorování půdního profilu u pseudoglejů.

3.1.4 Subtypy pseudoglejů

Podle Němeček a kol. (2001) rozlišujeme tyto subtypy pseudoglejů:

- **PGm** – modální (typický), který má absolutní převahu. Vyskytuje se u něj nanejvýš litogenní texturní diference nebo nepropustnost profilu. Nasycenost sorpčního komplexu je v Zemědělském půdním fondu (ZPF) v 40 – 70 cm > 30 % a v Lesním půdním fondu (LPF) v 10 – 25 cm > 20 %.
- **PGl** – luvický, u nějž je výrazná pedogenní diference na pomezí horizontů En – Bmt
- **PGk** – kambický, kde horizont Bm má mocnost do 60 cm a nad ním se nachází méně oglejené horizonty Bvg, Bvn
- **PGq** – glejový, v kterém se výraznější reduktomorfní znaky objevují od hloubky 60 cm a kde se ve spodní části nachází horizont G známý jako amfiglej
- **PGw** – hydroeluviovaný, kde se nachází v části profilu pod horizonty akumulace humusu vybělený horizont bez nodulárních novotvarů Ew. Zde hydrogenní eluvie zahrnuje jednak mobilizaci oxidů Fe a Mn a dále též redukci a odnos laterálně proudící vodou těchto oxidů
- **PGv** – vyluhovaný, jehož součástí je vyluhovaný horizont Bm nad karbonátovým substrátem
- **PGd** – dystrický, který má nasycenost sorpčního komplexu u půd v ZPF v hloubce 40-70 cm < 30 % a u půd v LPF v hloubce 10-25 cm < 20 %.
- **PGp** – pelický, který obsahuje jíl alespoň v části horizontu Bmp se zrnitostí 4-5.
- **PGpl** – planický, v jehož profilu se vyskytuje vybělený a vylehčený horizont En, který ostře přechází do mramorovaného pelického horizontu.



Obrázek č. 1: Detail půdního profilu pseudogleje modálního
(*klasifikace.pedologie.cz*)

3.1.5 Základní vlastnosti pseudoglejů

K základním vlastnostem těchto půd, jak bylo uvedeno dříve, patří semihydromorfní vodní režim. Pseudogleje mají v zimním a jarním období, vzhledem k jejich nízké drenážní schopnosti, zvýšenou půdní vlhkost nad maximální kapilární vodní kapacitu v celém půdním profilu. Nejdéle se půdní vlhkost o hodnotách vyšších než maximální kapilární vodní kapacita udrží v horizontu *Bm* a to zejména v jeho spodní části. Z tohoto důvodu je půdní profil značně pestrébarvný. Jak již bylo zmíněno výše, tato pestrébarvnost je způsobena mobilizací železa a manganu a jejich redukcí při převlhčení a oxidací při vysoušení půdy. To je důvodem, proč se u pseudoglejů vyskytuje vysvětlený horizont *En* a mramorovaný horizont *Bm*. Půdní agregáty u pseudoglejů jsou na svém povrchu zbarveny do světlých šedivých odstínů, jejich střed se ovšem vlivem vlhkosti barevně mění. Za sucha a při nižší vlhkosti je zbarven hnědě, kdežto v době většího převlhčení půdy získává střed půdních agregátů rezavou až černošedou barvu.

Fyzikální vlastnosti pseudoglejů - během roku převažuje u pseudoglejů sušší půdní stav a to zvláště u pseudoglejů vyskytujících se v nižších polohách. Vyšší půdní vlhkost je doménou zimního a jarního období. Proč tomu tak je jsem již popsal výše. V období suššího půdního stavu dochází k zatvrdnutí půdy a to zejména v její svrchní části. To je příčinou tvorby velkých hroud nebo i souvislé půdní kůry. Za vlhka se pak často stává, že hroudy a kůra úplně rozbřednou a na povrchu půdy stojí voda, jelikož zhutnělý svrchní horizont výrazně omezuje

její propustnost. Fyzikální vlastnosti pseudoglejů úzce souvisí s půdotvorným substrátem, na němž tyto půdy vznikly. Snad nejčastěji je u pseudoglejů půdotvorným substrátem sprašová hlína, která způsobuje občasný výskyt zpevněné vrstvy ve spodní části půdního profilu. Tato vrstva se vyznačuje horizontální odlučností a výskytem koloidních povlaků. Dalším charakteristickým znakem u pseudoglejů je pouze velmi úzký interval optimální vlhkosti, za které je vhodné tyto půdy zpracovávat. Pro zemědělské využití na orné půdy jsou tedy vzhledem ke špatnému provzdušnění a provlhčení během roku, a tím pádem celkovým špatným fyzikálním vlastnostem, zcela nevhodné. Z důvodu negativních fyzikálních vlastností pseudoglejů není totiž možné optimální využití zemědělské techniky, a vůbec smysluplné hospodaření, aniž by bylo potřeba provést jejich odvodnění a melioraci, což ovšem značně zvyšuje finanční nákladnost na jejich obdělávání.

Chemické vlastnosti pseudoglejů - jako pH, obsah živin, nasycenost sorpčního komplexu a obsah a kvalita humusu se u pseudoglejů dají ovlivňovat různými úpravami. U pseudoglejů se využívá k jejich zkvalitnění úprava vápněním. Jelikož tato práce se týká vlivu vápnění na chemismus pseudoglejů, níže uvádíme vybrané chemické vlastnosti a jejich podrobnější charakteristiku. Jednou z nejdůležitějších chemických vlastností u půd je kationtová výměnná kapacita (KVK anebo T). Kationtová výměnná kapacita určuje maximální množství iontů, které je schopen sorpční komplex vázat na svém povrchu. Je to tedy jeden z ukazatelů sorpčních vlastností půdy. Hodnota KVK je obvykle o to větší, čím je větší obsah humusových koloidů v jádru sorpčního komplexu. Kationtová výměnná kapacita je udávána v jednotkách mmol/0,1 kg zeminy. Pokud budeme hodnotit půdy podle zrnitosti, tak sorpční hodnota písčité půdy dosahuje hodnoty 2 – 10 mmol/0,1 kg, u hlinitých půd je to 20 – 30 mmol/0,1 kg, u jílovitých 40 – 50 mmol/0,1kg a u organických půd dokonce až 150 mmol/0,1 kg zeminy. Nutno také upřesnit, že všechny tyto údaje jsou udávány v milimolech chemického ekvivalentu na 0,1 kg půdy, která je na vzduchu suchá. Půdy dle kationtové výměnné sorpční kapacity, která je též někdy označována termínem Maximální sorpční kapacita, dělíme následovně – viz tab. č. 1.

Tabulka č. 1: Hodnocení půd podle výměnné sorpční kapacity T

(Jandák a kol., 2014)

Výměnná sorpční kapacita	Hodnota T (mmol/0,1 kg)
Velmi vysoká	nad 30
Vysoká	25 - 30
Vyšší střední	18 - 25
Nižší střední	13 - 18
Nízká	8 - 13
Velmi nízká	pod 8

Dalším z ukazatelů sorpčních vlastností půdy je obsah výměnných bází, někdy též uváděn jako absolutní či okamžitý obsah. Vyjadřuje množství bází, které je právě poutáno sorpčním komplexem a značíme jej písmenem S. Stejně jako u všech ukazatelů sorpčních vlastností půdy i zde se počítá především s ionty Ca, Na, Mg, H a K. Velikost hodnot se vyjadřuje v mmol/0.1 kg půdy, stejně jako v případě kationtové výměnné kapacity. Hodnoty obsahu výměnných bází se v půdě během roku mění v důsledku změn vlhkosti půdy a vlivem hnojení. Poměr mezi jednotlivými kationty mívá pro určitý půdní typ vždy ustálenou hodnotu. Mezi ukazatele sorpčních vlastností půdy patří též stupeň sorpční nasycenosti půdy. Značíme jej jako V a vyjadřuje poměr okamžitého obsahu výměnných bází k maximálně možnému obsahu výměnných bází. Jeho hodnota je vyjadřována v procentech maximální sorpční kapacity. Klasifikace půd podle stupně sorpčního nasycení je vyjádřena v tabulce č. 2.

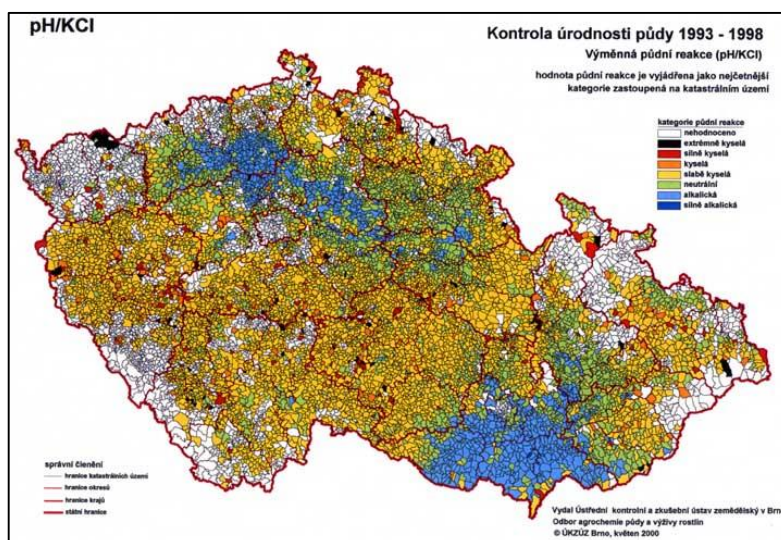
Tabulka č. 2: Hodnocení půd podle sorpčního nasycení

(Jandák a kol., 2014)

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

Jak uvádějí Pospíšilová a Vlček (2015) důležitým agrochemickým ukazatelem je půdní reakce. Tato vlastnost je určena koncentrací vodíkových iontů v půdním roztoku, kde tyto

ionty vytvářejí kationty H_3O^+ . Nejrozšířenější rozpouštědlo, a zároveň disperzní prostředí, v přírodě je voda. Ta v čistém prostředí velmi slabě disociuje na H^+ a OH^- . Při stejné koncentraci iontů, která vyplývá z disociační rovnice, je reakce roztoku neutrální. Pakliže je ve vodě rozpuštěna kyselina či kyselá sůl, anebo se v ní nacházejí acidoidní koloidy, tak se zvyšuje reakce vodíkových iontů, a tím pádem i jejich koncentrace. V takovém případě je reakce roztoku kyselá. Je-li ovšem v roztoku rozpuštěna zásada, bazická sloučenina či koloidy, tak ionty H^+ s nimi asociují. To způsobuje nižší koncentraci vodíkových iontů a reakce roztoku je alkalická. Znamená to tedy, že půdní reakce závisí na rovnovážném stavu mezi disociací a asociací vodíkových iontů. Pro vyjádření kyselosti a zásaditosti byl zaveden index pH. Tento index je záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů a může se pohybovat v rozmezí 0 - 14. Z toho důvodu je koncentrace vodíkových iontů 10^{-7} (neutrální reakce) značena jako pH 7, vyšší koncentrace těchto iontů (kyselá reakce) značena jako pH 0 – 7 a nižší koncentrace (alkalická reakce) značena jako pH 7 – 14. U půdy se vodíkové ionty nacházejí buď v půdním roztoku anebo jsou výměnně sorbovány půdními koloidy. Pokud jsou v půdním roztoku, vyjadřují prostředí pro aktivní reakci (pH/ H_2O). V opačném případě pak vytváří prostředí pro potenciální reakci. Ty se dělí na výměnnou reakci (pH/KCl) a hydrolytickou reakci (mmol H^+ /0,1 kg půdy). Rozdělení půd v ČR podle výměnné reakce, tak jak bylo určeno z Kontroly úrodnosti půd v letech 1993 – 1998, je uvedeno na obr. č. 2. (web2.mendelu.cz, Richter, 2004)



Obrázek č. 2: Půdy v ČR podle výměnné půdní reakce určené z Kontroly úrodnosti půd v letech 1993 – 1998 (Richter, 2004)

Jak uvádí Zaujec a kol. (2009) aktivní kyselost způsobují volné vodíkové ionty v půdním roztoku. Jejich zdrojem jsou disociované minerální a organické kyseliny, kyselé soli a acidoidy. Aktivní kyselost se zjišťuje potenciometrickým měřením koncentrace těchto iontů v půdním roztoku, půdní pastě či ve vodném extraktu. Nejvíce se tato forma kyselosti půdy vyskytuje v půdách odvápněných nebo sorpčně nenasycených s vysokým podílem adsorbovaných iontů H^+ a Al^{3+} . Je tedy zřejmé, že tato kyselost se bude pravděpodobně nacházet i v odvápněných pseudoglejích, které budu hodnotit v této práci. Výměnnou kyselost způsobují adsorbované ionty H^+ a Al^{3+} resp. Fe^{3+} . Ty přecházejí do půdního roztoku nebo extraktu a to výměnnou za kationty neutrálních solí, které putují opačným směrem. Výměnná kyselost se zjišťuje měřením koncentrace vodíkových iontů ve výluhu půdy 1N roztokem KCl. Zpravidla se vyjadřuje nižšími hodnotami pH než aktivní kyselost. Hydrolytická kyselost je nejmírnější z půdních kyselostí. V půdním roztoku se může zpravidla projevit teprve nevhodnými chemickými úpravami (nevhodným hnojením, chemickou meliorací aj.). Její hodnota se určuje působením na půdu roztokem 1N hydrolytický zásadité soli (např. CH_3COONa – octan sodný). Vyjadřujeme ji v $mmol H^+ / 0,1 \text{ kg}$ půdy. Mezi hlavní zdroje kyselosti půd v biologicky aktivních oblastech se řadí produkovaný oxid uhličitý, kyselé srážky, humusové a jiné organické kyseliny, které se hromadí v povrchu půdy, nebo též některá aplikovaná průmyslová hnojiva. Kyselost v půdách lze odstranit nejčastěji jejich vápněním. Na vápnění se používá mletý vápenec, dolomitický vápenec, některé saturační kaly nebo hašené vápno. Půdní reakce má velký význam z hlediska vzniku a vývoje půd, proto se řadí k nejdůležitějším půdním vlastnostem. V půdě určuje intenzitu zvětrávání minerálního podílu a má vliv na složení půdní mikroflóry, mikrofauny i rostlinného pokryvu půdy.

Další z důležitých chemických vlastností půdy je pufrovitost neboli tlumivost či ústojnost. Je to schopnost půdy bránit se změnám půdní reakce. Jinak řečeno, díky této vlastnosti je půda schopna udržovat prakticky stálou koncentraci vodíkových iontů v půdním roztoku. Pufrovitost půdy tkví v přítomnosti ústojných systémů, které jsou v půdním roztoku tvořeny směsí slabé kyseliny a její soli případně slabé zásady a její soli. Kyselá složka v půdě je zastoupena zejména humínovými kyselinami, kyselinou uhličitou, kyselinou křemičitou, kyselinou fosforečnou a koloidními alumosilikáty acidoidní povahy. Pufrovitost závisí mimo jiné na chemickém a zrnitostním složení půdy, její sorpční kapacitě i stupni nasycenosti bazickými kationty. Na tlumivé schopnosti humózních půd se podílí především adsorpčně nasycený humus. Pokud je tento humus nasycen výměnnými bázemi, tak potom snadno odstraňuje v půdě vznikající kyselost výměnou bází za ionty vodíku z půdního roztoku.

Adsorpčně nasycený humus ovšem neutralizuje i alkalitu půdy a to tak, že disociací svých kyselých skupin uvolňuje do půdního roztoku vodíkové ionty. Ty pak v půdním roztoku vytváří společně s ionty OH^- málo disociovanou vodu. Podobným způsobem působí i jílové minerály, byť je třeba poznamenat, že jejich vliv na tlumivost půd je podstatně menší než v případě humusu. Právě díky vysokému obsahu jílu mají vysokou tlumivou schopnost těžší půdy. Naproti tomu půdy mající nízkou tlumivost, což jsou obvykle půdy lehké (písčité, hlinitopísčité), půdy bez obsahu karbonátů či půdy s nízkým obsahem humusu, velmi citlivě reagují na jakýkoli zásah do půdy a jejich pH je charakteristické velkými výkyvy hodnot. Je tedy zapotřebí takovéto půdy v první řadě pravidelně hnojit organickými hnojivy a v druhé je dostatečně vápnit (Zaujec a kol., 2009).

Velký význam na chemismus půdy mají redukčně oxidační poměry v půdě. Ty se citelně uplatňují během půdotvorných procesů a při zvětrávání hornin a minerálů. V praxi to vypadá tak, že látka, která je oxidovaná, elektrony ztrácí, kdežto látka redukovaná elektrony naopak získává. U těchto procesů platí, že zároveň s každou oxidací látek probíhá i redukce. Nejdůležitějšími redukčně oxidačními systémy jsou v půdě jednoznačně ionty (eventuálně taky sloučeniny) dvojmocného resp. trojmocného železa. Rovnováha v těchto procesech se určuje podle toho, zda má větší převahu v systému redukce nebo oxidace. Vyjadřuje se pomocí redoxpotenciálu, jehož hodnoty se v půdě pohybují od -400 mV (silně redukční podmínky) po 750 mV (oxidační podmínky). Značíme jej *Eh* a jeho hodnoty jsou utvářeny především zrnitostí půdy, stavem provzdušnění a obsahem rozložitelných organických látek. Hodnoty redoxpotenciálu mají tendenci během roku značně kolísat. Jestliže v přírodě probíhá srážková činnost, hodnoty redoxpotenciálu v půdě klesají. Pokud v půdě dochází ke zvýšení kyselé reakce, hodnoty *Eh* naopak rostou. Redukcí železitých iontů se zvyšuje rozpustnost sloučenin železa a tím pádem i jejich pohyblivost v půdním profilu. Mezi významné procesy redukce v půdě patří např. hnití, rašelinění, tvorba metanu, sirovodíku či denitrifikace. Mezi nejvýznamnější procesy oxidace patří např. mineralizace, tlení, vznik sloučenin železa a manganu či nitrifikace (Sotáková, 1982, 1988).

U pseudoglejů je půdní reakce kyselá, patří tedy mezi kyselé půdy. Pseudogleje jsou sorpčně nenasyčené, je tedy potřeba je pravidelně hnojit organickými a minerálními hnojivy a též je nutné je pravidelně vápnit. Dále jsou tyto půdy charakteristické svým nepříznivým vodním a vzdušným režimem. Rovněž je u pseudoglejů typická nízká biologická aktivita. Je to proto, že jsou tyto půdy špatně provzdušněné, což má za následek nedostatek kyslíku

v půdním profilu. Dalšími potřebnými opatřeními jsou udržování odvodňovací a meliorační soustavy a dodržování vhodné skladby jak u osevního postupu, tak i u trvalých travních porostů. Z výše popsaného tedy vychází, že chemické a agronomické vlastnosti mají pseudogleje značně nepříznivé. Proto by se pseudogleje neměly využívat jako orné půdy. Je vhodné je zanechat jako půdy lesní nebo je využívat jako trvalé travní porosty.

Obsah humusu u pseudoglejů - Obsah humusu v ornících se pohybuje v rozmezí hodnot 2,5 - 3,5%, přičemž ornice a humusový horizont mají obsah humusu oproti okolním anhydromorfním půdám zvýšený. Dále můžeme říct, že jsou to půdy eubazické až mesobazické se zvýšeným zastoupením amorfního železa v půdním profilu, jelikož nasycenost sorpčního komplexu Vm dosahuje hodnoty nad 60 % (eubazické) a v horizontu Bm může dosahovat 35-60 % (mesobazické). Pseudogleje jsou méně úrodné půdy, náchylné ke zhutňování, a to zejména díky špatnému provzdušnění, které způsobuje částečné zamokření, a zvýšená kyselost půdy. Zvláště v jarních měsících je jejich produkční potenciál negativně ovlivňován. Kvůli nadměrné vlhkosti půdního profilu v tomto období je oddálen vstup mechanických zařízení na pozemky. Dále se kvůli kolísání a periodickému snížení provzdušnění půdy a redukčně - oxidačního potenciálu hromadí v půdě toxické látky, které mají vliv na metabolismus rostlin. Negativně ovlivňuje pseudogleje na jaře též transformace dusíku ve směru amonifikace a denitrifikace a rovněž zvýšená přístupnost fosforu a těžkých kovů (Mo, Cu, Co, Zn), jak uvádí (Němeček a kol., 1990 a 2001, Jandák a kol., 2014).

3.2 Využití a úprava vlastností pseudoglejů

Převážná většina pseudoglejů je využívána jako trvalé travní porosty. Jako orná půda se pseudogleje využívají méně kvůli nepříznivým vlastnostem snižující úrodnost (špatná provzdušenost, relativně silná kyselost a náchylnost ke zhutnění) v malé míře, pravdou ale je, že by se měli využívat spíše jako lesní půdy a půdy pod trvalými travními porosty. Pakliže jsou využívány jako orná půda, je nezbytně nutné provádět základní i hloubkové kypření a na většině ploch i pravidelné vápnění a hnojení organickými hnojivy. Pseudogleje tvoří v Zemědělském půdním fondu 7% a v Lesním půdním fondu 5% z celkové výměry. Existuje několik způsobů možnosti úpravy kvality těchto půd např. úprava půdní reakce vápněním, hloubková meliorace, odvodnění a další.

3.2.1 Úprava vápněním

Vápnění má kromě půd se zvýšenou půdní kyselostí význam i u půd se semi-hydromorfním vodním režimem. Vápnění upravuje nepříznivou půdní reakci a též spolurozhoduje o dostupnosti a úrovni využití dalších živin rostlinami, zejména zvyšuje přijatelnost fosforu z půdy i dodaných hnojiv. Dále zlepšuje i půdní strukturu, fyzikální vlastnosti půdy, zlepšuje biologickou aktivitu a podporuje tvorbu účinného humusu a biologickou fixaci dusíku hlízkovými bakteriemi. Vápnění a alkalizace půdního prostředí rovněž posilují hygienickou a ekotoxikologickou funkci půdy, imobilizaci kadmia, případně dalších toxických látek, a ztěžuje rostlinám jejich přijatelnost. Vápník je tedy nezbytným prvkem pro růst a vývoj rostlin a jejich dobrý zdravotní stav. Na vápnění půd se používá mletý vápenec, pálené vápno či vápenná hutnická struska. Vápenné činidlo je nejvhodnější použít na podzim, před podmítkou nebo hlubokou orbou z důvodu dobrého promísení s půdou, a pak opakovat jeho aplikaci vždy po určité době (nejlépe 2x za osevní postup). Louky a pastviny se vápní na podzim po poslední seči nebo spasení. Potřeba vápnění se udává ve formě páleného vápna (CaO). Při přepočtu na CaCO₃, tzn. z poměru mol. hmotnosti 50:100, vychází, že dávky CaCO₃ jsou zhruba 1,8x vyšší než dávky CaO. Nedostatek vápníku v rostlině způsobuje poruchy růstu, porušení permeability buněčné membrány, její destrukci a ztrátu životaschopnosti rostlinných systémů. Při nedostatku vápníku kořeny rostlin slabě rostou, stávají se průsvitnými, zplošťují se a nevětví, netvoří kořenové vlášení a v krajních případech zeslizovávají, zčernávají a následně zahnívají (Úroda.cz - Kulovaná, Mezuliáník, 2001). Podle stupně kyselosti půdy a potřeby vápnění rozlišujeme dva typy vápnění: vápnění udržovací a vápnění ozdravovací.



Obrázek č 3: Vápnění půdy (agrojournal.cz)

- **Vápnění udržovací (periodické)** – je vápnění půdy takovými dávkami vápenatých hnojiv, které jsou potřebné pro udržení pH půdy na určité požadované úrovni. Vápnění není potřeba jen u půd s obsahem uhličitánů vyšším než 0,3%. To znamená, že udržovací vápnění je vhodné provádět na pozemcích s nízkým obsahem uhličitánů. Udržovací vápnění se začleňuje takovým způsobem, aby se plodiny náročné na pH půdy, jako vojtěška nebo jetel, dostávaly do půd bezprostředně vyvápněných. Dávka vápenitého hnojiva by měla odpovídat množství vápníku odčerpaného rostlinami a to včetně ztrát způsobených vymýváním, kyselostí hnojiv a kyselého spadu. Toto množství je různé podle každého druhu rostlin, ale v průměru se pohybuje kolem $220 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ CaO}$ ročně, což je přibližně $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ vápence za rok. Hnojivo se dávkuje podle zpracovatelnosti jednotlivých půd a to u těžkých půd až $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ CaO}$, u středních půd $1,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a u lehkých půd do $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Na těžkých půdách se volí jako hnojivo pálené vápno, kdežto na středních a zejména lehkých půdách mletý vápenec a strusky (ovšem jen ty s minimálním obsahem těžkých kovů).
- **Vápnění meliorační (ozdravovací)** – je vápnění velmi kyselých půd, které nedosahují optimálních hodnot pH. U těchto půd je vápnění prvořadou podmínkou ke zvýšení jejich úrodnosti. Tímto opatřením se rovněž upraví chemické a fyzikální vlastnosti půd, jako důsledek nepříznivého pH. Ani zde, stejně jako v případě vápnění udržovacího, nemají dávky hnojiva překročit $5 - 6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$ resp. $1,2 - 2,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ CaO}$. Na středních a těžkých půdách se k vápnění melioračnímu používá pálené vápno. Meliorační vápnění se často provádí na půdách po odvodnění. Rovněž se používá také při předvysadbové přípravě vinogradů, sadů a chmelnic, přitom se dávka přepočítává na hloubku,

na kterou se předvysadbová příprava provádí (web2.mendelu.cz - Hlušek, 2004).

3.3 Hloubková meliorace těžkých a zhutnělých půd

Hloubková meliorace je v podstatě hloubkové kypření půdy. Je to nutné opatření pro zlepšení kvality půdy u půd těžkých, kam řadíme i pseudogleje, a zhutnělých půd. Tyto půdy totiž mají, co se úrodnosti týká, velmi nepříznivé vlastnosti, U těžkých půd je to způsobeno vysokým obsahem jílovitých částic, který způsobuje mimo jiné nižší pórovitost. Kvůli ní během intenzivních srážek či tání sněhu dochází k převlhčení půdního profilu a taky způsobuje nízkou provzdušněnost. U zhutnělých půd, jak už sám název napovídá, jsou zhoršené půdní vlastnosti způsobené zhutněním podorniční vrstvy vlivem nesprávného používání mechanizace na orné půdě. Tato vrstva se pak stává nepropustnou pro vodu a obtížně propustnou pro vzduch i kořeny rostlin. Hloubková meliorace se může provádět hned několika způsoby. O tom, jakou technologii hloubkové meliorace a zda vůbec je vhodné použít hloubkovou melioraci na těžké či zhutnělé půdě rozhodují dvě hlavní zásady. První zásadou je rozhodnutí o nutnosti použití hloubkové meliorace. Toto rozhodnutí se provede podle kritérií zhutnění půdy. Jedná se o hodnoty několika hlavních vlastností, určujících míru zhutnění. Ty jsou uvedeny v následující tabulce č. 3.

Tabulka č. 3: Kritéria zhutnění půdy

Vlastnost	Druh půdy			
	H, JV, J	H	PH	HP, P
Objemová hmotnost red. (g/cm ³)	> 1,40	1,50	1,60	1,70
Pórovitost (% obj.)	< 47	45	42	40
Minimální vzdušnost (% obj.)	< 10	10	10	10
Penetrační odpor (MPa)	> 3,2	3,5	3,5	4,00
Maximální kapilární kapacita (% obj.)	> 35	35	-	-
Index plasticity	> 25	25	-	-
Fyzikální jíl (%)	> 30	-	-	-

Druhou zásadou je rozhodnutí o tom, jakou technologii je na danou půdu vhodné použít. Tohle rozhodnutí se provede podle kritérií, jenž jsou popsány u každého technologického způsobu níže. Technologií hloubkové meliorace, ze kterých se vybírá ta nejvhodnější dle konkrétních podmínek stanoviště, máme celkem tři – podrývání, dlátování a HMK.

3.3.1 Podrývání

Technologie podrývání je prvním stupněm meliorace podorničí, byť by svým charakterem mohla být řazena do agrotechnických opatření. Je to obnovení dříve osvědčeného způsobu orby, kdy se kypřící zásah orby prohloubí o hloubku podrýváků. Tyto podrýváky jsou umístěné pod pluhem zpravidla v 0,12 m. Podrývání plní funkci kypřícího zásahu nejslabší intenzity. Je vhodné jej použít zejména při výskytu zhutnělého podorničí o mělké mocnosti nebo při místním zhutnění půdy. Toto opatření slouží částečně k odstranění již počínajícího zhutnění a částečně jako opatření preventivní. Dalším účelem tohoto opatření je jeho použití na místech, kde se v půdním profilu vyskytuje nějaká nepříznivá vrstva, která nedovoluje intenzivnější způsob obhospodařování orné půdy, protože existuje reálná obava, že by ornice mohla být zředěna podílem nevhodné spodiny. Takovou vrstvou může být jalová spodina, spodina s nevhodnými chemickými vlastnostmi nebo podorničí s příměsí štěrku. V tomto případě je nejlepší spojit podrývání s intenzivním hnojením, a to jak organickým tak i minerálním, a eventuálně i s vápněním, pokud to situace vyžaduje. Následně se po těchto procedurách do osevního postupu zařadí hluboko-kořenící plodina. Podrývání spojené s intenzivním vyhnojením je zároveň první fází na cestě k postupnému prohloubení mělké ornice.

3.3.2 Dlátování

Jako další stupeň meliorace podorničí lze uvést dlátování (středně hluboké kypření půdy do 0,45 m). Toto svým charakterem spadá na rozhraní mezi opatřeními agrotechnickými a agromelioračními. Toto opatření se již bezprostředně dotýká meliorace struktury podorničí a též úpravy půdní stavby. Na dlátování se používají dlátové kypřiče. Dlátování se využívá tam, kde je zhutněné podorničí ve středně těžkých půdách o takové mocnosti horizontu, že je jej možné dlátováním celý rozrušit. Jak již napovídá nadpis, jedná se o zhutnělý horizont o mocnosti do 0,45 m. Vhodnými opatřeními návaznými na dlátování jsou organické hnojení a následné zapojení hluboko-kořenících strukturo-tvorných rostlin, což jsou například víceleté pícniny, do osevního postupu. Výhodné je též používat dlátování v rámci série zúrodňovacích

opatření k plodině, která je dokáže zhodnotit. Takovými plodinami jsou řepa cukrovka, brambory a kukuřice. Dlátování se dá také využít jako doplňkové opatření, a to tak, že jej zapojíme do komplexní zúrodnovací soustavy, jejímž jádrem je hloubkové kypření. Tento proces se používá např. na velmi těžkých půdách s omezenou vnitřní drenáží.

3.3.3 Hloubkové meliorační kypření

Jako meliorační opatření je rovněž možné využít hloubkové meliorační kypření (do 0,7 – 0,8 m), které má už charakter výrazného agromelioračního zásahu v půdě. Tohle opatření bývá zpravidla základním opatřením v komplexní zúrodnující soustavě na těžkých a zhutněných půdách. Při hloubkovém melioračním kypření se používají 2 - 3 tělesové hloubkové kypřiče. Toto opatření je vhodné používat výhradně v půdním profilu, kde se vyskytuje zhutnělé podorničí, které zasahuje do hloubky větší než 0,45 m nebo kde se vyskytuje zhutnělá spodina. Zhutnělá podorniční vrstva musí zasahovat do hloubky větší než 0,45 m pod povrchem proto, poněvadž toto je hloubka, kterou již nelze zasáhnout dlátováním. Samozřejmě je jasné, že tohle opatření se dá použít ve výše zmíněných situacích jen tehdy, jedná-li se o půdy středně těžké nebo těžké. Obvykle se používají hloubkové kypřiče s pasivními pracovními orgány, ale dají se použít rovněž kypřiče vibrační. Ty jsou vhodné pro použití na středně těžkých půdách. Při jejich použití je ovšem třeba velmi přísně dbát na dodržování podmínky optimální vlhkosti. V době zásahu totiž musí být půda vlhká tak, že má drobnou strukturu, a to nejen na povrchu, ale i ve spodině. Znamená to, že půda nesmí být ani příliš suchá ani příliš vlhká (Prax a Pokorný, 2004).



Obrázek č. 4: Podrývač (agrico-sro.cz)



Obrázek č. 5: Dlátování (bednar-machinery.com)



Obrázek č. 6: Hlubkové kypření (bednar-machinery.com)

4. MATERIÁL A METODY

4.1 Objekt studia

Objektem studia byl pseudoglej glejový (lokalita Kameničky), který se nachází na pokusných pozemcích VPS Mendelovy univerzity v Brně.

Lokalita Kameničky se nachází v krajině Žďárských vrchů, které jsou součástí Českomoravské vrchoviny, konkrétně se nachází v její severovýchodní části. Žďárské vrchy dle biografického členění podle Culka (1996) spadají do Hercynské podprovincie a Žďárského bioregionu. Tento bioregion dosahuje plochy 762 km².

Oblast Žďárských vrchů, jak již název sám napovídá, je krajinou pahorkatinného až vrchovinného typu díky střídání mělkých údolí s mírnými svahy se zaoblenými vrcholy. Pro oblast Žďárského bioregionu je typické střídání lesů, luk, pastvin, polí a rybníků oddělenými od sebe mezemi a menšími skupinami keřů a stromů lesního charakteru. Převažuje zde 5. jedlovo-bukový vegetační stupeň s typickou Hercynskou biotou s horskými a enklávními prvky (Culek, 1996). Z původních lesů už ovšem zbývá jen malý zbytek bukového pralesa, poněvadž v lesích zde dominují kulturní smrčiny. Též se zde dochovaly původní blatkové rašeliniště. Louky v této oblasti jsou devastovány vlivem meliorací a i proto zde má čím dál větší zastoupení orná půda. Procentuálně zde stále vedou lesy, které zastupují 44 % celkové rozlohy bioregionu. Dále následují orné půdy s 29 % a travní porosty s podílem 17 %. Rovněž se zde vyskytují i vodní plochy, a to s podílem 1,5 % z celkové rozlohy.

Z geologického hlediska jsou Žďárské vrchy tvořeny metamorfovanými horninami z období moldanubika a krystalinika. Převažují zde především ruly a magmatity. Zvláštnostmi zde jsou ranský masiv, který je tvořen hlubinnými ultrabaziky, jako jsou gabry či gabrodiority, úzké výchozy hadců u Medlova a úzký výběžek křidy zasahující od severozápadu, který je tvořen cenomanskými pískovci a spodnoturonskými opukami. Z půdních pokryvů jsou zde nejvýznamnější svahoviny, rašeliny a balvanové soliflukční proudy.

Průměrná výška bioregionu se pohybuje okolo 690 m. n. m., jelikož se nadmořská výška zde pohybuje v drtivé většině mezi 570 až 810 m. n. m. Nejnižším bodem Žďárského bioregionu je údolí Svatky u Dalečína s výškou 485 m. n. m., nejvyšším bodem je naopak Devět skal s nadmořskou výškou 836 m. n. m.

Klimaticky náleží tato oblast k chladnějším a vlhčím oblastem v ČR, akorát výběžek západně od Žďáru nad Sázavou náleží do mírně teplé klimatické oblasti. Můžeme též říct, že bioregion Žďárský je jednou z největrnějších oblastí u nás. Z hlediska srážek se zde projevuje

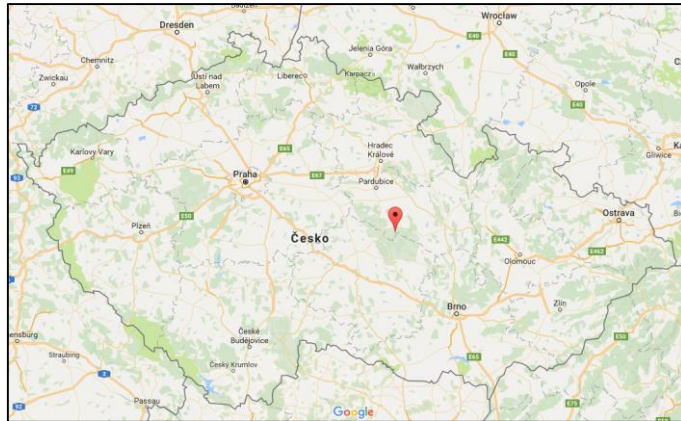
mírný rozdíl mezi návětrnou a závětrnou stranou svahů. Zatímco ve Žďáru nad Sázavou dosahuje průměrný roční úhrn srážek hodnoty 736 mm (a průměrná teplota hodnoty 6,1 °C) a v nejvyšších polohách na západě dokonce 900 mm (4,5 °C), tak v Novém Městě na Moravě je průměrný roční úhrn srážek 724 mm (6,0 °C) a v Poličce 705 mm (5,8°C). Směrem k jihovýchodu navíc hodnoty průměrných ročních srážek ještě více klesají. Častým klimatickým jevem v tomto bioregionu je výskyt teplotní inverze v kotlinách.

Z hlediska půdního složení převažují v Žďárském bioregionu dystrické kambizemě a na nejvyšších hřbetech kambizemní podzoly. Ve sníženinách, které se zde nacházejí ve velkém množství, se objevují primární pseudogleje a modální gleje, což je i případ Kameniček. V okolí Žďáru nad Sázavou pak přecházejí ve sníženinách modální gleje na gleje pelické. Místní výskyt mají v tomto bioregionu také organozemní pseudogleje a ostrůvkovitě i organozemě (rašeliny, vrchoviště).

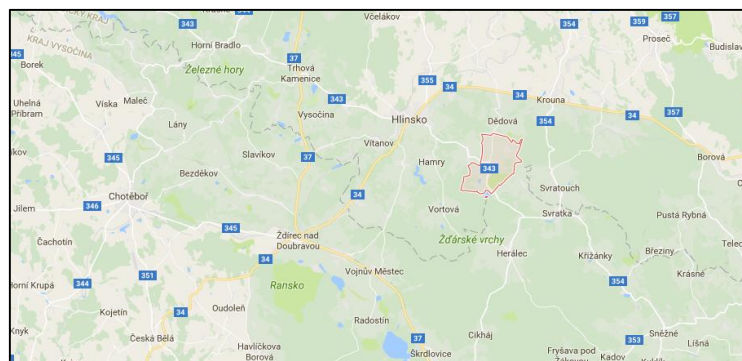
Dále je tato oblast jednou z rozvodnic našich řek, pramení zde například Svatka, Sázava nebo Oslava. Byla zde vybudována rozsáhlá síť chráněných území, jimž dominuje CHKO Žďárské lesy. Mezi nejvýznamnější chráněná území zde patří NPR Staré Ransko a NPR Ranská bahna, kde se vyskytují největší zbytky původních bučin a lokality výskytu bledulí, dále pak NPR Dářsko a NPR Radostínské rašeliniště, v kterých se vyskytuje komplex rašelinných společenstev, a NPR Žákova hora, kde se vyskytuje lesní vegetace kulminačních partií Českomoravské vrchoviny.

Samotná obec Kameničky leží v kraji Pardubickém, okrese Chrudim v mikroregionu Hlinecko v pramenné oblasti řeky Chrudimky, která je páteřním tokem tohoto mikroregionu, v nadmořské výšce 625 m. n. m. na místě středověké osady z přelomu 13. a 14. století. Nejstarší zmínky o obci pocházejí z roku 1350 a týkají se připojení tehdejšího místního farního kostela k litomyšlskému biskupství. Obec je součástí CHKO Žďárské vrchy, která byla založena roku 1970.

Nejvýznamnějšími přírodními památkami jsou Vojtěchův (Volákův) kopec, na jehož svazích je jedno z posledních míst výskytu tetřívka obecného v ČR a u jehož jižního úpatí se nachází rybník Krejcar s vlhkými rašelinnými loukami, kde se vyskytuje řada ohrožených druhů rostlin a živočichů, a luční niva Lány s rašelinnými loukami. Proto je vyhlášen jako přírodní rezervace.



Obrázek č. 7: Poloha Kameniček v rámci ČR (mapy.cz)



Obrázek č. 8: Poloha Kameniček v rámci regionu (mapy.cz)

Pseudoglej glejový, je jedním ze subtypů pseudogleje. Stejně jako u pseudogleje modálního (typického) se pod humusovým horizontem nachází humózní horizont (v tomto případě **Aun**) a pod ním referenční mramorovaný horizont **Bm**. Rozdílem oproti pseudogleji modálnímu je, že výraznější reduktomorfní znaky se u pseudogleje glejového objevují až od hloubky 60cm. Navíc u pseudogleje glejového se ve spodní části profilu nachází horizont amfiglej, který je označován písmenem **G**.

Horizont **Aun** dosahuje mocnosti do 22 cm pod povrchem. Je šedočerně zbarven, má drobtovitou strukturu a hlinitý charakter. Obsahuje až 8 % skeletu (z rul a křemene) se zaoblenými hranami o velikosti cca 30 cm. Skeletovitá vrstva se nachází zhruba mezi 12 až 34 cm. Podél makropórů se objevují četné rezavé skvrny. Hlouběji je tento horizont silně prokořeněn a jeho přechod je zřetelně ostrý.

Horizont **Bm** se nachází mezi 22 až 85 cm pod povrchem. Je to horizont mramorovaný, ve kterém se střídají rezavé a šedé plochy. Strukturu má výrazně prizmatickou, místy (do hloubky 45 cm) polyedrickou. Strukturní elementy jsou zbarveny šedě a jsou lepivé (mokré) charakteru písčitohlinitého. V tomto horizontu je výrazný výskyt železito – manganičitých bročků (zejména mezi 65 až 85 cm). Dále se zde vyskytují rezavé rourky železa. Tento horizont je do 40 cm prokořeněn a má difuzní přechod.

Horizont **G (Gro)** se nachází od hloubky 85 cm níže. Převahují zde šedé plochy nad plochami rezavými, přičemž jejich převaha s hloubkou roste (až 80 % celkové plochy). U tohoto horizontu není zřetelná jeho struktura, je bez skeletu, silně lepivý a má hlinitý charakter (Klein M., 2012).



Obrázek č. 9: Detail profilu pseudogleje glejového
(*klasifikace.pedologie.cz*)

4.2. Stanovení zrnitostního složení

Stanovení zrnitostního složení se provádí pomocí pipetovací metody. Pipetování probíhá tak, že pipetou odebereme vzorek o určitém objemu ze suspenze určité koncentrace. Tento vzorek se odebere z určité hloubky a po určitém časovém intervalu od konce míchání suspenze, který se rovná době nezbytné k sedimentaci stanovované frakce do hloubky, z níž vzorek odebíráme (Jandák a kol., 2009).

Podrobný postup stanovení uvádí Jandák a kol. (2009). Výsledkem je stanovení obsahu jednotlivých frakcí v procentech.

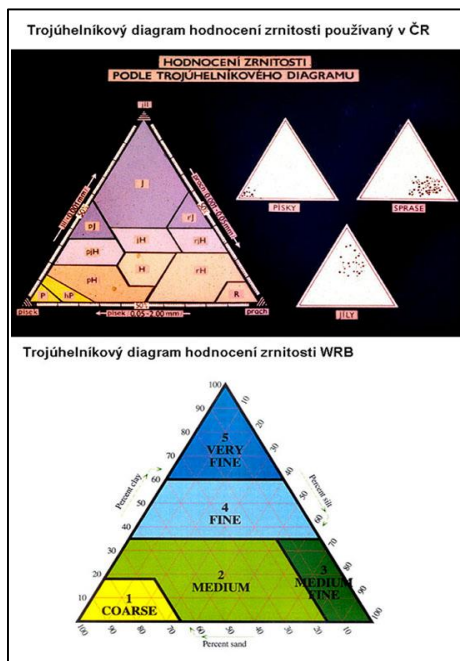
Vyhodnocení zrnitostního složení se provádí podle dle Nováka (1953) a hlavním kritériem je obsah jílnatých částic (menší než 0,01 mm). Podle jejich obsahu se dělí půdy na

tři základní druhy půd: lehké, střední a těžké. Každý základní druh půdy se dělí na další tři druhy půd, viz tabulka č. 4. (Novák, 1953, Němeček a kol., 2001).

Tabulka č. 4: Klasifikace půdních druhů podle Nováka (1953)

Obsah částic < 0,01m (%)	Označení půdního druhu	Základní půdní druhy
0	písek	lehká půda
0 - 10	písčitá	
10 - 20	hlinitopísčitá	
20 - 30	písčitohlinitá	střední půda
30 - 45	hlinitá	
45 - 60	jílovitohlinitá	těžká půda
60 - 75	jílovitá	
> 75	jíl	

Pro současnou klasifikaci půd ČR se používá hodnocení zrnitosti podle trojúhelníkového diagramu, kde hodnocení zrnitosti je prováděno ve frakci jemnozeme (< 2 mm) podle procentuálního zastoupení jílu (částice o průměru < 2 μm), prachu (2 – 50 μm) a písku (50 – 2000 μm). Obdobného systému se používá i ve světovém klasifikačním systému WRB (World Reference Base for Soil Resources) – viz obr. č. 10.



Obrázek č. 10: Trojúhelníkový diagram (klasifikace.pedologie.cz)

4.3. Stanovení půdní reakce

V rámci půdní reakce byla stanovena aktivní půdní reakce (pH/H₂O) a výměnná půdní reakce (pH/KCl). Oba tyto typy byly stanoveny potenciometricky (Zbíral a kol., 1997).

Aktivní půdní reakce se stanoví tak, že se naváží 10 g jemnozeme z odebraného vzorku zeminy, nasype se do kádinek a pomocí pipety zředí 25 ml destilované vody. Vzniklá suspenze se promíchá a následně změří pomocí pH metru. Naměřené hodnoty vyhodnocujeme podle tabulky č. 5.

Tabulka č. 5: Hodnocení pH/H₂O (Jandák a kol. 2009)

pH/H₂O	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

Výměnná půdní reakce se stanoví obdobným způsobem. Naváží se 10 g jemnozeme z odebraného vzorku zeminy a zalije se 1M roztokem KCl. Vzniklá suspenze se zamíchá a změří pomocí elektrody (pH metru). Naměřené hodnoty vyhodnotíme podle tabulky č. 6.

Tabulka č. 6: Hodnocení pH/KCl (Jandák a kol. 2009)

pH/KCl	Hodnocení zeminy
<4,5	Silně kyselá
4,6-5,5	Kyselá
5,6-6,5	Slabě kyselá
6,6-7,2	Neutrální
>7,3	Alkalická

4.4. Stanovení vodivosti vodního výluhu

Specifická vodivost, nazývaná též jako konduktivita, určuje salinitu (obsah solí) v půdě. Vodivost se stanovuje ve vodním výluhu rozděleném do dvou kádinek. Tento výluh tvoří půda a voda v poměru 1:5 a po jedné hodině třepání na třepačce se filtruje až do podoby čirého roztoku. Následně se roztok vytemperuje na 20°C. První kádinka slouží k proplachování elektrody a ve druhé probíhá samotné měření. Vodivost se vypočte pomocí naměřené hodnoty odporu výluhu v ohmech (Pokorný a kol., 2007). Hraniční hodnoty vodivosti jsou uvedeny v tabulce č. 7.

Tabulka č. 7: Hodnocení vodivosti výluhu (Pokorný a kol., 2007)

Hraniční hodnoty	Hodnocení půdy
$< 30 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Většina zemědělských půd, normální intenzita hnojení, minimální zatížení solemi
$30 - 60 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Půdy minerálně bohaté, středně vysoká intenzita hnojení, bez negativních účinků hnojení
$61 - 120 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Půdy s vysokým vyhnojením na minerálně bohatých substrátech, zvýšený obsah solí
$> 120 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Vysoké zatížení půd solemi s možnými negativními účinky na růst rostlin

4.5. Stanovení acidobazické tlumící schopnosti půd

Acidobazická tlumivost (pufrovitost, ústojnost) je schopnost půdy tlumit výkyvy pH. Pro stanovení acidobazické tlumivosti je nejprve potřeba navážít 10 g jemnozeme z odebraného vzorku půdy do předem připravených kádinek. Ty se rozdělí na dvě části. Do jedné části kádinek se pomocí pipety dolévá postupně zvyšující množství 0,1 M HCl a to od 0,5 ml až po 10 ml. Do druhé části se obdobným způsobem dolévá 0,1 M NaOH a to od 0,5 ml po 10 ml. Následně se kádinky doplní roztokem CaCl_2 po rysku značící objem 25 ml. Nakonec změříme pH metrem. Jako standard slouží mořský písek, který se měří stejným postupem. Z naměřených dat sestrojíme acido-bazickou titrační křivku a vypočteme plochu

v alkalické a kyselé oblasti a celkovou plochu. Tlumicí schopnost půdy hodnotíme dle tab. 8. Postup stanovení uvádí Pospíšilová a Vlček (2016).

Tabulka č. 8: Stanovení acidobazické tlumivosti půdy (Martinec, 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 – 36	35 – 48	2
silná	27 – 35	36 – 43	48 – 58	3
velmi silná	> 35	> 43	> 58	

4.6 Stanovení obsahu živin

Stanovení obsahu živin se dotýká převážně živin, jako jsou hořčík, vápník, draslík a fosfor. Jejich obsah byl stanoven metodou Mehlich III. Postup stanovení uvádí Zbíral a kol. (1997). Množství přístupných živin se vyhodnocuje podle následujících tabulek č. 9 - 12. Hodnocení poměru K/Mg je zobrazeno v tabulce č. 13.

Tabulka č. 9: Hodnocení obsahu fosforu (Klement a kol., 2012)

Obsah	Fosfor [mg.kg ⁻¹]
Nízký	do 50
Vyhovující	51 - 80
Dobrý	81 - 115
Vysoký	116 - 185
Velmi vysoký	nad 185

Tabulka č. 10: Hodnocení obsahu draslíku (Klement a kol., 2012)

Obsah	Draslík [mg.kg-1]		
	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda
Nízký	do 100	do 105	do 170
Vyhovující	101 - 160	106 - 170	171 - 260
Dobrý	161 - 275	171 - 310	261 - 350
Vysoký	276 - 380	311 - 420	351 - 510
Velmi vysoký	nad 380	nad 420	nad 510

Tabulka č. 11: Hodnocení obsahu hořčíku (Klement a kol., 2012)

Obsah	Hořčík [mg.kg-1]		
	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda
Nízký	do 80	do 105	do 120
Vyhovující	81 - 135	106 - 160	121 - 220
Dobrý	136 - 200	161 - 265	221 - 330
Vysoký	201 - 285	266 - 330	331 - 460
Velmi vysoký	nad 285	nad 330	nad 460

Tabulka č. 12: Hodnocení obsahu vápníku (Klement a kol., 2012)

Obsah	Vápník [mg.kg-1]		
	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda
Nízký	do 1000	do 1100	do 1700
Vyhovující	1001 - 1800	1101 - 2000	1701 - 3000
Dobrý	1801 - 2800	2001 - 3300	3001 - 4200
Vysoký	2801 - 3700	3301 - 5400	4201 - 6600
Velmi vysoký	nad 3700	nad 5400	nad 6600

Tabulka č. 13: Hodnocení poměru K/Mg (Klement a kol., 2012)

Poměr	Hodnota K/Mg	Hodnocení
Dobrý (D)	do 1,6	Nelze očekávat problémy s výživou hořčíku
Vyhovující (VH)	1,6 - 3,2	Ke hnojení draslíkem je třeba přistupovat opatrně, problémy se mohou vyskytnout především u krmných plodin
Nevyhovující (NHV)	nad 3,2	Jedná se o špatný poměr, který způsobuje nadměrný příjem draslíku - je třeba vypustit draselné hnojení

4.7. Stanovení obsahu humusu

Obecně se stanovuje v půdě celkový obsah organického uhlíku (C_{org}) a to různými metodami (např. titračně, spektrofotometricky, elementární analýza apod.) a jeho množství se přepočítává na humus, jak uvádějí Pospíšilová a Vlček (2015). V této práci byl stanoven obsah C_{org} oxidimetrickou titrací podle Walkley – Blacka (1934) v modifikaci Novák – Pelíšek (In: Jandák a kol., 2009). Postup stanovení je následující: Předem připravená chromsírová směs se smíchá s naváženou zeminou a zahřívá při 120°C. Díky tomu dojde k oxidaci organického uhlíku. Následně se pomocí oxidačně-redukční titrace 0,5 M roztoku Mohrovy soli stanoví nezreagovaný zbytek chromsírové směsi. Výpočet C_{org} % je:

$$C_{org} (\%) = [((10 - c) \times B \times 0,5) \times 0,003 \times 100] / g$$

kde:

- 10 = počet cm^3 dichromanu draselného (0,166 M)
- c = koncentrace roztoku Mohrovy soli (c = 0,5 M)
- B = spotřeba Mohrovy soli při zpětné titraci v cm^3
- 0,003 = předem zvolený faktor
- g = navážka vzorku zeminy (g)

Následně se C_{org} přepočítá na obsah humusu pomocí koeficientu Welte (Sotáková, 1982)

$$Humus (\%) = C_{org} \times 1,724$$

4.8. Stanovení kvality humusových látek

V této bakalářské práci bylo stanoveno frakční složení humusových látek (tj. celkové množství HL, HK a FK) krátkou frakcionací podle Kononové a Bělčikové (1963). Princip spočívá v rozrušování stabilních humátů vápenatých a hořečnatých, případně i humátů železitých a hlinitých pomocí pufrovaného 0,1 M roztoku pyrofosfátu sodného. Následným srážením a rozpouštěním jsou HL děleny na HK a FK. Poměr HK/FK je nejvyužívanějším indikátorem kvality HL (Pospíšilová a Vlček, 2015). Pokud je hodnota HK/FK větší než 2, jedná se o humátní humus, což je humus vysoké kvality. Pohybuje-li se hodnota poměru v rozmezí 2 – 1, jedná se o humus fulvátně – humátní. Pakliže hodnoty oscilují v rozmezí 1 – 0,5, je to typ humusu humátně – fulvátního. Jestli je hodnota poměru HK/FK menší než 0,5,

pak se jedná o humus fulvátní. Dalším ukazatelem kvality je stupeň humifikace. Stupeň humifikace lze spočítat pomocí následujícího vzorce (Sotáková, 1982):

$$\text{Sh (\%)} = \text{HK/C}_{\text{org}} \times 100$$

4.9. Stanovení UV-VIS spekter HL

Stanovování UV-VIS spekter se provádí z toho důvodu, jelikož podle absorbance humusových látek v UV-VIS oblasti spektra se dá určit kvalita těchto látek. Tato metoda je nejvyužívanější spektrofotometrickou metodou. Princip vychází z platnosti Lambert – Beerova zákona o empirickém vztahu mezi intenzitou absorpce monochromatického záření po průchodu květou o určité tloušťce, v níž se nachází měřený roztok dané nebo zjišťované koncentrace. Výpočtem se stanoví tzv. barevný kvocient ($Q_{4/6}$), který se vypočítá jako poměr absorbance při vlnové délce 465/665 nm (Klein, 2012). Zjištěný barevný kvocient a barevné křivky charakterizují kvalitu HL. Pokud jsou hodnoty $Q_{4/6} > 4$, jde o humus málo kvalitní. V takovém humusu se vyskytují mladé, málo humifikované humínové kyseliny s nízkým obsahem aromatických skupin v molekule. Měření UV-VIS spekter bylo provedeno na spektrofotometru Varian Cary 50 Probe, kde barevná křivka byla stanovena v rozmezí 300 – 700 nm. Jeho parametry jsou uvedeny v tabulce č. 14.

Tabulka č. 14: Parametry spektrofotometru Varian Cary 50 Probe

Start nm	700
Stop nm	300
X Mode	nanometry
Y Mode	absorbance
UV-VIS scanovací rychlost (nm/min)	1200
UV-VIS interval měření dat (nm)	1
UV-VIS průměrný čas (sec.)	0,05
Optický režim	dvojitý paprsek
Základní korekční linie	ano
Cyklický režim	ne

5. VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

Pseudoglej glejový (Kameničky) – v průběhu let 2014 až 2016 nedošlo ke změnám v zrnitostním složení a půda obsahovala 31 % jílnatých částic, což podle tabulky č. 4 indikuje, že se jedná o písčitohlinitou, středně těžkou půdu. Výsledky zrnitostního rozboru uvádíme v tab. č. 15.

Tabulka č. 15: Zrnitostní složení

Obsah JČ (%)	kontrola	vápnění
2014	31,00	31,00
2015	31,00	31,00
2016	31,00	31,00

Naměřené hodnoty půdní reakce uvádíme v Tab. 16. Z tabulky vyplývá, že hodnoty aktivní reakce u vápněné půdy jsou vždy vyšší (více než 5). Lze tedy říct, že půda reaguje na vápnění poklesem kyselosti (acidity) a rostou hodnoty pH/H₂O. Rozdíly mezi vápněnou a nevápněnou variantou jsou statisticky neprůkazné.

U výměnné reakce u půdy vápněné se hodnoty pohybovaly nad 4. U nevápněné půdy se hodnoty výměnné reakce pohybovaly pod 4 – viz tab. 16.

Rozdíly u výměnné půdní reakce mezi vápněnou a nevápněnou variantou jsou statisticky průkazné – viz tab. 17.

Tabulka č. 16: Zjištění hodnoty aktivní reakce, výměnné reakce a vodivosti

	pH/H ₂ O	pH/KCl	vodivost
2014 podzim			
PGq - vápněno	5,5	4,25	0,03
PGq - nevápněno	4,8	3,9	0,04
2015			
PGq - vápněno	5,1	4,12	0,04
PGq - nevápněno	4,8	4,0	0,05
2016			
PGq - vápněno	5,5	4,3	0,03
PGq - nevápněno	4,9	3,8	0,04

Tabulka č. 17: Statisticky průkazné rozdíly aktivní a výměnné půdní reakce

Anova: jeden faktor						
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
pH/H ₂ O-vápněno	8	39,55	4,94375	0,0170839		
pH/H ₂ O- nevápněno	8	38,86	4,8575	0,0279071		
<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	0,02975625	1	0,0297563	1,3227625	0,2693644	4,6001099
Všechny výběry	0,3149375	14	0,0224955			
Celkem	0,34469375	15				
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
pH/KCl-vápněno	8	33,18	4,1475	0,0202786		
pH/KCl-nevápněno	8	31,4	3,925	0,0135714		
<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	0,198025	1	0,198025	11,70015	0,0041402	4,60011
Všechny výběry	0,23695	14	0,016925			
Celkem	0,434975	15				

Hodnoty vodivosti dosahovaly ve všech letech u půdy vápněné 0,3 až 0,4 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. U půdy nevápněné hodnoty vodivosti vodního výluhu dosahovaly 0,4 – 0,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Tab. 16). Znamená to tedy, že jak půda vápněná, tak půda, kde vápnění neproběhlo, patří mezi nezasolené půdy a vápnění nemělo výrazný vliv na hodnoty vodivosti.

Stanovení acidobazické tlumicí schopnosti půd neboli pufrovitosti bylo provedeno zvlášť pro vzorky nevápněné a vápněné půdy. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulkách č. 18-21 a křivky acidobazické tlumivosti jsou zobrazeny na obr. 11-14. Vyhodnocení ukázalo, že vápněná půda má tlumicí schopnost v kyselé oblasti 12,13 cm^2 v roce 2015 a 9,6 cm^2 v roce 2016. V roce 2015 tedy byla tlumicí schopnost v kyselé oblasti slabá a v roce 2016 dokonce velmi slabá. V alkalické oblasti má vápněná půda tlumicí schopnost 57,12 cm^2 v roce 2015 a 63,63 cm^2 v roce 2016, což značí velmi silnou tlumivost v alkalické oblasti v obou letech. Celková tlumicí schopnost je 69,25 cm^2 v roce 2015 a 73,23 cm^2 v roce 2016. To znamená, že celková tlumivost byla v obou letech velmi silná.

Nevápněná půda má tlumicí schopnost v kyselé oblasti 11,21 cm^2 v roce 2015 a 12,61 cm^2 v roce 2016. V obou případech se jednalo o slabou tlumivost. V alkalické oblasti má nevápněná půda tlumicí schopnost 62,5 cm^2 v roce 2015 a 63,24 cm^2 v roce 2016, což indikuje

velmi silnou tlumivost v obou letech. Celková tlumící schopnost je 73,71 cm² v roce 2015 a 75,85 cm² v roce 2016. Z toho vyplývá, že celková tlumivost byla v obou letech velmi silná. Vápnění se výrazně na celkové tlumící schopnosti půdy neprojevilo.

Tabulka č. 18: Hodnoty pro vzorek půdy nevápněné z r. 2015

číslo kádinky	přidáno ml		pH půdy	pH mořského písku
	HCl 0,1M	CaCl ₂		
1	0,5	24,5	3,80	2,4
2	1	24	3,64	2,2
3	1,5	23,5	3,53	2
4	2	23	3,46	1,9
5	3	22	3,31	1,7
6	5	20	3,03	1,5
7	7	18	2,79	1,3
8	10	15	2,50	1,1
9	0	25	3,82	5,9
číslo kádinky	NaOH 0,1M	CaCl ₂		
10	0,5	24,5	4,05	9,85
11	1	24	4,20	10,2
12	1,5	23,5	4,24	10,5
13	2	23	4,46	10,7
14	3	22	4,50	11,05
15	5	20	5,03	11,6
16	7	18	5,24	11,8
17	10	15	5,70	12,05

Tabulka č. 19: Hodnoty pro vzorek půdy vápněné z r. 2015

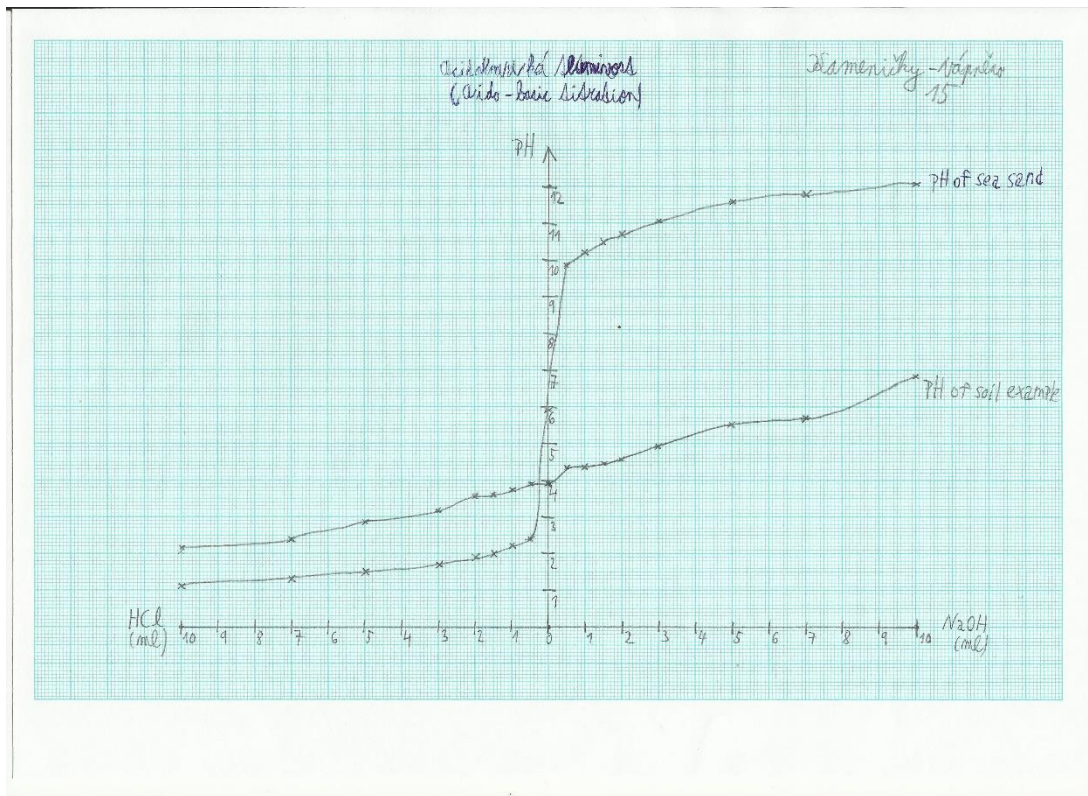
číslo kádinky	přidáno ml		pH půdy	pH mořského písku
	HCl 0,1M	CaCl ₂		
1	0,2	24,5	3,88	2,4
2	1	24	3,73	2,2
3	1,5	23,5	3,62	2
4	2	23	3,54	1,9
5	3	22	3,14	1,7
6	5	20	2,86	1,5
7	7	18	2,42	1,3
8	10	15	2,16	1,1
9	0	25	3,96	5,9
číslo kádinky	NaOH 0,1M	CaCl ₂		
10	0,5	24,5	4,33	9,85
11	1	24	4,36	10,2
12	1,5	23,5	4,43	10,5
13	2	23	4,55	10,7
14	3	22	4,90	11,05
15	5	20	5,50	11,6
16	7	18	5,72	11,8
17	10	15	6,83	12,05

Tabulka č. 20: Hodnoty pro vzorek nevápněné půdy z r. 2016

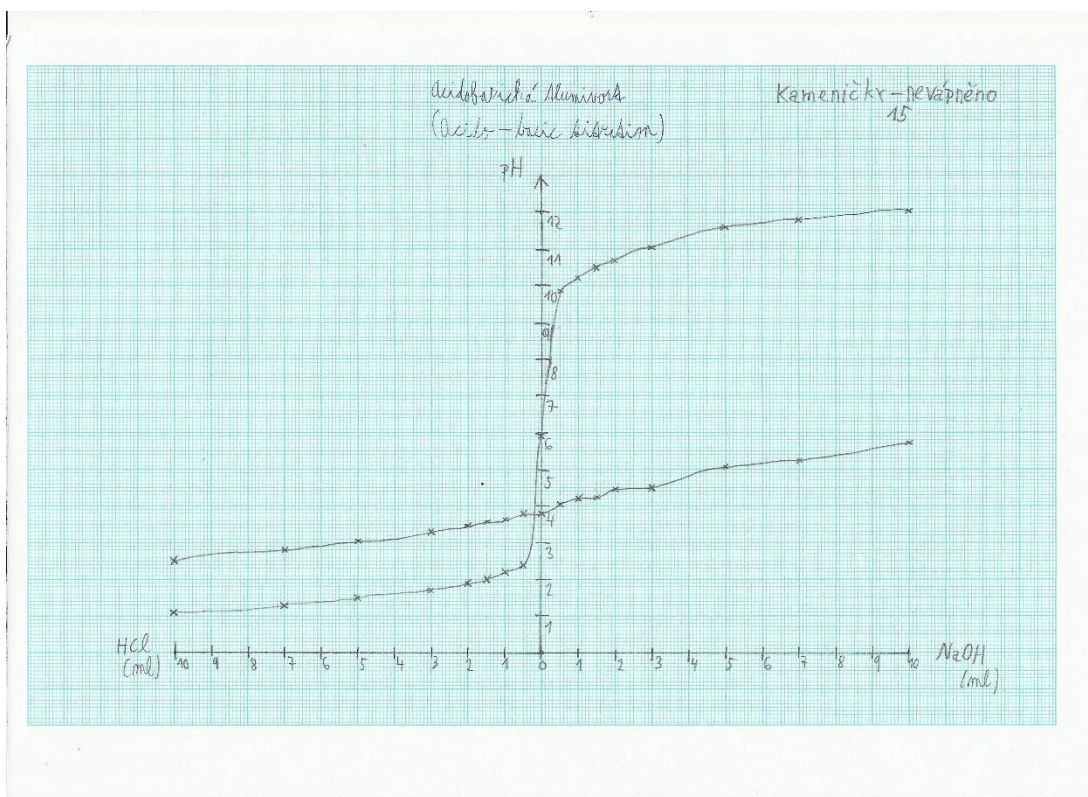
číslo kádinky	přidáno ml		pH půdy	pH mořského písku
	HCl 0,1M	CaCl ₂		
1	0,2	24,5	4,00	2,4
2	1	24	3,73	2,2
3	1,5	23,5	3,60	2
4	2	23	3,35	1,9
5	3	22	2,98	1,7
6	5	20	2,75	1,5
7	7	18	2,41	1,3
8	10	15	1,89	1,1
9	0	25	3,50	5,9
číslo kádinky	NaOH 0,1M	CaCl ₂		
10	0,5	24,5	3,83	9,85
11	1	24	3,90	10,2
12	1,5	23,5	4,08	10,5
13	2	23	4,22	10,7
14	3	22	4,66	11,05
15	5	20	4,98	11,6
16	7	18	5,32	11,8
17	10	15	5,74	12,05

Tabulka č. 21: Hodnoty pro vzorek vápněné půdy z r. 2016

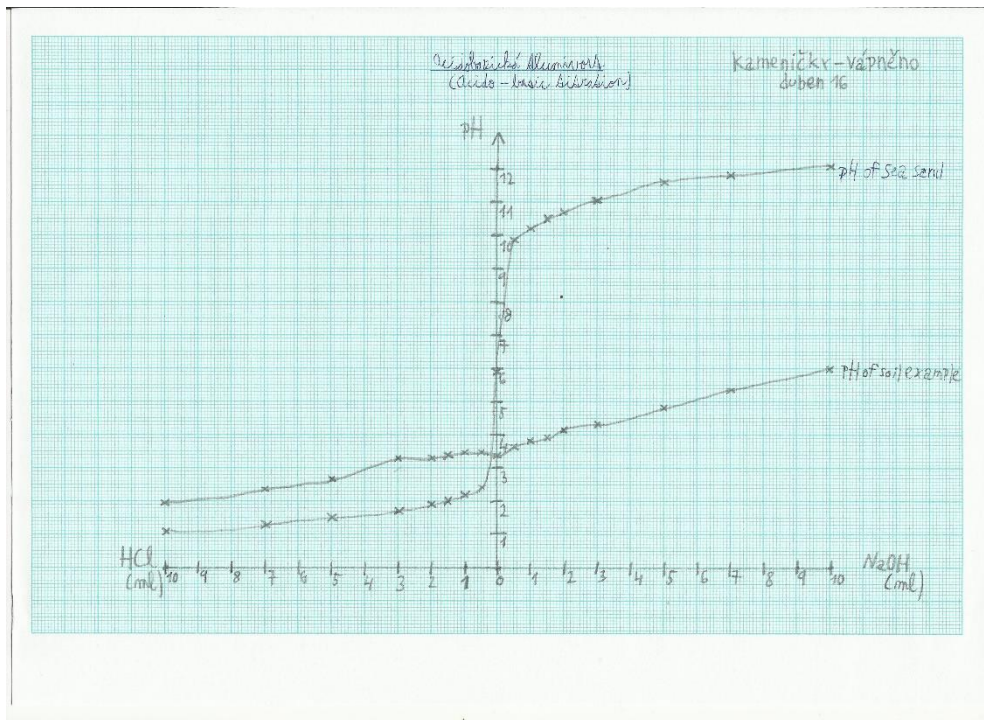
číslo kádinky	přidáno ml		pH půdy	pH mořského písku
	HCl 0,1M	CaCl ₂		
1	0,2	24,5	3,47	2,4
2	1	24	3,43	2,2
3	1,5	23,5	3,35	2
4	2	23	3,30	1,9
5	3	22	3,01	1,7
6	5	20	2,63	1,5
7	7	18	2,35	1,3
8	10	15	1,95	1,1
9	0	25	3,34	5,9
číslo kádinky	NaOH 0,1M	CaCl ₂		
10	0,5	24,5	3,64	9,85
11	1	24	3,82	10,2
12	1,5	23,5	3,90	10,5
13	2	23	4,11	10,7
14	3	22	4,31	11,05
15	5	20	4,82	11,6
16	7	18	5,36	11,8
17	10	15	5,98	12,05



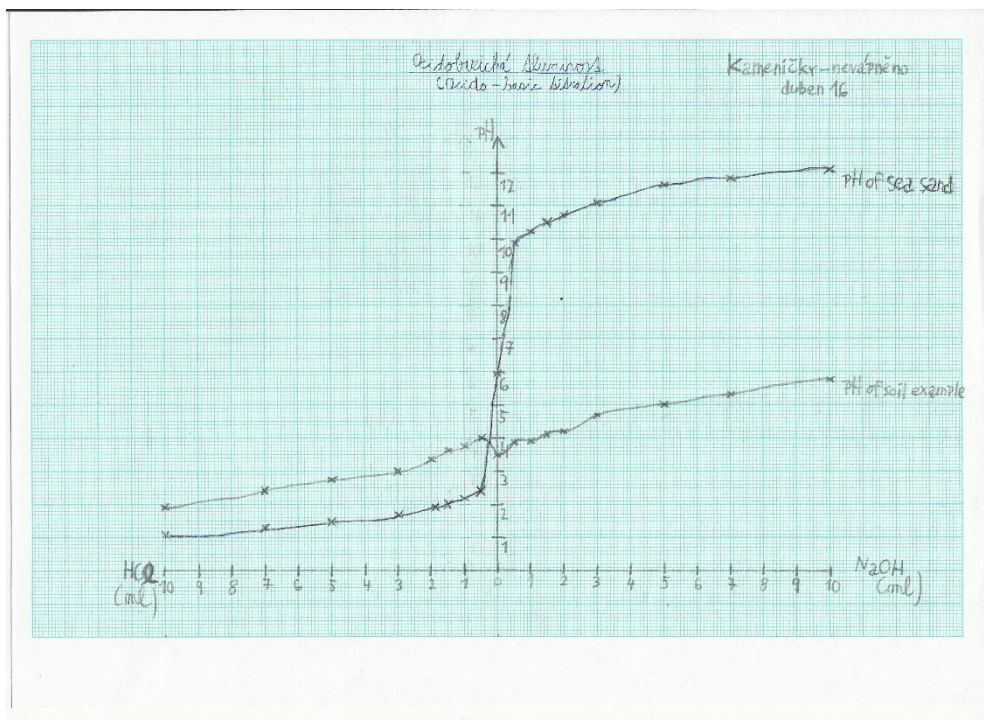
Obrázek č. 11: Křivka acidobazické tlumivosti - vápněno 2015



Obrázek č. 12: Křivka acidobazické tlumivosti - nevápněno 2015



Obrázek č. 13: Křivka acidobazické tlumivosti - vápněno 2016



Obrázek č. 14: Křivka acidobazické tlumivosti - nevápěno 2016

Obsah živin je dán v tabulce 22. Ze zjištěných hodnot vyplývá, že obsah fosforu v nevápněné i vápněné půdě v roce 2014 se držel pod 50 mg/kg, což značí obsah nízký. V roce 2015 vzrostl u vápněné půdy jeho obsah nepatrně, tj. nízký obsah. Vyšší narůst byl u nevápněné půdy a jeho obsah je vyhovující. V roce 2016 byl jeho obsah ve vápněné půdě pouze 41 mg/kg. Na nevápněné půdě ale klesl jeho obsah na 22 mg/kg. Z toho vyplývá, že v tomto roce byl obsah fosforu v obou půdách nízký. Z uvedeného plyne nedostupnost fosforu pro rostliny.

U zjištěných hodnot draslíku v roce 2014, kdy u nevápněné půdy je to 57,1 mg/kg a u vápněné půdy 77,1 mg/kg, tj. nízký obsah (limit je 105 mg/kg pro půdy středně těžké). V roce 2015 obsah K u vápněné půdy poklesl pod 60 mg/kg, kdežto u nevápněné vzrostl nad 80 mg/kg. V roce 2016 obsah K u vápněné půdy vzrostl zpět k hodnotě z roku 2014, konkrétně na 78 mg/kg. Naopak u nevápněné půdy hodnota draslíku mírně poklesla na 81 mg/kg. I tak zůstává obsah K ve zkoumané půdě nízký. Vápnění nemělo vliv na obsah draslíku.

Hodnoty obsahu vápníku v půdě jsou vyhovující u vápněné půdy a nízké u nevápněné. Lze konstatovat pozitivní vliv na obsah vápníku v půdě.

Poslední zkoumanou živinou byl obsah hořčíku v půdě. Jeho mezní hodnota pro půdy střední je hodnota 105 mg/kg a jeho obsah je nízký. Vápnění nemělo vliv na jeho obsah.

Kvůli docházení k deficitu příjmu hořčíku rostlinami, způsobeného vysokým obsahem draslíku je nutné sledovat a udržovat jejich optimální poměr v půdě. Hodnoty poměru K/Mg ve zkoumané půdě jsou uvedeny v tabulce č. 23. Ze zjištěných hodnot vyplývá, že u vápněné půdy hodnoty přesahují 1,6, tudíž můžeme označit poměr K/Mg za vyhovující, což značí, že je potřeba přistupovat opatrně ke hnojení draslíkem, kdy zvláště u krmných plodin může dojít k deficitu příjmu hořčíku. Ovšem je nutno poznamenat, že v roce 2015 byla hodnota 1,6 přesažena jen velmi mírně. U nevápněné půdy se hodnoty pohybují kolem jedné, tudíž můžeme konstatovat, že poměr K/Mg je dobrý a nelze tedy očekávat u plodin problémy s příjmem hořčíku. V roce 2016 poměr K/Mg poklesl u obou půd pod 1,00, tudíž je jeho poměr v půdě dobrý již i u půdy vápněné.

Tabulka č. 22: Stanovení hodnoty obsahu živin v půdě

2014	P	K	Ca	Mg
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
PGq - vápněno	33,2	77,1	1488,0	38,1
PGq - nevápňeno	15,2	57,1	1373,0	63,1
2015				
PGq - vápněno	39,7	59,9	1 523	36,1
PGq - nevápňeno	57,6	84,2	1 100	72,5
2016				
PGq - vápněno	41,0	78,0	nd	109,0
PGq - nevápňeno	22,0	81,0	nd	116,0

Tabulka č. 23: Hodnoty poměru K/Mg ve zkoumané půdě

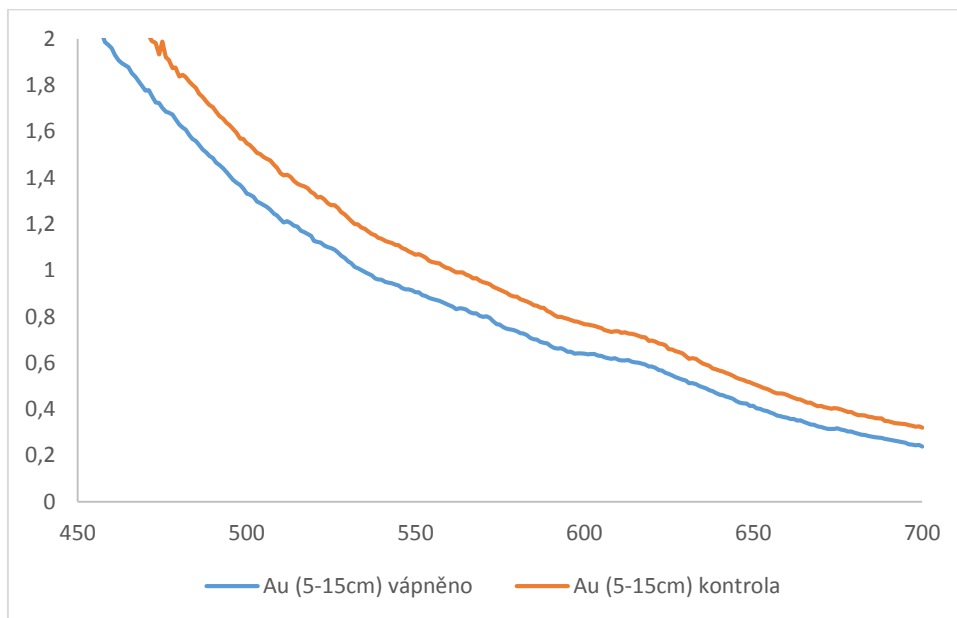
	2014	2015	2016
Pgq - váp.	2,02	1,66	0,72
Pgq. - nev.	0,90	1,16	0,70

Obsah C_{org} - v roce 2014 dosahoval 3,41 % v půdě vápněné a 4,20 % v půdě nevápňené. V roce 2015 u vápněného pseudogleje hodnota C_{org} poklesla na 3,29 %. A u nevápňěného pseudogleje hodnota tohoto indikátoru rovněž poklesla, a to až na 3,96 %. Hodnota C_{org} v roce 2016 se u vápněné půdy dosáhla na 3,23 %. U nevápňěné půdy jsou obsahy C_{org} vždy vyšší. Můžeme to zdůvodnit vyšší mineralizací a rozkladem HL vlivem změny pH. Výsledné hodnoty frakčního složení jsou uvedeny v tabulce č. 24. Z této tabulky vyplývá, že obsah HL klesl v důsledku mineralizace. Vyšší hodnoty obsahu HL jsou na nevápňěné půdě. Na obou variantách je ale jejich kvalita nízká, převládají FK a poměr HK/FK je menší než 1. Stupeň humifikace je vysoký na obou variantách (30 - 40%).

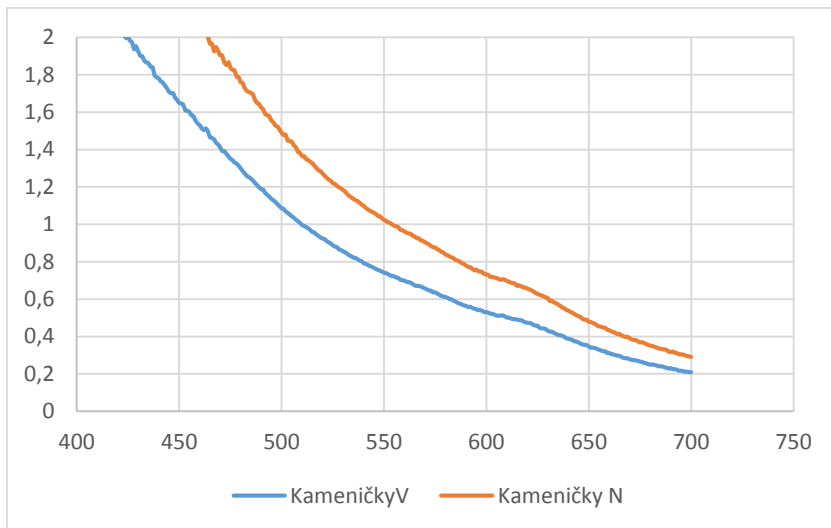
Tabulka č. 24: Stanovení humusových látek v půdě v letech 2014 – 2016

Půdní typ/rok	Corg	HL	HK	FK	HK/FK	Sh
2014	%	g/100g	g/100g	g/100g		%
PGq - vápněno	3,4	1,7	0,8	0,9	0,9	48,8
PGq - nevápněno	4,2	1,7	0,8	1	0,8	49,3
2015						
PGq - vápněno	3,2	0,9	0,4	0,5	0,8	28,1
PGq - nevápněno	4,0	1,6	0,6	1	0,6	45,7
2016						
PGq - vápněno	3,2	1,2	0,5	0,7	0,7	37,5
PGq - nevápněno	4,0	1,6	0,6	1	0,6	44,4

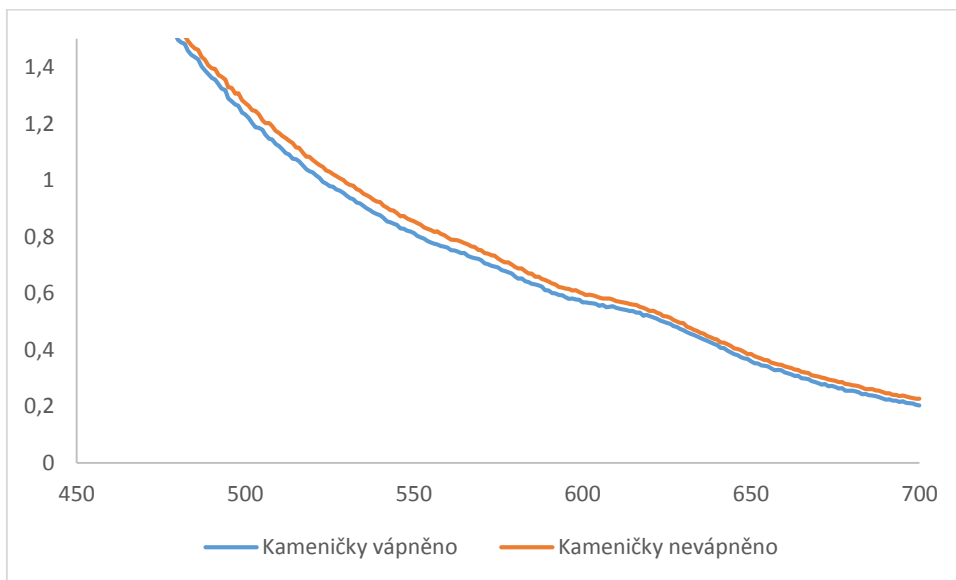
Stanovení UV – VIS spekter HL v průběhu pokusu je dáno na obrázcích č. 15 – 17. Z grafů je patrná nižší absorpance HL na variantě vápněné půdy, což souvisí s nižším obsahem HL. Nevápněné plochy mají vyšší obsah HL a proto mají i vyšší absorpaci v UV-VIS oblasti spektra. Zjištěné výsledky korelují s frakčním složením HL.



Obrázek č. 15: UV – VIS spektra HL u PGq (2014)



Obrázek č. 16: UV - VIS spektra HL u PGq (2015)



Obrázek č. 17: UV - VIS spektra HL u PGq (2016)

6. DISKUZE

Cílem této práce bylo zjistit, jaký bude přínos vápnění kyselých pseudoglejů pod trvalými travními porosty (TTP). Zkoumali jsme, zdali dojde ke zlepšení chemických vlastností, obsahu živin a humusu. Zjistili jsme, že již bezprostředně po povápnění se projevil tzv. *priming efekt*. Značí to, že došlo ke změnám v půdní reakci, obsahu živin, poklesu obsahu humusu a HL a ke zvýšení intenzity mineralizace. Tento jev je podobný jako při konverzi trvalých travních porostů na ornou půdu a popisuje ho více autorů (Gregorich a kol. 1996 a 2001; Pospíšilová a Tesařová, 2009). Proto hodnotíme vápnění kyselých půd pod TTP negativně. Dochází totiž k urychlení mineralizace, destabilizaci půdního prostředí a půdních vlastností. Předpokládá se, že může po přerušení vápnění dojít k ještě výraznějšímu podkyselení pseudoglejů pod TTP a k degradaci půdy. Hodnocené období 2014 – 2016 představuje ale relativně krátký časový interval a uvedené předpoklady a hypotézy vyžadují další podrobnější výzkum.

7. ZÁVĚR

Na základě výsledků výzkumu uvedených v bakalářské práci můžeme formulovat tyto závěry:

- Vápnění kyselých půd (pseudoglej glejový) pod TTP vede k výrazným změnám v chemismu půdy – tzv. *priming efekt* (změny pH, klesá obsah humusu a HL, množství a přístupnost živin).
- Vápnění kyselých půd (pseudoglej glejový) pod TTP vede k urychlení mineralizace a destabilizuje půdní prostředí, což hodnotíme jako negativní proces.
- Vápnění kyselých půd (pseudoglej glejový) pod TTP může vést po ukončení vápnění k extrémnímu poklesu pH a degradaci půdy.

SEZNAM LITERATURY

- CULEK, M. a kol. (1996): *Biogeografické členění České republiky*, ENIGMA, Praha, 347 s.
- GREGORICH, E. G., JANZEN, H. H., (1996): *Storage of carbon in the light fraction and macro-organic matter. In: Structure and organic matter storage in agricultural soils*. Eds. Carter, M. R. and Stewart, B.A CRC Press, Boca Raton, FL, 649-659.
- GREGORICH, E. G., DRURG, C. F., BALDOC, J. A., (2001): *Changes in soil carbon under long-term maize in monoculture and legume – based rotation*, *Canad. J. Soil Sci* 81, 21-31.
- JANDÁK, J., POKORNÝ, E., PRAX, A. (2014): *Půdoznalství*, MENDELU v Brně, Brno, 146 s., ISBN 978-80-7375-445-7
- JANDÁK, J., (2009): *Cvičení z půdoznalství*, MZLU v Brně, Brno, 94 s., ISBN 978-80-7157-733-1
- KLEMENT, V., SMATANOVÁ, M., TRÁVNÍK, K., (2012): *Padesát let agrochemického zkoušení zemědělských půd v České republice*, Brno, ÚKZÚZ, 96 s., ISBN 978-80-7401-062-0
- KONONOVA, M. M., BĚLČIKOVA, N. P. (1963): *Uskorenyj metod opredelenija sostava gumusa mineralnych počv. In: Organičeskoje veščestvo počvy*, MGU. Moskva 234 s.
- MARTINEC, J. (2010): *Návrh klasifikace tlumivé schopnosti půd*, Brno, MENDELU v Brně, 98 s., ISBN 978-80-904594-1-0
- NĚMEČEK, J., SMOLÍKOVÁ, L., KUTÍLEK, M. (1990): *Pedologie a paleopedologie*, Praha, ACADEMIA, 260 s., ISBN 80-200-0153-0
- NĚMEČEK, J. a kol., (2001): *Taxonomický klasifikační systém půd ČR*, ČZU a VÚMOP, Praha, 79 s., ISBN 80-238-8061-6
- NĚMEČEK, J a kol., (2011): *Taxonomický klasifikační systém půd ČR*, vydání 2 upr., ČZU, Praha, 94 s., ISBN 978-80-213-2155-7
- NOVÁK, V. (1953): *Půdoznalství I-III*, SPN, Praha, 341 s.

- POSPÍŠILOVÁ, L., TESAŘOVÁ, M., (2009): *Organický uhlík obhospodařovaných půd: Organic carbon in arable soils*, Brno, MZLU v Brně, 42 s., ISBN 978-80-7375-282-8
- POSPÍŠILOVÁ, L., VLČEK, V., (2015): *Chemické, biologické a fyzikální ukazatele kvality/zdraví půdy*, MENDELU v Brně, Brno, 88 s., ISBN 978-80-7509-244-1
- POSPÍŠILOVÁ, L., VLČEK, V., HYBLER, V., HÁBOVÁ, M., JANDÁK, J., (2016): *Standardní analytické metody a kritéria hodnocení fyzikálních, agrochemických, biologických a hygienických parametrů půd* (2016): *Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeliannae Brunensis IX*, 2016, 3. Brno, 123 s., ISBN 978-80-7375-438-4
- PRAX, A., POKORNÝ, E., (2004): *Klasifikace a ochrana půd*, MZLU v Brně, Brno 176 s., ISBN 80-7157-746-4
- SOTÁKOVÁ, S., (1982): *Organická hmota a úrodnost půdy, Příroda*, Bratislava, 234 s.
- SOTÁKOVÁ, S., (1988): *Pôdoznanectvo, Příroda*, Bratislava, 399 s.
- WALKLEY, A., BLACK, T. A. (1934): *An examination of Degtjarev method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method*, *Soil Sci.* 37: 29-38 s.
- ZAUJEC, A., CHLPÍK, J., NÁDAŠSKÝ, J., SZOMBATHOVÁ, N., TOBIAŠOVÁ, E., (2009): *Pedológia a základy geológie*, SPU, Nitra, ISBN 978-80-552-0207-5
- ZBÍRAL, J., HONSA, I., MALÝ, S. (1997): *Analýza půd III – jednotné pracovní postupy*, ÚKZÚZ, Brno, 150 s.

INTERNETOVÉ ZDROJE

http://klasifikace.pedologie.cz/index.php?action=showKategorieRedakce&id_categoryNode=917

http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/mineralni/cazasady.htm

http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/pudni_reakce.htm

<http://uroda.cz/vyznam-vapneni-ve-vztahu-k-pudni-urodnosti/>

<http://www.obec-kamenicky.cz/index.php?mid=1003&kid=10&lg=cz>

<http://www.irz.cz/node/123>

SEZNAM ZKRATEK

KVK (T) – Kationtová výměnná kapacita

VPS – Výzkumná pícninářská stanice

CHKO – Chráněná krajinná oblast

NPR – Národní přírodní rezervace

HK – Humínové kyseliny

FK – Fulvokyseliny

UV–VIS – ultrafialová-viditelná oblast spektra

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Hodnocení půd podle výměnné sorpční kapacity T	9
Tabulka č. 2: Hodnocení půd podle sorpčního nasycení	9
Tabulka č. 3: Kritéria zhutnění půdy	16
Tabulka č. 4: Klasifikace půdních druhů podle Nováka (1953).....	24
Tabulka č. 5: Hodnocení pH/H ₂ O (Jandák a kol. 2009).....	25
Tabulka č. 6: Hodnocení pH/KCl (Jandák a kol. 2009)	25
Tabulka č. 7: Hodnocení vodivosti výluhu (Pokorný a kol., 2007)	26
Tabulka č. 8: Stanovení acidobazické tlumivosti půdy (Martinec, 2010).....	27
Tabulka č. 9: Hodnocení obsahu fosforu (Klement a kol., 2012)	27
Tabulka č. 10: Hodnocení obsahu draslíku (Klement a kol., 2012).....	27
Tabulka č. 11: Hodnocení obsahu hořčíku (Klement a kol., 2012).....	28
Tabulka č. 12: Hodnocení obsahu vápníku (Klement a kol., 2012).....	28
Tabulka č. 13: Hodnocení poměru K/Mg (Klement a kol., 2012)	28
Tabulka č. 14: Parametry spektrofotometru Varian Cary 50 Probe	30
Tabulka č. 15: Zrnitostní složení	31
Tabulka č. 16: Zjištění hodnoty aktivní reakce, výměnné reakce a vodivosti.....	31
Tabulka č. 17: Statisticky průkazné rozdíly aktivní a výměnné půdní reakce	32
Tabulka č. 18: Hodnoty pro vzorek půdy nevápněné z r. 2015.....	33
Tabulka č. 19: Hodnoty pro vzorek půdy vápněné z r. 2015	34
Tabulka č. 20: Hodnoty pro vzorek nevápněné půdy z r. 2016.....	35
Tabulka č. 21: Hodnoty pro vzorek vápněné půdy z r. 2016	36
Tabulka č. 22: Stanovení hodnoty obsahu živin v půdě.....	40
Tabulka č. 23: Hodnoty poměru K/Mg ve zkoumané půdě	40
Tabulka č. 24: Stanovení humusových látek v půdě v letech 2014 – 2016.....	41

SEZNAM OBR.

Obrázek č. 1: Detail půdního profilu pseudogleje modálního.....	7
Obrázek č. 2: Půdy v ČR podle výměnné půdní reakce určené z Kontroly úrodnosti půd v letech 1993 – 1998 (Richter, 2004)	10
Obrázek č. 3: Vápnění půdy (agrojournal.cz)	15
Obrázek č. 4: Podrývač (agrico-sro.cz)	18
Obrázek č. 5: Dlátování (bednar-machinery.com)	19
Obrázek č. 6: Hloubkové kypření (bednar-machinery.com)	19
Obrázek č. 7: Poloha Kameniček v rámci ČR (mapy.cz).....	22
Obrázek č. 8: Poloha Kameniček v rámci regionu (mapy.cz).....	22
Obrázek č. 9: Detail profilu pseudogleje glejového	23
Obrázek č. 10: Trojúhelníkový diagram (klasifikace.pedologie.cz)	24
Obrázek č. 11: Křivka acidobazické tlumivosti - vápněno 2015.....	37
Obrázek č. 12: Křivka acidobazické tlumivosti - nevápněno 2015.....	37
Obrázek č. 13: Křivka acidobazické tlumivosti - vápněno 2016.....	38
Obrázek č. 14: Křivka acidobazické tlumivosti - nevápněno 2016.....	38
Obrázek č. 15: UV – VIS spektra HL u PGq (2014).....	41
Obrázek č. 16: UV - VIS spektra HL u PGq (2015)	42
Obrázek č. 17: UV - VIS spektra HL u PGq (2016)	42