

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav geologie a pedologie

**Interakce mezi vybranými fyzikálními
a chemickými půdními vlastnostmi v krajinném
měřítku: detailní studie lokality Rudice na
základě cíleného postižení prostorové
heterogenity půdy v krajině**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2016/2017

Tomáš Vichta



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

- Zpracovatel : **Tomáš Vichta**
- Studijní program: Krajinářství
- Obor: Krajinářství
- Konzultant: Doc. Ing. Valerie Vranová, PhD.
- Název tématu: **Interakce mezi vybranými fyzikálními a chemickými půdními vlastnostmi v krajiněm měřítku: detailní studie lokality Rudice na základě cíleného postižení prostorové heterogenity půdy v krajině**
- Rozsah práce: 35 stran textu a 15 stran příloh
- Zásady pro vypracování:



1. Pro respektování krajinného měřítka a priority exaktního postižení prostorové heterogenity půdy v krajině zvolit pro terénní práce studijní plochu Rudice, ŠLP MI Křtiny, s cílem postihnout obecný rámec pro volbu minimálního množství odebíraných půdních vzorků v hloubce 5 cm při tak krajinářsky aktuálním cíli jakým je postižení proměnlivosti půdy v krajině.
2. Plocha Rudice, reprezentující Dražanskou vrchovinu, je zvolena na základě partnerství projektu TAČR "Bezkontaktní monitorování a časoprostorové modelování variability vybraných diferenciacních vlastností půdy", č. TA04020888, program: TA – Podpora aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje „ALFA“.
3. Interakce mezi půdní fyzikou a půdní chemií stran prostorové heterogenity půdy v krajině analyticky zaměřit do šesti oblastí:
 - a) půdní reakce aktivní
 - b) půdní reakce potenciální výměnná
 - c) obsah oxidovatelného uhlíku
 - d) celkový obsah dusíku
 - e) maximální kapilární vodní kapacita
 - f) minimální vzdušná kapacita
4. Interakce mezi půdní fyzikou a půdní chemií stran prostorové heterogenity půdy v krajině místně zaměřit dvojím způsobem:
 - a) dlouhým transektem na obou studijních plochách při vzorkování celkem ze 28 bodů, přičemž vzdálenost mezi jednotlivými body bude činit 3 metry
 - b) plošným detailním vzorkováním studijní plochy, 2 odběrové termíny, cca 30 odběrových bodů, každý specifikovaný GPS souřadnicemi, tvořícími pravidelnou síť. Jak na transektech, tak při vzorkování v ploše budou zachyceny lesní ekosystémy, travní ekosystémy a ekotony mezi nimi. Dané vzorkování bude provedeno na jaře a na podzim, duben a říjen.
5. Vyhodnotit získané výsledky z krajinářského hlediska: zaměřit se na postižení vazby mezi půdní fyzikou (MKVK a MinVK) a půdní chemií (Cox, Nt, půdní reakce) a charakterem využívání daného pozemku.

Seznam odborné literatury:

1. *An introduction to landscape*. Farnham [u.a.]: Ashgate, 2011. 309 s. ISBN 978-1-4094-0385-2.
2. HEJÁTKOVÁ, K. – DVORSKÝ, J. – KOTOVICOVÁ, J. *Udržitelnost hospodaření v krajině*. 12. 4. 2012, Náměšť nad Oslavou (CZ).
3. LAL, R. *Management of Carbon Sequestration in Soil*. Boca Raton: CRC Press, 1998. 457 s. *Advances in Soil Science*. ISBN 0-8493-7442-1.
4. KILIANOVÁ, H. a kol. *Ekotony v současné krajině: analýza a modelování ekotonů v povodí Trkmanky*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. 167 s. ISBN 978-80-244-2473-6.
5. *Půda v průmyslové krajině – 13. pedologické dny – sborník*. 1. vyd. Olomouc: Česká pedologická společnost, Univerzita Palackého v Olomouci, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2009. ISBN 978-80-87371-00-8.
6. REJŠEK, K. – HOUŠKA, J. *Pedologické dny 2001 "půda, její funkce, vlastnosti a taxonomie v zemědělské a lesní krajině"*. Brno: ČPS, 2001. ISBN 80-7157-526-7.
7. VACEK, J. – ULRICHOVÁ, J. – KLEJDUS, B. – ŠIMÁNEK, V. Analytical methods and strategies in the study of plant polyphenolics in clinical samples. *Analytical Methods*. 2010. sv. 6, č. 2, s. 604–613. ISSN 1759-9660.
8. VIČANOVÁ, M. – ŠTASTNÁ, M. Monitorování vlhkostních změn půdy v zemědělské krajině. In LAPIN, M. – MATEJKA, F. *Bioclimatology and Water In The Land*. Strečno: FMFI, Comenius University Bratislava, 2006, s. 88. ISBN 80-89186-12-2.

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: květen 2017

L. S.

Tomáš Vichta
Autor práce



doc. Mgr. Jindřich Kynický, Ph.D.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Klement Rejšek, CSc.
Vedoucí práce



doc. Ing. Radomír Klvač, Ph.D.
Děkan LDF MENDELU



Čestné prohlášení:

*Prohlašuji, že jsem práci: **Interakce mezi vybranými fyzikálními a chemickými půdními vlastnostmi v krajinném měřítku: detailní studie lokality Rudice na základě cíleného postížení prostorové heterogenity půdy v krajině** zpracoval/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 a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách) ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.*

Jsem si vědom/a, 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: 30. 4. 2017

Tomáš Vichta

.....

Podělování:

V první řadě bych chtěl poděkovat panu profesorovi Ing. Klementu Rejškovi, CSc. za expertní vedení mé práce a poskytnutí možnosti aktivně se účastnit projektu TAČR: *"Bezkontaktní monitorování a časoprostorové modelování variability vybraných diferenciacních vlastností půdy"*, č. TA04020888, program: TA – Podpora aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje „ALFA“, načež tato práce má být jedním z mnoha výstupů daného projektu. Také bych chtěl poděkovat paní docentce Ing. Valerii Vranové, Ph.D. za odborné konzultace. Můj dík rovněž patří i inženýrce Soně Kočvarové, inženýrovi Karlu Maroszovi a inženýrovi Ladislavu Holíkovi za specializovanou pomoc při odběrech vzorků v terénu a laboratorních analýzách.

Na závěr bych chtěl též ještě poděkovat svým blízkým za oporu a trpělivost v průběhu mých dosavadních bakalářských studií.

Abstrakt:

V této bakalářské práci jsou hodnoceny vybrané interagující fyzikální a chemické vlastnosti půd dvou základních ekosystémů (lesní ekosystém a ekosystém trvalého travního porostu) a jejich ekotonu. Konkrétně, ze zjišťovaných půdních vlastností, byla stanovena půdní reakce aktivní, půdní reakce potenciální výměnná, uhlík oxidovatelný, celkový dusík, maximální kapilární vodní kapacita a minimální vzdušná kapacita. Pro průzkum byla zvolena heterogenní výzkumná plocha Rudice na ŠLP Ml Křtiny, oblast Dražanská vrchovina. V práci byla využita získaná data z jara 2016 (duben), která byla poté srovnána s daty z podzimu 2016 (říjen), přičemž i následně mezi sebou, a to z fyzikálně-chemického hlediska. Bylo zjištěno, že mezi některými půdními vlastnostmi došlo ke změně hodnot v rámci dvou vzorkovacích termínů a také bylo prokázáno i určitých korelačních vztahů mezi vybranými půdními vlastnostmi v ekosystému TTP.

Klíčová slova: půdní reakce aktivní, půdní reakce potenciální výměnná, uhlík oxidovatelný, celkový dusík, maximální kapilární vodní kapacita, minimální vzdušná kapacita, lesní ekosystém, ekoton, ekosystém trvalého travního porostu

Abstract:

In this bachelor thesis are assessed specified interacting physical and chemical soil properties of two main ecosystems (forest ecosystem, permanent grassland ecosystem) and their ecotone. Specifically, the detected soil properties, was determined by active soil reaction, soil reaction potential exchangeable, oxidizable carbon, total nitrogen, maximum capillary water capacity and minimum air capacity. For researches were chosen heterogeneous research area Rudice at TFE Křtiny Ml, the region of the Dražanska highland. In the work was used data obtained from spring 2016 (April), which has been then compared with data from autumn 2016 (October) and subsequently with each other, from physico-chemical point of view. Has been found that between some soil properties there was a change of values in two sampling dates and has been proved some certain correlation relationships between specified soil properties in permanent grassland ecosystem.

Klíčová slova: active soil reaction, soil reaction potential exchangeable, oxidizable carbon, total nitrogen, maximum capillary water capacity, minimum air capacity, forest ecosystem, ecotone, permanent grassland ecosystem

Obsah

1. ÚVOD	11
2. CÍL PRÁCE	11
3. TEORETICKÉ ZÁKLADY	12
3.1 Řešené půdní vlastnosti	12
3.1.1 Půdní reakce.....	12
3.1.2 Uhlík v půdě.....	16
3.1.3 Dusík v půdě	19
3.1.4 Poměr C:N	20
3.1.5 Voda v půdě	21
3.1.6 Vzduch v půdě	23
3.2 Dotčené ekosystémy půd výzkumem	25
3.2.1 Lesní ekosystém.....	25
3.2.2 Ekoton	26
3.2.3 Ekosystém trvalého travního porostu	26
3.3 Výzkumná plocha Rudice	27
3.3.1 Lokalizace – plocha Rudice	27
3.3.2 Přírodní poměry – plocha Rudice	27
4. METODY	34
4.1 Metodika terénních odběrů vzorků	34
4.1.1 Pomůcky	34
4.1.2 Postup prací v terénu.....	34
4.2 Metodika jednotlivých laboratorních analýz	35
4.2.1 Stanovení půdní reakce aktivní a půdní reakce potenciální výměnné	35
4.2.2 Stanovení obsahu Cox, Ctot a Ntot metodou NIRS.....	37
4.2.3 Stanovení vybraných fyzikálních vlastností půd	38
4.3 Využití statistické veličiny a metody	41
5. VÝSLEDKY A DISKUZE	42
5.1 Půdní reakce.....	43
5.1.1 Transekt	43
5.1.2 Bodové pole na TTP	45
5.2 Uhlík oxidovatelný (C _{ox})	47
5.2.1 Transekt	47

5.2.2	Bodové pole na TTP	48
5.3	Celkový dusík (N_{tot}).....	49
5.3.1	Transekt	49
5.3.2	Bodové pole na TTP	50
5.4	Maximální kapilární vodní kapacita (Θ_{MKK})	51
5.4.1	Transekt	51
5.4.2	Bodové pole na TTP	52
5.5	Minimální vzdušná kapacita (A_{MKK})	53
5.5.1	Transekt	53
5.5.2	Bodové pole na TTP	54
5.6	Statistické vyjádření řešených půdních vlastností	55
5.7	Celkové závěrečné diskuzní zhodnocení zjišťovaných půdních vlastností	59
5.7.1	Lesní ekosystém.....	59
5.7.2	Ekoton.....	60
5.7.3	Ekosystém trvalého travního porostu	61
6.	VYUŽITELNOST ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ	62
7.	ZÁVĚR	63
8.	SUMMARY.....	64
9.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	66
9.1	Knihy, články, právní úpravy a normy	66
9.2	Internetové a CD-ROM prameny	68
9.3	Ústní a písemná sdělení	70
9.4	Převzaté obrázky.....	70
10.	SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ	71
10.1	Tabulky	71
10.2	Obrázky.....	72
11.	PŘÍLOHY	73

Seznam použitých zkratk:

A_{MKK}	Minimální vzdušná kapacita
BPEJ	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
C_{ox}	Uhlík oxidovatelný
C_{tot}	Uhlík celkový
CHKO	Chráněná krajinná oblast
GPS	Global Positioning System (Globální polohový systém)
NPP	Národní přírodní památka
N_{tot}	Dusík celkový
pH_{H_2O}	Půdní reakce aktivní
pH_{KCl}	Půdní reakce potenciální výměnná
ŠLP Ml Křtiny	Školní lesní podnik „Masarykův les“ Křtiny
SLT	Soubor lesních typů
STG	Skupina typů geobiocénů
TAČR	Technologická agentura České republiky
TFE Krtiny	Training Forest Enterprise Krtiny
TTP	Trvalý travní porost
ÚGP LDF	Ústav geologie a pedologie na Lesnické a dřevařské fakultě
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
ÚHUL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem
ÚSES	Územní systém ekologické stability
θ_{MKK}	Maximální kapilární vodní kapacita

1. ÚVOD

Půda je bezesporu jedním z hlavních zdrojů, který nás provází. Poskytuje jednotlivci, ať přímo nebo nepřímo, obživu a další základní potřeby, na půdě jsou přímo závislé i celé civilizace (Šarapatka, 2014). Nicméně půda není tak přesně definovatelný a ohraničený pojem, jako jsou například jednotlivé rostliny, živočichové nebo krystaly minerálů. Její tvorba a vývoj je pozvolný a tím i její ohraničení např. ve vztahu k matečné hornině, převládající biocenóze nebude jednoznačné a často bude záviset na definici, kterou pro vymezení pojmu půda použijeme (Klimo, 1990).

Proto tato bakalářská práce, kvůli obsáhlosti a kontextu jednotlivých tematických okruhů, se snaží být koncipována tak, aby rovnoměrně jednoznačně postihla základní charakteristiky, souvislosti a vazby mezi vybranými půdními vlastnostmi, a to hlavně z hlediska soudobé krajiny.

2. CÍL PRÁCE

Cílem práce je exaktní postižení celkové prostorové heterogenity půdy v signifikantní krajině Dražanské vrchoviny na ŠLP „Masarykův les“ Křtiny, konkrétně v oblasti Rudického propadání. V práci budou hodnoceny jednotlivě získané analytické výsledky zkoumaných fyzikálních a chemických vlastností půd výzkumné plochy Rudice, a to z cíleně provedených komplexních odběrů v rámci dvou vzorkovacích termínů, jaro (duben) 2016 a podzim (říjen) 2016. Výsledky budou poté porovnávány jak mezi sebou, tak i s aktuálním hospodářským využitím dotčených pozemků (lesní pozemky a TTP). Na závěr budou získané výstupy mezi sebou konfrontovány z fyzikálně-chemického hlediska, tak aby byla prokázána určitá interakční souvztažnost mezi jednotlivými půdními vlastnostmi, což je jeden z primárních cílů této studie. Součástí práce je i vytvoření určitého uceleného teoretického a praktického nadhledu, který má určit minimální exaktně vyjádřitelný počet půdních vzorků na plochu, pro jednotlivé půdní vlastnosti studijní lokality, jež lze poté využít v projektu TAČR.

3. TEORETICKÉ ZÁKLADY

3.1 Řešené půdní vlastnosti

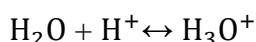
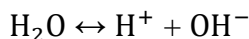
3.1.1 Půdní reakce

3.1.1.1 *Koncept půdní reakce*

Reakce půdy, respektive půdního roztoku, je jednou z nejdůležitějších chemicko-fyzikálních charakteristik půdy (Šimek, 2003a; Vavříček a Kučera, 2014).

Koncept půdní reakce lze definovat kombinací teorií od Arrheniuse a Brønsted-Lowra, jenž jsou navzájem provázány, a to podle charakteristik kyselin a bází v půdě.

Teorie od Arrheniuse vymezila aciditu jako množství volných vodíkových iontů H^+ v půdní prostředí, nicméně volné vodíkové ionty nemůžou samostatně existovat, proto jsou formovány do substancí H_3O^+ , které se můžou snadno disociovat v rámci chemických reakcí. Bazicitu v pojetí dané teorie lze charakterizovat danými hydroxidovými sloučeninami, které jsou schopny se též disociovat, ale do hydroxidových iontů (OH^-). Pro představu znázornění disociačních reakcí (Tan, 2010):



Uvedená teorie je pouze definovatelná pro sloučeniny kyselin, protože jsou omezovány danými hydroxidovými skupinami, na rozdíl od některých organických substancí.

Druhý koncept od Brønsted-Lowra vymezil aciditu sloučeninou, která je schopna darovat proton (*protonový donor*), a rovněž druhou sloučeninou, která je schopna daný proton přijmout – báze (*protonový akceptor*). Tento acido-bazický koncept je často uznáván jako **protonový koncept** (Tan, 2010).

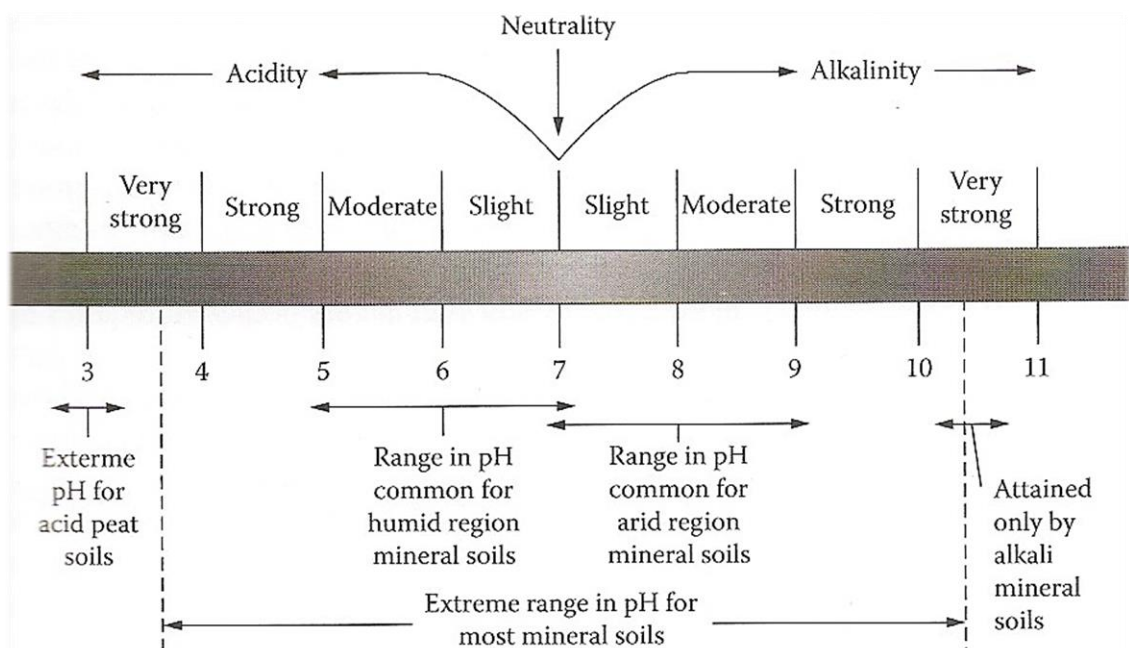
Danou teorii lze například aplikovat na chemickou reakci mezi amoniakem (NH_3), jenž se chová jako báze, a amonným iontem (NH_4^+), který oproti tomu reaguje jako kyselina (Tan, 2010).

Poté tyto definované koncepty, podle specifické situace v půdě, nám právě diferencují koncentraci iontů H^+ a OH^- v půdním roztoku, přičemž se rozlišují tři základní situace reakce (Tan, 2010):

- reakce neutrální – koncentrace iontů H^+ a OH^- je stejná
- reakce kyselá – koncentrace iontů H^+ je vyšší než iontů OH^-
- reakce alkalická – koncentrace iontů H^+ je nižší než iontů OH^-

Vzhledem k tomu, že zobrazený výklad půdní reakce je obtížně vyjádřitelný v konkrétním prostředí, tak proto již roku 1909 dánský chemik Sørensen definoval vodíkový index pH jako záporný logaritmus koncentrace vodíkových iontů, který vystihuje všeobecně uznávaná logaritmická pH stupnice od 0–14, kdy hodnota pH 7 je reakce neutrální $pH = 7$ ($pH = \log_{10} -7$), $pH < 7$ je reakce kyselá a $pH > 7$ je reakce alkalická (Tan, 2010).

Zmíněná obecná definice je sice dostačující, ale vzhledem k tomu, že problematika půdní reakce pedosféry je ve své podstatě značně specifická, tak je vždy lepší využít, pro kontext informací, do určité míry modifikované pH stupnice, a to například podle tohoto věcného vyobrazení:



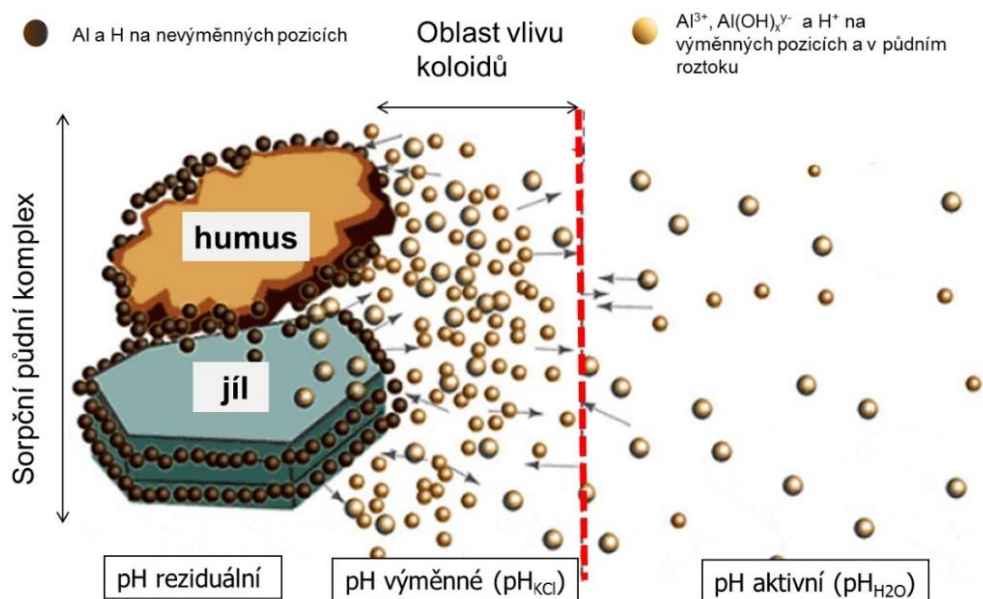
Obr. 1 – Rozsah půdního pH a půdních reakčních tříd (Tan, 2010)

3.1.1.2 Půdní reakce aktivní, výměnná a reziduální

Dalším podstatným pojetím půdní reakce je koncept druhu či typu půdní reakce. Podstatnost je především v tom, že dané druhy půdních reakcí se úzce vážou k samotnému sorpčnímu půdnímu komplexu (obr. 2), přičemž nám vzniká vztah, který podmiňuje značnou část samotných energomateriálových toků v prostředí pedosféry.

Rozeznáváme tři základní druhy půdní reakce: aktivní, výměnná a reziduální. Aktivní reakce je způsobena výskytem volných iontů H^+ , Al^{3+} a Fe^{3+} v půdním roztoku. Aktivní reakce se nejčastěji měří ve vodném výluhu půdy, označuje se tedy pH_{H_2O} . Výměnná reakce souvisí se zvýšeným výskytem výměnných iontů H^+ a Al^{3+} a v menší míře i iontů Fe^{3+} v kyselých půdách. Tyto ionty mohou být uvolněny z výměnných míst koloidů působením roztoku neutrální soli, např. KCl (Šimek, 2003a).

Výměnná reakce se měří například stanovením pH výluhu půdy v 1M KCl nebo 1M $CaCl_2$ a označuje se pak jako pH_{KCl} nebo pH_{CaCl_2} . Výměnná acidita je vždy nižší než pH_{H_2O} , neboť zahrnuje jak volné ionty H^+ , tak ionty výměnné. Zbytek (většina) acidity v půdě pak připadá na ionty H^+ a Al vázané v nevýměnných formách v půdních koloidech, tedy v reziduální aciditě. Protože je takto vázána většina iontů H^+ a Al v půdě, je reziduální acidita v hodnotě pH nejnižší (Šimek, 2003a).



Obr. 2 – Vztah mezi reakcí reziduální, výměnnou a aktivní a též koncept pufrovitosti (Šantrůčková, 2014)

3.1.1.3 *Dynamika půdní reakce*

Změna pH v půdním prostředí je přirozeným pochodem jakékoli geneze pedosféry a výrazně ovlivňuje jednotlivé dotčené ekosystémy. V prostředí **humidního klimatu** dochází k obvyklému okyselování dané půdy. Způsobené především vymíláním bazických kationtů Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ a Na^+ z povrchových vrstev půdy, přičemž i dochází k nahrazování jejich výměnných míst na koloidech ionty H^+ a Al^{3+} (Šimek, 2003a). Tento dopad má právě i vliv na samotnou přístupnost živin pro rostlinný růst. Například při pH nižším než 6 už jsou ve výrazném deficitu prvky Ca, Mg a K, avšak při velmi výrazně nízké aciditě začínají být přístupné ve velké kvantitě prvky Al, Fe a Mn, které ale působí na rostliny toxicky (Tan, 2010).

Opačným procesem je alkalizace půdy ($\text{pH} > 7$). Dochází k ní především v **semiaridních** a **aridních oblastech**, kde v půdním prostředí ve větší míře přirozeně vznikají hydroxidové sloučeniny z prvků Al, Fe a Mn, které mají bazickou povahu. Má to i za následek, že dojde k výraznému snížení přístupnosti mikroprvků Fe, Mn, Cu a Zn pro výživu rostlin (Tan, 2010).

Závěrečně je možno konstatovat, že optimální přístupnosti živin dosahují půdy s rozmezím hodnot půdní reakce mezi pH 7 až 6 (Tan, 2010).

Mimo klimatu, dalším významným činitelem, který ovlivňuje hodnotu pH, je samotný **kořenový systém** jednotlivých rostliny. Prvotně dodává ionty H^+ a OH^- do půdního prostředí při příjmu živin, přičemž si přizpůsobuje pH rhizosféry tak, aby mohl efektivně přijímat živiny. Dále zvyšuje díky respiraci podíl CO_2 , který se často syntetizuje v alkalický CaCO_3 . Současně kořenový systém podmiňuje půdní prostředí pro rozvoj **půdního edafonu**, který ovlivňuje svými respiračními a dekompozičními procesy aciditu půdy. Ve zbývajícím případě jsou to samotné kořeny, které produkují značné množství biomasy v pedosféře, jenž se z větší části humifikuje či mineralizuje. Těž možným činitelem, jenž upravuje pH, je i **atmosférický spad**, který skýtá sírany (SO_4^+), dusičnany (NO_3^-) a amoniaky (NH_4^+) (Šantrůčková, 2014; Vavříček a Kučera, 2014).

Posledním velice důležitým faktorem je i samotný **půdotvorný matrix**, který při zvětrávání hornin, především alumosilikátů a pyritů, nabízí řadu jednotlivých minerálních prvků (H, Al, S, Ca a Mg), které svým působením výrazně ovlivňují zmíněné pH půdy.

3.1.1.4 *Pufrovitost půdy*

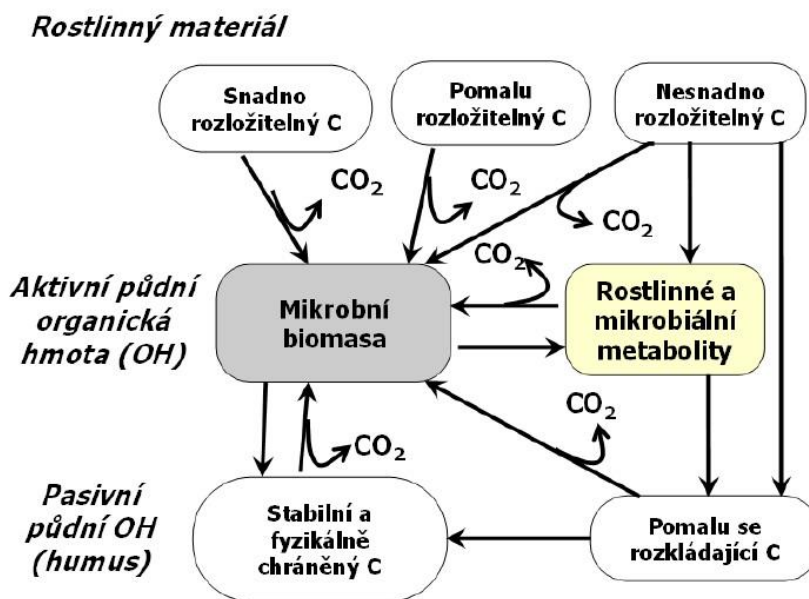
Pufrovitost je schopnost půdy odolávat změnám pH půdního roztoku. Tato vlastnost je zapříčiněna existencí rovnováhy mezi aktivní, výměnnou a reziduální aciditou (obr. 2) (Šimek, 2003a). Hlavní roli zde hrají jednotlivé aktivní ionty H^+ , které přechází mezi reakcí aktivní, potenciální a reziduální. Vysokou odolnost vůči změnám pH zajišťují půdy s vysoce nasyceným půdním sorp. komplexem a s bazickou povahou. Například půdy jílovité s vysokým podílem organické hmoty jsou schopny odolat více jak 50 až 100krát intenzivnějším změnám půdní reakce než půdy písčité (Tan, 2010).

3.1.2 Uhlík v půdě

3.1.2.1 *Koncept uhlíku v půdě a jeho transformace*

Uhlík je základní složkou veškeré organické hmoty (Šimek, 2003a), přičemž půdní organická hmota představuje jeho největší světovou zásobu v terestrických ekosystémech. Zásoba organického půdního uhlíku je více jak dvakrát větší než zásoba v atmosféře nebo v rostlinné biomase (Šantrůčková, 2014).

Hlavním zdrojem uhlíku v půdní organické hmotě jsou rostliny, **primární producenti**. Organická hmota, která vstupuje do půdy ve formě rostlinných zbytků a kořenových exsudátů, je téměř okamžitě využita organismy jako potrava. Mezi prvními jsou rozkládány snadno rozložitelné cukry a aminokyseliny. Po několika dnech, kdy jsou látky rozloženy, se rozklad zpomalí a v průběhu několika měsíců a let se rozkládají hůře rozložitelné celulózy a hemicelulózy. Nejpomaleji se rozkládají nespodně rozložitelné ligniny a fenologické látky, které se v půdě mohou reziduálně vyskytovat až několik desítek let. Půdní organismy (**aktivní půdní organická hmota**) jednotlivé substance částečně přemění na mineralizovaný CO_2 při tvorbě energie a zčásti je zabudují do vlastních těl, nebo vyloučí ve formě exkrementů či jiných výstupů metabolismu. Vznikající organická hmota může být znovu spotřebována dalšími dekompozitory (Šantrůčková, 2014; Šimek, 2003b) při procesu imobilizace a mineralizace, nebo může dojít k takzvané humifikaci (resyntéza a polymerace organické hmoty), při které vznikají relativně stabilní humusové látky (**pasivní půdní organická hmota**), jež jsou podstatou úrodnosti půdy.



Obr. 3 – Koloběh uhlíku v půdě (Šantrůčková, 2014)

Dalšími zdroji uhlíku může být též i organická hmota, ale jednotlivých živočichů (konzumenti a dekompozitoři), nebo CO_2 z atmosféry či procesu zvětrávání kontaktních uhličitánů.

3.1.2.2 *Formy uhlíku v půdě*

3.1.2.2.1 **Organické formy uhlíku**

V současném pojetí organického uhlíku v půdě je mnoho rozdílných pohledů nad zmíněnou problematikou, nicméně dle jistého konceptu je možno organický uhlík klasifikovat do třech základních uznávaných tříd (Pospíšilová a Tesařová, 2009):

- Volný uhlík
- Stabilní uhlík
- Aktivní uhlík

3.1.2.2.1.1 **Volný uhlík**

Jedná se o tu část uhlíků, která není vázaná na žádné minerály a není asociovaná s minerálními agregáty. Dosud není přesně zjištěno a stanoveno, jak a kde se volný uhlík v prostředí půdy tvoří a především hromadí. Protože jde o formu inertního uhlíku, uplatňuje se právě nejvíce v globálním koloběhu uhlíku (Pospíšilová a Tesařová, 2009).

3.1.2.2.1.2 Stabilní uhlík

Je charakteristický pro organické látky, u kterých lze snadno zjistit dané kvantitativní a kvalitativní veličiny, a to při jednotlivých laboratorních analýzách. Je považován za formu inertního uhlíku, který se příliš neúčastní mineralizačních procesů a jeho obsah v půdě má přímou závislost na organické a minerální složce půdy. Je typický pro specifické humusové látky a výrazně koreluje s obsahem jílových částic v půdě (Pospíšilová a Tesařová; 2009).

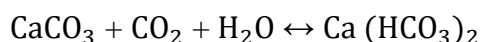
3.1.2.2.1.3 Aktivní uhlík

Aktivní uhlík často bývá označován i jako uhlík labilní nebo lehce rozložitelný, či lehce metamorfozovaný. Jedná se o organický uhlík v půdě, jenž je lehce oxidovatelný a lehce mikrobiálně rozložitelný, proto má přímý vliv na uvolňování živin z organické hmoty a rovněž i na transformační procesy organických hmot. Sice koncept aktivního uhlíku není zcela znám, ale je dostatečně prokázáno, že je součástí komplexních organických látek, tzv. kovových komplexů (cheláty), na které se vážou uhlovodíky, proteiny, amidy, hydroxylové a karboxylové sloučeniny (Pospíšilová a Tesařová, 2009; Johns et. al., 1994; Liang et. al., 1998). Dále bylo i dokázáno, že jeho kvantita v půdním prostředí úzce souvisí s obhospodařením půdy a veškeré transformace daného uhlíku probíhají velice pomalu, a to někdy i více jak 50 let (Korshens, 1996; Schulz et. al., 1998).

Většinu zmíněných substancí organických uhlíků v půdě lze charakterizovat jako formy, které jsou zjistitelné oxidačními analýzami, spektrofotometrií a NIR metodou, proto jsou často označovány jako C_{ox} .

3.1.2.2.2 Anorganické formy uhlíku

Vzhledem k tomu, že půdy výzkumné plochy se nachází na bazickém matrixu, je též nutné si, pro kontext informací, i definovat anorganické formy uhlíku. V půdě se primárně vyskytují ve formě uhličitánů, které jsou výraznou složkou minerální síly půdy. Převládajícím uhličitánem v půdním prostředí je uhličitán vápenatý $CaCO_3$. Zapříčiněno především tím, že jeho rozpustnost ve vodě se značně zvětšuje, je-li ve vodě přítomný kyslík uhličitý (Kettner, 1957), ale též má na to vliv i jeho hojnost v půdotvorných substrátech. Za těchto podmínek se tvoří kyselý uhličitán vápenatý podle rovnice:



Kyselý uhličitan vápenatý je snáze rozpustný než normální CaCO_3 (Kettner, 1957), avšak při sebemenších změnách tlaku, teploty a koncentrace v půdním roztoku se vysráží zpět v CaCO_3 , a to často v tzv. novotvary – například cicváry.

Podobně jako uhličitan vápenatý se může někdy v půdě vyskytovat akcesorní uhličitan hořečnatý, který se spíše nachází v oblastech s dolomitem $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Jeho vznik je stále nedořešený, ale s největší pravděpodobností v půdním roztoku vzniká při částečné či úplné chemické záměně mezi Ca a Mg. Místo snáze rozpustného CaCO_3 vzniká těžko rozpustný MgCO_3 (Kettner, 1957).

Dalším důležitým uhličitanem v půdě může být i FeCO_3 (*siderit*, *ocelek*) ve vodném roztoku, avšak ten snadno oxiduje na FeOH_3 (*limonit*) (Kettner, 1957), proto není až tak běžný v půdách. Může ho ještě doplňovat podobný stopový uhličitan manganatý MnCO_3 .

Posledním a možným uhličitanem v půdě je uhličitan sodný NaCO_3 , který často bývá v hojném množství ve vysrážených povrchových solných kůrách (Kettner, 1957). Tento uhličitan je typický pro půdy solončaky a slance, především v oblastech s aridním a semiaridním klimatem.

Uvedené uhličitaný, ještě doplňují substance CO_2 a HCO_3^- , které jsou jedinými aktivními minerálními formami v koloběhu uhlíku (Šantrůčková, 2014).

Pro vyjádření celkového uhlíku v půdě je možno k sobě vztáhnou formy organických a anorganických uhlíků, které lze charakterizovat jako celkový uhlík v půdě, jenž je nejčastěji ztvárněn zkratkou C_{tot} .

3.1.3 Dusík v půdě

3.1.3.1 *Formy dusíku v půdě a jeho transformace*

V půdě je 90 a více procent N v organických formách, většinou ve **stabilní organické hmotě**. Pouze kolem 20–30 % jeho množství se může snadno uvolnit mineralizací. Po uhlíku je nejdůležitějším prvkem pro život. Organické látky obsahující dusík jsou nesteroidní jako uhlíkaté látky. Ale na rozdíl od uhlíku, jehož jedinými minerálními formami v aktivním koloběhu jsou CO_2 a HCO_3^- , je v aktivním koloběhu dusíku několik důležitých forem: N_2 , N_2O , NO_x , NO_3^- a NO_4^+ . Další důležitou vlastností dusíku je, že půdní mikroorganismy využívají minerální formy dusíku nejen pro tvorbu

biomasy, ale také v procesu tvorby energie jako donory a akceptory (Šantrůčková, 2014), které mají vliv na půdní reakci, jak bylo už zmíněno.

Primární zásobárnou dusíku je atmosféra, která obsahuje 78 objemových % molekulárního N_2 . Obsahuje také menší množství nitrátů a amoniaku, které se do půdy dostávají jako atmosférický spad, především v antropogenně ovlivněných oblastech. Molekuly atmosférického N_2 se buď fixují přes autotrofní sinice na povrchu půdy, nebo přes heterotrofní bakterie, které žijí v úzké symbiotické vazbě s kořeny rostlin v rhizosféře či organogenních substrátech. Také dusík do půdy vstupuje ve formě sekundárních zdrojů, jako jsou rostlinný opad, exsudáty, odumřelé mikroorganismy a živočichové a exkrementy živočichů. Mrtvá organická hmota je okamžitě přeměněna enzymatickou aktivitou, přičemž dochází i k mineralizaci N na NO_4^+ , který může být znovu využíván mikroorganismy a rostlinami. Dále jej zužitkují nitrifikační bakterie, které využívají jeho energetický potenciál při procesu nitrifikace (redukce NO_4^+ na NO_3^-). Vzniklý nitrát, může být znovu požíván mikroorganismy a rostlinami při procesu denitrifikace (oxidace NO_3^- na N_2), nebo může dojít k procesu disimilativní redukci nitrátů (přeměna NO_3^- na NO_4^+), jenž je typická pro anaerobní až anoxické prostředí. Posledními formami dusíku v půdě můžou být též ještě jednoduché enzymaticky štěpené dusíkaté organické látky, které jsou většinou také spotřebovány mikroorganismy a při asimilaci rostlin (Šantrůčková, 2014; Šimek, 2003b; Vavříček a Kučera, 2014).

Jednotlivé formy dusíku v půdě je možno charakterizovat jako celkový dusík v půdě, který se často označuje jako N_{tot} .

3.1.4 Poměr C:N

Poměr C:N popisuje stav mezi organickým uhlíkem (C_{ox}) a celkovým dusíkem (N_{tot}) v určité organické souborné substanci, a to k určitému časovému okamžiku. Poměr C:N v rostlinném materiálu či podobných organických látkách je zpočátku vysoký (C:N – leguminóza 40 : 1, sláma 100 : 1), avšak po vnesení do půdy se rychle humifikací snižuje. Způsobeno zejména aktivitou heterotrofních půdních mikroorganismů, například bakterie (C:N – 4 : 1), aktinomycety (C:N – 6 : 1) a mikromycety (C:N – 9 : 1). V průběhu rozkladu organické látky se většina uhlíku uvolní ve formě CO_2 , avšak většina dusíku, jenž byl vázán jako nepřístupná živina v organických zbytcích, se v půdě akumuluje ve formě humusových látek, z kterých se snadno může uvolňovat. Proto klesá poměr C:N

(Šimek, 2003b; Vavříček a Kučera, 2014). Délka rozkladu je přímo závislá na **teplotě** a **vlhkosti půdního prostředí**, množství heterotrofních organismů a rovněž na množství a kvalitě rozkládaného organického materiálu (sláma obilovin x exsudáty kořenů rostlin).

3.1.5 Voda v půdě

3.1.5.1 *Charakteristika fyzikálních vlastností kapalné fáze*

Jak je všeobecně uznáváno, voda je nejdůležitější mediem na Zemi a spolu s O₂ by snad nebyl ani možný život. Zapříčiněno především tím, že její anomálnost ve fyzikálních a chemických vlastnostech ji předurčuje k neobyčejným tepelným, elektrickým, viskózním, hustotním a strukturním atributům, jimiž působí na své okolí. Je to právě samotná molekula vody, která diferencuje tyto vlastnosti. Molekula vody je složena z jednoho atomu vodíku a z dvou atomů kyslíku. Vazby mezi prvky jsou kovalentní a svírají úhel 104,5°, proto na jedné straně molekuly, kde jsou atomy vodíku, převládá kladný náboj a na druhé straně pak záporný. Molekula vody je tedy polární, a proto dochází k takzvané polymerické struktuře vody (poutání jednotlivých molekul vody k sobě přes vodíkové můstky) (Šimek, 2003a). Tato vlastnost se dále projevuje v tzv. adhezi a kohezi, případně i v povrchovém napětí.

Adheze spočívá v poutání molekul vody k povrchům pevných částic v důsledku existence negativních nábojů na těchto površích, dále pomocí vodíkových můstků a van der Walsovými silami. Vazba je poměrně silná, přičemž vzniká tenká laminární vrstvička vody na povrchu částic, kterou je možno kategorizovat jako voda adsorpční (Šimek, 2003a).

Koheze zahrnuje síly, kterými na sebe molekuly vody působí vzájemně. Kohezní síly jsou slabší než adhezní. Kohezními silami jsou další vrstvy molekul vody poutány k adhezní vodě a tloušťka vodního filmu se zvětšuje. Tímto způsobem poutanou vodu lze kategorizovat jako voda kapilární (Šimek, 2003a).

Povrchové napětí je obecný fenomén na přechodu mezi kapalnou a plynnou fází. Povrchové napětí vzniká v důsledku koheze, tj. vzájemného přitahování molekul vody. Koheze je silnější než síly mezi molekulami vody a molekulami plynu, a proto na povrchu kapaliny existují síly směřující do kapaliny, jejíž povrch se pak do jisté míry chová jako elastická membrána. Existence povrchového napětí a adheze umožňuje kapilaritu vody (Šimek, 2003a).

Zmíněné kategorie vody v půdním prostředí, dále doplňují další dvě skupiny vody, a to tzv. hygroskopická voda a gravitační voda.

Hygroskopická voda zahrnuje jak vodu kapilární, tak i kapilárně kondenzovanou, představuje přechod k vodě kapilární (Jandák et. al., 2010).

Na gravitační vodu působí převážně síla zemské tíže. Její pohyb je nepatrný a pohybuje se v gravitačních pórech (Jandák et. al., 2010).

Jmenované koncepty koheze, adheze a povrchového napětí, nám můžou do jisté míry definovat interagující vnitřní vztah mezi půdní vodou a půdním prostředím, který je podstatou retenčních schopností jednotlivých půdních typů a druhů. Zmíněnu relaci lze do jistého rozsahu vyjádřit hydrolimity a vodním potenciálem půd.

3.1.5.2 Maximální kapilární vodní kapacita

Maximální kapilární vodní kapacita je jednou ze základních aplikovaných složek hydrolimitů v půdě, přičemž ji ještě doplňují další podstatnější aplikované hydrolimity, jako je například maximální vodní kapacita, bod trvalého vadnutí, polní vodní kapacita, číslo hygroskopicity a monomolekulární adsorbční kapacita (Jandák et. al., 2010). Zmíněné hydrolimity jsou často chápány jako hranice mezi jednotlivými kategoriemi vody (adsorpční voda, hygroskopická voda, kapilární voda, gravitační voda) v půdním prostředí.

Maximální kapilární vodní kapacitu lze definovat hodnotou maximálního nasycení kapilárních a částečně semikapilárních půdních pórů vodou, která může být následně poskytnuta rostlinám (Jandák et. al., 2010; Vavříček a Kučera, 2014; Šimek, 2003a). Tedy lze i Θ_{MKK} charakterizovat jako údaj o objemu kapilárních pórů a zčásti semikapilárních půdních pórů ($< 0,01$ mm) v půdním profilu (Vavříček a Kučera, 2014).

Tento stav půdní vlhkosti se často blíží hodnotám půdní vlhkosti při retenční vodní kapacitě a při polní vodní kapacitě (Jandák et. al., 2010). Je možno tedy i tvrdit, že maximální kapilární vodní kapacita je do jisté míry polní vodní kapacita, která byla stanovena v laboratorních podmínkách (Šarapatka, 2014).

Znázornění optimálních rozmezí hodnot Θ_{MKK} pro jednotlivé půdní druhy, a to za příznivých statických klimatických podmínek prostředí:

Tab. 1 – Průměrné hodnoty maximální kapilární kapacity půdy pro různé půdní druhy (Vavříček a Kučera, 2014)

Půdní druh	ΘM _{KK} %obj. (optimum)
Písčítá	10–17
Hlinitopísčítá	18–25
Písčitohlinitá	25–30
Hlinitá	30–35
Jílovitohlinitá	35–40
Jílovitá	40–45

Proto z dlouhodobého hlediska posun hodnot ΘM_{KK} mimo optimum maximální kapilární vodní kapacity, pro dříve určený půdní druh, může být jedním z ukazatelů dynamického přetvoření jednotlivých půdních složek, které mají vliv na růst rostlin, populaci mikroorganismů, a dokonce i na samotnou pedogenezi daného půdního typu. Příkladem může být illimerizace v humidním klimatu, kdy jílové částice se přesouvají do spodních horizontů, přitom jsou svrchní horizonty ochuzovány o zmíněný jíl, což se následně projevuje i ve snižování maximální kapilární vodní kapacity v dotčeném svrchním profilu půdy.

3.1.6 Vzduch v půdě

3.1.6.1 Složení plynné fáze

Vzduch v půdě je významnou složkou pro biologické a chemické pochody a je jednou z nezbytných podmínek života rostlin. Vyplňuje přibližně polovinou pórů, v kterých není nasycená voda, avšak na rozdíl od atmosférického vzduchu, obsahuje zpravidla méně O₂, a to v rozmezí koncentrace od 0,1 do 20 %. Také se v půdním prostředí vyskytuje zvýšený obsah CO₂, asi 0,1–15 % a též i více vodních par oproti atmosféře. Taktéž důležitým plynem v půdním prostředí je N₂, přičemž jeho koncentrace v půdě je téměř totožná s atmosférickou, která je zpravidla 78% (Jandák et. al., 2010; Vavříček a Kučera, 2014).

Dynamika změn půdního vzduchu je přímo závislá na schopnosti půdy přijímat, obsahovat a zadržovat a též i na pohyblivosti vzduchu v půdě a výměnou mezi atmosférou a půdou. Přičemž zmíněné schopnosti, podmiňuje vzájemný stav mezi organickou složkou (humus), biologickou aktivitou, texturou půdy, výškou hladiny spodní vody,

hustotou a výškou rostlinného ústrojenstva, a dokonce i managementem a způsobem hospodaření na dotčených půdách (Jandák et. al., 2010; Vavříček a Kučera, 2014).

Obsah CO_2 v půdním vzduchu je v průměrné koncentraci od 0,2 až 0,7 %, přitom obsah už nad 1 % v prostředí rhizosféry je už pro rostliny toxický. Primárním zdrojem oxidu uhličitého v půdě je respirace jednotlivých kořenů rostlin a mikroorganismů (Jandák et. al., 2010), který je sekundárně obohacován atmosférickou infiltrací.

Kyslík je nezbytný pro buněčné dýchání a též i pro oxidační procesy organických a anorganických sloučenin. V půdních podmínkách se pohybuje jeho koncentrace v rozmezí od 10 do 20 %. V anaerobním (koncentrace O_2 pod 15 až 10 %) až anoxickém prostředí dochází k hnilobným procesům, a to má výrazný dopad na úrodnost půdy (Jandák et. al., 2010). Častým problémem periodicky zaplavovaných ekosystémů.

Další plyny, které byly zjištěné v půdním vzduchu, jsou například: CH_4 , SO_2 , SO_3 , NH_3 , H_2S , N_2O , které zpravidla vznikají při oxidačních a redoxních procesech, většinou v anaerobních a aerobních podmínkách půdního prostředí (Jandák et. al., 2010; Vavříček a Kučera, 2014).

3.1.6.2 Minimální vzdušná kapacita

Obsah vzduchu v půdě je udáván provzdušeností půdy odpovídající momentálnímu obsahu vzduchu při dané půdní vlhkosti, tedy objemu pórů vyplněných vzduchem (Jandák et. al., 2010).

Je možno říci, že nejnižší možný objem vzduchu v půdě odpovídá právě minimální vzdušné kapacitě, kterou lze i definovat procentuálním podílem pórů zaplněných vzduchem při maximální kapilární vodní kapacitě (Jandák et. al., 2010).

Pro zdárný rozvoj vegetace a půdních mikroorganismů je nezbytné určité rozmezí vzdušné kapacity a také požadavek, aby provzdušněnost dlouhodobě neklesla pod kritickou hodnotu (Jandák et. al., 2010).

Poklesne-li v průběhu roku vzdušná kapacita u orných půd pod 10 % a u lučních a lesních pod 5 %, označí se tyto půdy jako náchylné k zamokření a extrémnímu neprovzdušnění (Jandák et. al., 2010; Vavříček a Kučera, 2014). Jmenované aspekty se často projevují například v období nerovnoměrně rozložených srážek.

Tab. 2 – Charakteristiky minimální vzdušné kapacity (Vavříček a Kučera, 2014)

Hodnota A_{MKK}	Charakteristika minimální vzdušné kapacity
8	Dolní mezní hodnota
10	Průměrné hodnoty pro lesní půdy (hraniční pro zemědělské)
20	Půdy náchylné k vysychání; mohou být přechodně až trvale výsušné
25	Horní mezní hodnota

3.2 Dotčené ekosystémy půd výzkumem

Pro souvislost informací, v této řešené problematice půdních vlastností, je též nutné si definovat dva výchozí ekosystémy a jejich ekoton, které se nachází na řešených půdách výzkumné plochy Rudice:

- Lesní ekosystém
- Ekoton
- Ekosystém trvalého travního porostu

3.2.1 Lesní ekosystém

Les z pohledu právní úpravy (Zákon 289/1995 Sb. Zákon o lesích) lze vymezit, jako lesní porosty a pozemky určené k plnění funkce lesa. Lesními porosty jsou označovány stromy a keře lesních dřevin, které v daných podmínkách plní produkční a rovněž mimoprodukční funkci lesa, a to dle stanoveného cíle hospodaření.

Z ekologického hlediska les je soubor biocenóz, jehož dominantní složkou jsou dřeviny stromového vzrůstu. Jedná se o velmi složitý ekosystém, tvořený složkou rostlinnou (fytocenóza), živočišnou (zoocenóza) a abiotickým prostředím (ekotop). Dle jisté lesnické definice je za les často považováno území (lesní porost), v němž rostou dřeviny (stromy), které dorůstají minimální výšky 5 metrů a zápoje korun alespoň 25 % (Míchal, Petříček, 1999; Nožička, 1957). Lesy dělíme na smíšené, listnaté a jehličnaté.

Procesy v lesním prostředí se neustále odehrávají v různých časoprostorových stupních a na různých hladinách biotické organizace, které je složité vymezit a popisovat. Život lesa je neustálá proměna látek (v rozmanitém stavu), koloběh látek, tok energie, přenos informací (Suchomel et. al., 2017), kterou lze zaznamenat pouze z krátkodobého

hlediska. Proto jsme schopni jen zhruba rozlišit jednorázově izolované nazírané složky/prvky (**detritový potravní řetězec**) tvořící prostorovou stavbu čili strukturu lesního ekosystému a mnoho směrné vztahy mezi těmito prvky představující provoz čili funkce lesního ekosystému (Suchomel et. al., 2017).

3.2.2 Ekoton

Ekoton je nejčastěji liniové interakční společenstvo nacházející se v místě, kde se setkávají sousedící biocenózy. Typickým jevem je zde vyšší počet druhů organismů oproti oběma sousedním biocenózám (**tzv. ekotonový efekt**). Nalezneme zde druhy jak z obou biocenóz, tak druhy specifické jen pro tuto přechodnou zónu (Suchomel et. al., 2017; Kilianová, 2009).

Rovněž se ekotonová společenstva uvádějí jako bariéry pro živiny, především pro dusík a chemikálie z postřiků, které jsou vyplavovány z okolních agrobiocenóz, a taktéž jako difúzní bariéra pro vodu, jenž zde působí zvyšováním retenčních schopností krajiny (Kilianová, 2009). Uvedenou bariéru je možno vztáhnout i na většinu toků energií, informací a materiálů mezi kontaktními ekosystémy a ekotonem, což podporuje již zmíněná druhová pestrost ekotonových biocenóz v současné krajině České republiky.

3.2.3 Ekosystém trvalého travního porostu

Trvalý travní porost dle 4 odst. 1 písm. h) nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1307/2013 v platném znění je půda využívaná k pěstování trav nebo jiných bylinných píceňin na přírodních (přirozený osev) nebo uměle vytvořených (umělý osev) plochách, která nebyla zahrnuta do střídání plodin v zemědělském podniku po dobu pěti a více let.

Z ekologického hlediska lze TTP pokládat za přirozenou a polopřirozenou luční fytocenózu, protože každá louka je vázaná na určité půdní prostředí a je současně i životním prostředím pro řadu mikro- a makroorganismů (Hrabě, Buchgraber, 2004).

V travním ekosystému se uplatňují dva odlišné typy potravních řetězců, a to **pastevně-kořistnický řetězec** a **detritový řetězec**. Na rozdíl od lesního ekosystému, kde dominantním potravním řetězcem je detritový, je na TTP převažujícím potravním řetězcem pastevně-kořistnický, který je typický využitím biomasy rostlin přes býložravce, s návaznou mnohonásobnou transformací biomasy přes karnivorii a konečnými rozkladnými procesy za pomoci reducentů (Hrabě, Buchgraber, 2004).

3.3 Výzkumná plocha Rudice

3.3.1 Lokalizace – plocha Rudice

Řešená výzkumná plocha Rudice se nachází asi 16 km severovýchodním směrem od města Brna v jihozápadní části katastrálního území Rudice, okres Blansko, Jihomoravský kraj. Zkoumané území má rozlohu necelé 2 ha, které se rozkládá za kaplí sv. Antonína, před hranicí mezi pozemky ŠLP MI Křtiny a pozemky v CHKO Moravský kras, nedaleko NPP Rudické propadání. Rozprostírá se v intervalu nadmořských výšek od 495 do 505 m n. m., s expozicí všesměrnou a s mírně orientovaným severovýchodním sklonem k Rudickému propadání (Mapy.cz, 2016).

- **GPS souřadnice:** 49°32'62.617''N, 16°72'75.644''E (Mapy.cz, 2016)

3.3.2 Přírodní poměry – plocha Rudice

3.3.2.1 *Biogeografie a fyto geografie začlenění území*

Biogeografické členění území (Culek et al., 2005):

- ❖ Biogeografická podprovincie – Hercynská podprovincie
 - Bioregion – Macošský bioregion
 - Biochora – 4BA Erodované plošiny na vápencích 4. v. s.

Fyto geografické členění území (Skalický, 1988; Slavík, 1988):

- ❖ Fyto geografická oblast – Mesophyticum
 - Fyto geografický okres – Českomor. M. – Moravský kras
 - Fyto geografický obvod – Mesophyticum Massivi bohemici

3.3.2.2 *Základní vegetační typologie území*

Z hlediska vegetačního pokryvu se na území dominantně nacházejí trvalé travní porosty a sekundárně lesní porosty. Proto je nutné k této problematice přistupovat z vícera typologických hledisek, tak abychom maximálně postihli danou heterogenitu současných ekosystémů na tomto studovaném významném území Dražanské vrchoviny. Veškeré následující vegetační typologie území byly potvrzeny Ing. Lindou Černušákovou (2017).

3.3.2.2.1 SLT – typologický systém ÚHUL

Podle **typologie hospodářské úpravy lesa** jsou zájmové lesní pozemky zařazené do souborů lesních typů 3W, 4K, 4A, 4S a 4H (ÚHUL, 2016). Tento aspekt typologie se značně projevil na skladbě zdejších lesních porostů, kde dominujícím druhem je *Fagus sylvatica*, se subdominancí druhů *Picea abies*, *Quercus petraea* agg. a *Carpinus betulus*.

3.3.2.2.2 Skupina typů geobiocénů – Zlatníkův koncept

Dle rekonstrukce **potenciální vegetace** můžeme zájmovou oblast přiřadit k STG *Querci-fageta tiliae-aceris* (3 BC-BD 3), či až v některých výškově výš položených nebo severněji exponovaných segmentech plochy k STG *Fageta typica* (4 B 3) a STG *Fageta tiliae* (4 BD 3) (Buček, Lacina, 2007). K vylišení byl užit převodní klíč ze SLT a BPEJ na eventuální STG, a to z metodiky projektování ÚSES (Maděra, Zimová., (eds.) 2005)

3.3.2.2.3 Fytocenologický systém – Curyšsko-montpeliérská škola

Z pohledu **aktuální vegetace** lze území lesa zařadit do třídy LB. *Carpino-Fagetea* Jakucs ex Passarge 1968, svazu LBC. *Fagion sylvaticae* Luquet 1926 a asociace LBC01. *Galio odorati-Fagetum sylvaticae* Sougnez et Thill 1959 (Chytrý, 2013). Vzhledem k tomu, že náhradní společenstvo TTP je zde převážně profilováno hydrickým režimem lokality, tak je možno ho na vlhčích místech zařadit k třídě TD. *Molinio-Arrhenatheretea* Tüxen 1937, svazu TDD. *Molinion caeruleae* Koch 1926 a asociaci TDD01. *Molinietum caeruleae* Koch 1926 a na sušších partiích území též k třídě TD. *Molinio-Arrhenatheretea* Tüxen 1937, avšak už ke svazu TDA. *Arrhenatherion elatioris* Luquet 1926 a asociaci TDA01. *Pastinaco sativae-Arrhenatheretum elatioris* Passarge 1964 (Chytrý, 2010).

3.3.2.3 Geologické a geomorfologické poměry

Horninové prostředí výzkumné plochy je primárně zbudováno z devonských vápenců (MapServer TFE Krtiny, 2016), které jsou překryty půdotvornými sprašovými hlínami. Bazický matrix se místy nachází velice mělce pod půdním profilem, a dokonce i v některých partiích plochy tvoří vystupující skalnaté výchozy.

Studijní plocha Rudice by měla vystihnou geomorfologický komplex Dražanská vrchovina. Celek lze charakterizovat jako členitá vrchovina oválného půdorysu, která má rozlohu 1 178,68 km² a střední nadmořskou výšku 462,8 m n. m. V oblasti studijní

plochy je celek typicky tektonicky zprohýbán, rozlámán a rozřezán hlubokými údolími, která postupně přechází do níže položené krasové oblasti Punkvy (350 m n. m.) v centrální oblasti Moravského krasu (Demek a Mackovčín, 2014).

Geomorfologické začlenění území:

Území je možno hierarchicky začlenit do **soustavy:** Česko-moravské, **podstoustavy:** Brněnská vrchovina, **celku:** Dražanská vrchovina, **podcelku:** Moravský kras a **okrsku:** Rudické propadání (Demek a Mackovčín, 2014).

3.3.2.4 Klimatické poměry výzkumné plochy

Výzkumná plocha spadá do klimatické oblasti MT10, která je charakteristická dlouhým teplým a suchým létem, krátkým teplým přechodným obdobím jara a podzimu a krátkou teplou suchou zimou s krátce trvající sněhovou pokrývkou (Quitt, 1971).

Základní charakteristika klimatické oblasti dle Quitta:

Tab. 3 – Charakteristika klimatické oblasti MT10 (Quitt, 1971)

průměrné teploty v lednu	-2 – -3	počtu dní s teplotou alespoň 10 °C	140–160
průměrné teploty v dubnu	7–8	srážkový úhrn ve vegetačním období	400–450
průměrné teploty v červenci	17–18	srážkový úhrn v zimním období	200–250
průměrné teploty v říjnu	7–8	počet dnů se srážkami alespoň 1 mm	100–120
počet letních dní	40–50	počet dnů se sněhovou pokrývkou	50–60
počet mrazových dní	110–130	počty dnů jasných	40–50
počet ledových dní	30–40	počty dnů zatažených	120–150

Vzhledem k tomu, že území se nachází v inverzně rozmanité oblasti ŠLP MI Křtiny, tak už se zde projevuje i aspekt místního topoklimatu. Například podle MapServeru TFE Křtiny je průměrná teplota na studijní ploše Rudice 6–7 °C, avšak dle Quitta by se měla pohybovat od 7 do 8 °C. Též se částečně topoklimatický aspekt projevuje i v úhrnu srážek. To potvrzuje 6,5 km vzdálená srážkoměrná stanice Bukovina, kdy za období 1901–1950 je průměrný úhrn srážek ve vegetační době 377 mm za rok a průměrný úhrn srážek v zimním období je 247 mm za rok (Pohlodková, 2007).

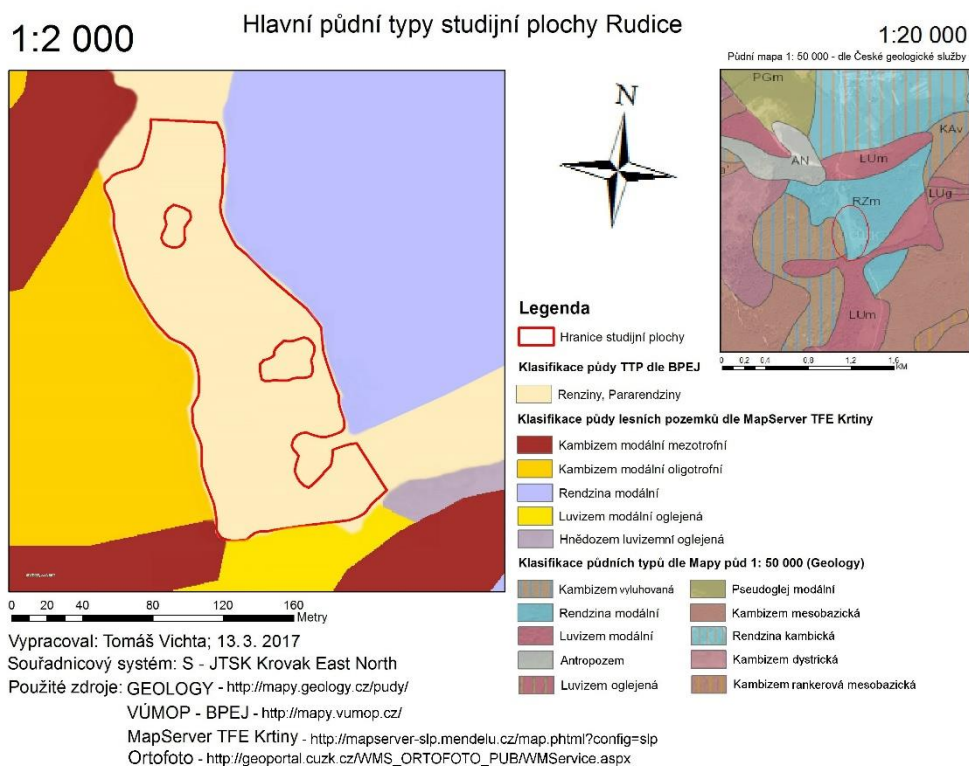
3.3.2.5 Pedologické poměry

Pohled na současnou problematiku půdního prostředí výzkumné lokality je dosti problematický. Zapříčiněno především zřetelným aspektem heterogenity v půdním typu, subtypu a varietě, jenž je převážně způsoben nerovnoměrným hydrickým režimem v jednotlivých diferenciovaných profilech řešených půd území. Zmíněná nejasnost se částečně projevuje i v současném dostupném taxonomickém zařazení zdejších půd.

➤ Typologické půdní zařazení území v rámci současných dostupných mapových aplikací:

- **Půdní mapa 1 : 50 000:** Rendzina modální, kambizem vyluhovaná (Geology, 2016)
- **BPEJ (5.18.14):** Rendzina modální, rendzina kambická, rendzina vyluhovaná (VÚMOP, 2016)
- **MapServer TFE Krtiny:** Rendzina modální, kambizem modální mezotrofní, kambizem modální oligotrofní a luvizem modální oglejená (MapServer TFE Krtiny, 2016)

Grafické vyobrazení hlavních možných půdních typů studijní plochy Rudice:



Obr. 4 – Hlavní půdní typy území Rudice dle mapových aplikací (Autor práce: Tomáš Vichta)

➤ Srovnání s půdními sondami využité pro projekt TAČR:

• **Půdní sondy z roku 2015:**

Sondy byly vytvořeny nedaleko stabilizovaného transektu v lesním ekosystému a ekosystému trvalého travního porostu, kde podle všech dostupných mapových aplikací se měl nacházet půdní typ **rendzina**.

Studijní plocha – Rudice

Profil "Z" – Ekosystém trvalého travního porostu

Pseudoglej luvický na odvápněné sprašové hlíně a výraznými ferrany v eluviálním horizontu

humusová forma: drnový moder

F 0–5

H 4–5

Ad 5–15 7.5YR 3/1, šedočerná, hlinitopísčítá

En 15–35 5YR 7/2, nápadné ferrany, písčitohlinitá

Bmt 35–65 5YR 7/8, redoximorfnní znaky s převažující rezivou barvou a šedou jazykovitostí, možný vliv laterálně migrující vody

BCg 65→ bez známek vybělení, 7.5YR 7/8

(TAČR, 2016)



Obr. 5 – Profil "Z" – Ekosystém trvalého travního porostu (Vranová, 2015a)

Profil "L" – Lesní ekosystém

Pseudoglej luvický na odvápněné sprašové hlíně s výrazným rezivým mramorováním
humusová forma: typický moder

L	0–1	opad smíšeného lesa, vysoký podíl nerozloženého opadu buku lesního
Fz	1–3	nápadná drť s výrazným podílem půdní fauny
Hh	3–4	místně obsahem i kvalitou proměnlivá humusová měl
Ah1	4–10	10YR 2/1, velmi silně humózní, černá
Ah2	10–20	5YR 5/1, humózní, nepravidelná (kapsovitá) hranice dospodu, šedá
En	20–33	5YR 8/2, písčítá až písčitohlinitá, absentující ferrany patrné způsobené laterální vodou
Bmt	33–65	2.5YR 7/8, mimořádně nápadná rezivá barva s vybělenými jazyky, barevně vyznívá dospodu, není zrnitostně těžká, ostře oddělená od En
BCg	65→	7.5YR 7/8, pedogenně zvrstvená odvápněná sprašová hlína se známkami oglejení

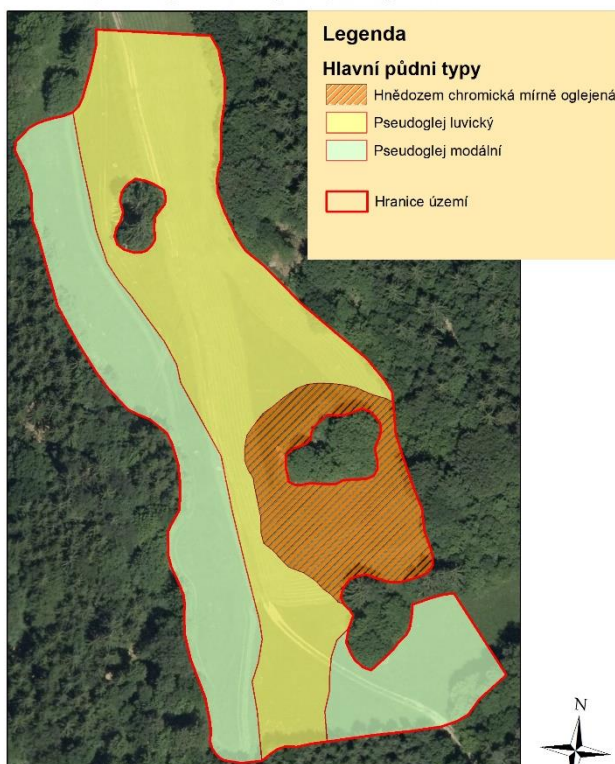
(TAČR, 2016)



Obr. 6 – Profil "L" – Lesní ekosystém (Vranová, 2015b)

➤ Srovnání s komplexním průzkumem území TTP Rudice – JARO 2017

Komplexní průzkum půd plochy Rudice 1:1 000



Vypracoval: Tomáš Vichta; 14. 3. 2017
Souřadnicový systém: S - JTSK Krovak East North
Použité zdroje: Ortofoto - http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.asp

*Obr. 7 – Hlavní půdní typy území Rudice
(Autor práce: Tomáš Vichta)*

Na jaře letošního roku proběhl komplexní průzkum půd řešené studijní lokality Rudice, a to v termínu **13. 3. 2017**. Průzkum probíhal v síti bodů 5 x 5 m, za pomoci sondýrky. Načež poté, v reprezentativním místě nově vylíšených půdních jednotek, byly udělány půdní sondy (obr. 8 a 9).

Na území dle mého názoru se mají vyskytovat půdní subtypy pseudoglej luvický, pseudoglej modální a hnědozem chromická mírně oglejená. Zařazení potvrzují jak zobrazené půdní sondy (obr. 8 a 9) v rámci tohoto průzkumu, tak i předešlé sondy (obr. 5 a obr. 6) z předcházejícího výzkumu v roce 2015 a také faktor, že půdotvorným substrátem jsou hlavně sprašové hlíny.

Získané výstupy průzkumu byly poté zkontrolovány a do jisté míry potvrzeny profesorem Rejškem a docentkou Vranovou (2017).



*Obr. 8 a 9 – Pseudoglej modální (levý obrázek) a hnědozem chromická mírně oglejená (pravý obrázek)
(Autor práce: Tomáš Vichta, 13. 3. 2017)*

4. METODY

4.1 Metodika terénních odběrů vzorků

4.1.1 Pomůcky

Rýč, zahradnická lopatka, Kopeckého fyzikální váleček (100 cm³) s víčky, gumička, přepravka, zápisník, mapa bodového pole a transektu, tužka, lihové fixy a mikrotenové sáčky.

4.1.2 Postup prací v terénu

Na předem vyznačených bodech, a to dle schématu bodového pole na TTP, stabilizovaného a rozšířeného transektu (interval 3 m) (obr. 4), se strhne travní drn či odhrne surová humusová vrstva v hloubce 5 cm, přičemž vznikne ploška o rozměrech $\pm 25 \times 25$ cm. Prvotně se odebere fyzikální váleček, který se očistí, zavíčkuje, označí a uloží do přepravky. Odběr se doplní o volný vzorek půdy o hmotnosti ± 500 g, který se umístí do mikrotenového sáčku, jenž je označen příslušnými koordináty daného odběrného místa. Současně v průběhu prací dochází k označování jednotlivých sáčků a válečků do terénního zápisníku k předepsaným souřadnicím bodů. V případě, že budou vzorky skladovány, tak se musí okamžitě uložit do ledničky, aby nedocházelo k jejich postupnému prosychání. Odběry proběhly na jaře **15. 4. 2016** a na podzim **7. 10. 2016**.



Obr. 10 – Schématický plán odběrů na studijní ploše Rudice (TAČR, 2016)

4.2 Metodika jednotlivých laboratorních analýz

Jednotlivé metodiky laboratorních analýz byly částečně modifikovány pro účely výzkumu, ale z větší míry vychází z poznatků publikací: Analýza půd I – jednotné pracovní postupy (Zbiral, 2002) a Analýza půd III – jednotné pracovní postupy (Zbiral, 2011) a z norem: ČSN ISO 10390 Kvalita půdy – Stanovení pH a ČSN ISO 11464 (836160) Kvalita půdy – Úprava vzorků pro fyzikálně-chemické rozbory.

4.2.1 Stanovení půdní reakce aktivní a půdní reakce potenciální výměnné

4.2.1.1 *Přístroje a pomůcky*

- Pro přípravu vzorku:

Síto s 2 mm otvory, laboratorní analytické váhy s přesností na 2 desetinná místa, laboratorní váženka – nejméně na 100 g vzorku, horkovzdušná sušárna, standardizované papírové pytlíky o hmotnosti $0,96 \pm 0,02$ g.

- Pro stanovení hodnot pH vzorku:

Láhev na vzorky – objem 25 ml z borosilikátového skla nebo polyethenu se uzávěrem, pH metr + skleněná elektroda s teplotním čidlem, laboratorní váženka – nejméně na 10 g vzorku, mechanická třepačka.

4.2.1.2 *Chemikálie*

Pro stanovení půdní reakce aktivní je použita demineralizovaná či destilovaná voda s požadovanou ekletickou nejvyšší konduktivitou 0,2 mS/m při 25 °C a s pH vyšším než 5,6, ale pro stanovení půdní reakce výměnné potenciální je využit roztok 1M KCl, který se připraví rozpouštěním 74,5 g KCl v 1000 ml demineralizované H₂O (ČSN ISO 10390).

Posledními použitými chemikáliemi při analýze jsou tlumivé tzv. kalibrační roztoky, které jsou využity pro kalibraci měřící elektrody při standardizované teplotě 20 °C (ČSN ISO 10390):

1. S_{pH 4,00} – 10,21 g kalium-hydrogenftalát + 1000 ml demi. vody.

2. S_{pH 6,88} – 3,39 g dihydrogenfosforečnan draselný + 3,53 g hydrogenufosforečnan sodný + 1000 ml demi. vody.
3. S_{pH 9,22} – 3,80 g dekahydrát tetraboritan sodný + 1000 demi. vody.

4.2.1.3 *Pracovní postup*

- Homogenizace půdního vzorku:

Z odebraného volného půdního vzorku se odstraní kameny a části rostlin. Následně se vzorek proseje přes síto s 2 mm otvory, přičemž dochází k vytvoření půdního vzorku Jemnozem I. Vzorek se naváží na ± 50 g a umístí se do standardizovaného papírového pytlíku o hmotnosti $0,96 \pm 0,02$ g. Poté se pytlík se vzorkem vloží do sušárny na 2 hodiny na předsušení s maximální teplotou 60 °C. Celý proces přípravy končí 4 hodinovým dosušením při maximální teplotě 105 °C.

Poznámka: U vzorku, kde lze predikovat zvýšený obsah sulfidů, je nutné provádět sušení při maximální teplotě 40 °C, jinak by došlo k výraznému snížení naměřené hodnoty pH u vzorku.

- Příprava půdní suspenze:

Do vhodné nádoby se naváží 5 g upraveného homogenizovaného půdního vzorku, přidá se 12,5 ml extrakčního roztoku a extrahuje se na mechanické třepačce 60 ± 10 minut. Po extrakci se suspenze nechá v klidu 2 hodiny nebo 24 hodin. Závislé na tom, jaký byl použit extrakční roztok (H₂O – měření v intervalu 2 až 24 hodin, KCl – měření v intervalu 24 až 27 hodin).

Poznámka: V metodice analýza půd I – jednotné pracovní postupy (Zbiral, 2002), z čehož se vychází, je poměr vzorku a extrakčního roztoku v poměru 1 : 5 pro svrchní horizonty, avšak při analýzách je použita modifikace 1 : 2,5. Sice by se dalo namítat nad použitou metodikou, ale dle samotného Zbiral a též i článku polského výzkumného týmu (Kabala et, al., 2016), který hodnotil korelaci pH mezi poměry 1 : 5 a 1 : 2,5 u vzorků a extrakčního roztoku. Popisují, že poměr vzorku a roztoku v této úrovni poznání, pro výsledek měřených hodnot, je nepodstatný.

- Měření pH půdního:

Před samotným měřením pH je nutné suspenzi intenzivně promíchat a také se doporučuje měřící elektrodu zkalibrovat v tlumícím roztoku. Měření probíhá při standardizované teplotě 25 °C u půdní suspenze, elektrody pH metru a v prostředí laboratoře. Hodnota pH se odečte po ustálení na dvě desetinná místa (ustálení trvá přibližně 1 minutu).

4.2.2 Stanovení obsahu Cox, Ctot a Ntot metodou NIRS

4.2.2.1 *Přístroje a pomůcky*

- Pro přípravu vzorku:

Síto s 2 mm otvory, laboratorní analytická váhy s přesností na 2 desetinná místa, laboratorní váženka – nejméně na 100 g vzorku, horkovzdušná sušárna, standardizované papírové pytlíky o hmotnosti $0,96 \pm 0,02$ g, lihové fixy.

- Pro stanovení obsahu Cox, Ctot a Ntot:

NIR spektrometr se scanujícím monochromátorem v rozsahu vlnových délek 1100–2500 nm ve 2 nm intervalech, reflektanční detektor, kyveta small ring cup, detergent a destilovaná voda k čištění a oplachu kyvet, horkovzdušná sušárna na sušení kyvet.

4.2.2.2 *Pracovní postup*

- Homogenizace půdního vzorku:

Z vysušeného Kopeckého fyzikálního válečku se odstraní kameny a části rostlin. Následně se vzorek proseje přes síto s 2 mm otvory, přitom dochází k vytvoření homogenizovaného půdního vzorku Jemnoz I. Vzorek se naváží na ± 30 g a umístí se do standardizovaného označeného papírového pytlíku o hmotnosti $0,96 \pm 0,02$ g. Současně se ke vzorku přiloží seznam z koordináty jednotlivých bodů, který se ke vzorku důkladně přibalí, až teprve poté se celý vzorek odešle na externí analýzu.

- Stanovení obsahu Cox, Ctot a Ntot:

Upravený a dokonale promíchaný vzorek se nadávkuje do měřicí kyvety v takovém množství, aby bylo možno kyvetu dostatečně uzavřít příslušnou papírovou zátkou. Vzorek vždy musí být nadávkován tak, aby nikdy nevznikly vzduchové kapsy ve vzorku, jinak dochází k negativnímu ovlivnění správnosti měření. Takto nadávkový vzorek se umístí do měřicí části přístroje a nasnímá se jeho NIR spektrum. Měření se provádí ve 2 paralelních stanoveních.

Vyhodnocování výsledků řešených vzorků pro danou matici a parametr se provádí softwarově s použitím složitých matematických a statistických aplikací na příslušných kalibračních modelech. Obsah Cox, Ctot a Ntot je vyjádřen v mg/kg v sušině vzorku pro organický horizont a mg/kg v suchém vzorku pro minerální horizont, až poté hodnoty jsou přepočteny na procenta.

Poznámka: *Homogenizace půdních vzorků probíhala v laboratořích ÚGP LDF MENDELU, posléze byly externě analyzovány v Národní referenční laboratoři Brno, ÚKZÚZ.*

4.2.3 Stanovení vybraných fyzikálních vlastností půd

4.2.3.1 *Přístroje a pomůcky*

- Pro stanovení ρ_w , ρ_d a m_{MKK} :

Kopeckého fyzikální váleček (100 cm³), laboratorní analytické váhy s přesností na 2 desetinná místa, filtrační papír, plechová vanička s destičkou, hodinové sklíčko, 4 vrstvý filtrační odsávající papír, horkovzdušná sušárna.

- Pro stanovení ρ_s :

Síto s 2 mm otvory, plastová lžička, horkovzdušná sušárna, laboratorní váženka na minimálně 10 g vzorku, Gay-Lussacův pyknometr (100 ml), laboratorní analytické váhy s přesností na 2 desetinná místa, miska pro vodní lázeň.

4.2.3.2 *Chemikálie*

V analýze je použita pouze demineralizovaná či destilovaná voda, a to na svaření půdního vzorku v pyknometru.

4.2.3.3 *Pracovní postup*

S očištěného a popsaného fyzikálního válečku se odstraní případná gumička. Posléze se sundají víčka z válečku. Daný váleček se položí na filtrační papír a zváží se momentální hmotnost vzorku (ρ_w). Připravený váleček s filtračním papírem se umístí na destičku v plechové vaničce a zaklopí se krycím hodinovým sklíčkem. Po vytvoření vlhké laminární vrstvičky na povrchu půdy, pod sklíčkem (24–36 hodin), se váleček vyjme z vaničky a položí se na 2 hodiny na 4 vrstvý filtrační odsávací papír. Po odsátí se váleček s filtračním papírem zváží, a to už bez sklíčka, a stanoví se hmotnost vzorku při Θ_{MKK} . Váleček se nechá na vzduchu proschnout na 1 den a následně se umístí do sušárny na 4 hodinové dosušení, a to při maximální teplotě 105 °C. Po usušení se vzorek nechá vychladnout na pokojovou teplotu a zváží se jeho redukovaná objemová hmotnost (ρ_d), následně se zváží i samostatně fyzikální váleček s filtračním papírem.

Pro stanovení specifické hmotnosti vzorku (ρ_s) se odebere z válečku ± 10 g Jemnozeme I. Vzorek se vsype do označeného pyknometru a doplní se do 1/3 objemu demineralizovanou vodou. Poté se pyknometr umístí na vařič a nechá se 20 minut povařit. Po uvaření a mírném vychlazení ve vodní lázni se pyknometr se vzorkem doplní po hrdlo demineralizovanou vodou a uzavře se uzávěrem, přičemž musí dojít k odstranění jakéhokoli-ho vzduchu v pyknometru. Takto připravený pyknometr se vzorkem se zváží na analytických vahách. Celý proces se znovu opakuje, ale pouze s demineralizovanou vodou, tak aby bylo možno z rozdílů hodnot hmotností vypočítat specifickou hmotnost.

4.2.3.4 *Výpočet dotčených fyzikálních vlastností*

Vzorce vychází z publikace: Analýza půd I – jednotné pracovní postupy (Zbíral, 2002), které byly modifikovány, a to podle specifických požadavků výzkumu.

- Výpočet objemové hmotnosti (ρ_w):

$$\rho_w = \frac{b - a}{V} \quad (\text{g/cm}^3)$$

kde: b – hmotnost válečku s neporušeným vzorkem v původním stavu s filtračním papírem,

a – hmotnost válečku a filtračního papíru,

V – objem vzorku v daném Kopeckého fyzikálním válečku (100 cm³).

- Výpočet objemové hmotnosti redukované (ρ_d):

$$\rho_d = \frac{c - a}{V} \quad (\text{g/cm}^3)$$

kde: c – hmotnost válečku se vzorkem vysušeným do konstantní hmotnosti s filtračním papírem,

a – hmotnost válečku a filtračního papíru,

V – objem vzorku v daném Kopeckého fyzikálním válečku (100 cm^3).

- Stanovení maximální kapilární vodní kapacity (Θ_{MKK}):

$$\Theta_{\text{MKK}} = \frac{m_{\text{MKK}} - c}{V} * 100 \quad (\%)$$

kde: m_{MKK} – hmotnost válečku a uměle vodou nasyceného vzorku s filtračním papírem po 2 hodinovém odsávání,

c – hmotnost válečku se vzorkem vysušeným do konstantní hmotnosti s filtračním papírem,

V – objem vzorku v daném Kopeckého fyzikálním válečku (100 cm^3).

- Výpočet objemové hmotnosti redukované (ρ_s):

$$\rho_s = \frac{m_1}{(m_1 + m_2) - m_3} \quad (\text{g/cm}^3)$$

kde: m_1 – hmotnost vzorku vysušeného do konstantní hmotnosti (navážka vzatá ke stanovení),

m_2 – hmotnost pyknometru s destilovanou vodou,

m_3 – hmotnost pyknometru s rozvařeným vzorkem a s destilovanou vodou.

- Výpočet pórovitosti (P):

$$P = \frac{(\rho_s - \rho_d)}{\rho_s} * 100 (\%)$$

kde: ρ_s – měrná hmotnost vzorku z daného vzorku a

ρ_d – objemová hmotnost redukována daného vzorku.

- Výpočet minimální vzdušné kapacity (A_{MKK}):

$$A_{MKK} = (P - \Theta_{MKK}) (\%)$$

kde: P – pórovitost daného vzorku a

Θ_{MKK} – maximální kapilární vodní kapacita daného vzorku.

4.3 Využití statistické veličiny a metody

Prvotně pro určitý nadhled nad hodnotami je využit aritmetický průměr pro jednotlivé statistické soubory, které jsou klasifikovány podle převládajících ekosystémů individuálních půdních vzorků.

Aritmetický průměr lze definovat jako hodnotu, okolo níž kolísají jednotlivé prvky souboru. Fyzikálně odpovídá aritmetický průměr těžišti N stejně hmotných bodů umístěných na přímce se souřadnicemi x_i (Drápela, 2012a).

Dále je aritmetický průměr ještě doplněn o maximální a minimální hodnotu řešeného souboru, tak aby bylo možno vyjádřit i určité variační rozpětí hodnot v souboru.

Závěrečně pro posouzení vazeb jarních a podzimních souborů mezi sebou je využito exaktního statistického vyjádření dotčených půdních vlastností, a to formou dvou výběrového párového T – testu se statistickou významností ($p \geq 0,05$) (Drápela, 2012).

Párový T – test je zvláštním druhem Studentového t – testu, kdy hodnoty sledovaného znaku tvoří páry. Vytváří se soubor dvojic $(x_{A1}, x_{B1}), (x_{A2}, x_{B2})$, přičemž se testují hypotézy $H_0: \mu_D = 0$ proti $H_1: \mu_D \neq 0$ (Drápela, 2012a).

$H_0: \mu_D = 0$ lze vyjádřit přijutím nulové hypotézy, daný sledovaný znak se nezměnil a $H_1: \mu_D \neq 0$ je možno vyjádřit zamítnutím nulové hypotézy či přijutím alternativní hypotézy, tedy řešený sledovaný znak se změnil (Drápela, 2012a).

Souhrnné statistické vyjádření je zakončeno mnohonásobnou korelační analýzou, která řeší vzájemnou závislost mezi vybranými půdními vlastnostmi (Drápela, 2012b).

Veškerá statistická šetření jsou provedena v PC programu STATISTICA 12 Cz.

5. VÝSLEDKY A DISKUZE

Kvůli komplexnosti řešené problematiky a správné interpretaci výsledků výzkumu je nezbytné data reklasifikovat a hodnotit podle ekosystémů jednotlivých odběrných bodů. Jednotlivé vzorky jsou tedy klasifikovány na půdy na lesních ekosystémech, půdy na ekosystémech trvalých travních porostů a půdy v ekotonu. Též je nutné i zahrnout aspekt jarního a podzimního odběru, přičemž budou data klasifikována i podle způsobu rozmístění. Zda vzorky byly odebrány plošně v bodovém poli či v transektu. Do transektu jsou jednotně zahrnuté body jak stabilního, tak i rozšířeného transektu.







Nicméně pro závěrečná diskuzní zhodnocení určených půdních vlastností je nutné jednotlivá klasifikační měřítka hodnocení skloubit a přizpůsobit jejich odpovídající vyjadřovací přesnosti, a to podle konkrétních výsledků jednotlivých půdních vlastností.

Celoplošné bodové pole je z větší části tvořeno jednotlivými párovými odběry, které jsou rozmístěny tak na TTP, aby maximálně postihly danou heterogenitu zdejších půd. V dubnu bylo odebráno celkově na dané ploše v bodovém poli 33 odběrných vzorků, avšak v říjnu pouze 25 vzorků půdy. Zrušily se body R4, R5, R21, R22, R27, R30, R31 a R32. Důvodem bylo zjednodušení a vyloučení nepotřebných bodů v ploše TTP.

V transektu se nachází 28 bodů, z toho 11 je stabilního a 17 rozšířeného transektu. Z pohledu ekosystémů se v řadě nachází 8 bodů v lesních porostech, 18 bodů na TTP a 2 body v ekotonech.

Následující podkapitoly výsledků studie jsou jednotně strukturované, v pořadí tabulka hodnot a vyhodnocení dílčích částí půdních vlastností.

K veškerým tabulkám v textu a grafům v příloze je využita ucelená legenda, a to podle zobrazeného jednotného znění:

	– Lesní ekosystém		– Kladná změna hodnot
	– Ekoton		– Záporná změna hodnot
	– Ekosystém trvalého travního porostu		– Bez změny hodnot

5.1 Půdní reakce

5.1.1 Transekt

5.1.1.1 Půdní reakce aktivní

Tab. 4 – Hodnoty půdní reakce aktivní (pH_{H_2O}) na transektu

Číslo bodu	Duben – hodnota pH_{H_2O}	Říjen – hodnota pH_{H_2O}	Rozdíl hodnot	Číslo bodu	Duben – hodnota pH_{H_2O}	Říjen – hodnota pH_{H_2O}	Rozdíl hodnot
L6	3,56	4,01	+0,45	RT4	5,27	5,46	+0,19
L5	3,61	3,63	+0,02	RT5	5,68	5,23	-0,45
L4	3,75	3,64	-0,11	RT6	5,49	5,74	+0,25
L3	3,62	3,96	+0,34	RT7	6,21	5,47	-0,74
L2	4,36	4,2	-0,16	RT8	7,05	6,71	-0,34
E1	6,15	5,81	-0,34	RT9	5,82	5,7	-0,12
Z8	5,81	5,31	-0,5	RT10	5,88	5,48	-0,4
Z9	5,64	5,56	-0,08	RT11	5,3	5,21	-0,09
Z10	5,78	5,11	-0,67	RT12	5,12	4,69	-0,43
Z11	5,58	5,03	-0,55	RT13	4,81	4,95	+0,14
Z12	5,09	5,19	+0,1	RT14	4,98	5,84	+0,86
RT1	5,27	5,12	-0,15	RT15	4,87	4,56	-0,31
RT2	5,42	5,58	+0,16	RT16	4,00	4,16	+0,16
RT3	5,39	4,89	-0,5	RT17	3,61	5,5	+1,89

Vyhodnocení:

V lesním ekosystému je průměrná hodnota půdní reakce aktivní z dubna 3,92 a z října 4,21, zvýšení o 0,29 hodnoty pH_{H_2O} . Maximální hodnota z dubna je 4,87 (RT15) a z října 5,5 (RT17), přičemž zároveň minimální hodnota pH_{H_2O} z dubna je 3,56 (L6) a z října 3,63 (L5). Také v tabulce lze vidět i určité zvýšení hodnot pH_{H_2O} oproti snížení pH_{H_2O} hodnot, a to v poměru 5 : 3. Pokud odstraníme extrémní hodnotu bodu RT17 ze souboru, tak je průměrné zvýšení o 0,06 hodnoty pH_{H_2O} , což není nijak vypovídající.

Ekoton je tvořen 2 body, přičemž u nich průměrná hodnota půdní reakce aktivní z dubna je 5,57 a z října 5,83, zvýšení o 0,26 hodnoty pH_{H_2O} . Samozřejmě, kvůli malému zastoupení bodů v souboru, je u těchto hodnot složité vyvozovat určité exaktní závěry. Uvedené zvýšení je s největší pravděpodobností nepodstatné, způsobené převážně výrazným výkyvem hodnoty bodu RT14.

Transekt v ekosystému trvalého travního porostu je tvořen 18 body, kdy průměrná hodnota půdní reakce aktivní z dubna je 5,59 a z října 5,36, pokles o 0,23 hodnoty pH_{H_2O} . Maximální extrémní hodnota z dubna je 7,05 (RT8) a z října 6,71 (RT8), jenž je s největší pravděpodobností způsobená provedeným mělkým odběrem v En horizontu již zmíněného půdního typu pseudoglej, a zároveň minimální hodnota pH_{H_2O} z dubna je 4,81 (RT13) a z října 4,69 (RT12). Rovněž v tabulce lze i pozorovat určité snížení hodnot pH_{H_2O} oproti zvýšení pH_{H_2O} hodnot, a to v poměru 13 : 5, což může podporovat změnu pH_{H_2O} v rámci roční dynamiky studovaného území.

5.1.1.2 Půdní reakce výměnná potenciální

Tab. 5 – Hodnoty půdní reakce výměnné potenciální (pH_{KCl}) na transektu

Číslo bodu	Duben – hodnota pH_{KCl}	Říjen – hodnota pH_{KCl}	Rozdíl hodnot	Číslo bodu	Duben – hodnota pH_{KCl}	Říjen – hodnota pH_{KCl}	Rozdíl hodnot
L6	2,96	3,09	+0,13	RT4	4,42	4,52	+0,1
L5	3,02	2,88	-0,14	RT5	4,9	4,76	-0,14
L4	2,96	3,03	+0,07	RT6	5,32	5,14	-0,18
L3	3,23	3,06	-0,17	RT7	5,25	4,67	-0,58
L2	3,92	3,32	-0,6	RT8	6,97	6,18	-0,79
E1	5,49	5,48	-0,01	RT9	5,33	4,75	-0,58
Z8	4,91	4,76	-0,15	RT10	5,09	4,67	-0,42
Z9	4,93	4,86	-0,07	RT11	4,85	4,71	-0,14
Z10	5,2	3,98	-1,22	RT12	4,39	4,36	-0,03
Z11	5,18	4,52	-0,66	RT13	4,06	3,79	-0,27
Z12	4,9	4,35	-0,55	RT14	4,25	4,15	-0,1
RT1	5,01	5,05	+0,04	RT15	4,02	3,57	-0,45
RT2	4,67	5,27	+0,6	RT16	3,28	3,5	+0,22
RT3	4,43	4,75	+0,32	RT17	3,04	3,21	+0,17

Vyhodnocení:

V lesním ekosystému je průměrná hodnota půdní reakce výměnné potenciální z dubna 3,30 a z října 3,21, snížení o 0,09 hodnoty pH_{KCl} . Maximální hodnota z dubna je 4,02 (RT15) a z října 3,57 (RT15) a současně minimální hodnota pH_{KCl} z dubna je 2,96 (L4 a L6) a z října 2,88 (L5). Rovněž v tabulce lze pozorovat i rovnovážný stav mezi zvýšením hodnot pH_{KCl} a poklesem pH_{KCl} hodnot, a to v poměru 4 : 4. Též tomuto rovnovážnému aspektu hodnot napovídá i malý rozdíl mezi průměrnými hodnotami pH_{KCl} .

V ekotonu je průměrná hodnota půdní reakce výměnné potenciální z dubna 4,87 a z října 4,82, snížení o 0,05 hodnoty pH_{KCl} . Kvůli malému množství bodů je složité vyvozovat exaktně věrohodné závěry, proto nebudou ani nyní zmíněny.

V transektu ekosystému trvalého travního porostu je průměrná hodnota půdní reakce výměnné potenciální z dubna 4,99 a z října 4,73, pokles o 0,26 hodnoty pH_{KCl} . Maximální hodnota z dubna je 6,97 (RT8) a z října 6,18 (RT8), jenž je způsobená již zmíněným mělkým odběrem v En horizontu. Zároveň minimální hodnota pH_{KCl} z dubna je 4,06 (RT13) a z října 3,73 (RT13). Též v tabulce je možno vidět i určité snížení hodnot pH_{KCl} oproti zvýšení pH_{KCl} hodnot, a to v poměru 14 : 4, což může podporovat pravděpodobnost změny pH v rámci roční dynamiky území jako u pH_{H_2O} .

5.1.2 Bodové pole na TTP

5.1.2.1 Půdní reakce aktivní

Tab. 6 – Hodnoty půdní reakce aktivní (pH_{H_2O}) v bodovém poli

Číslo bodu	Duben – hodnota pH_{H_2O}	Říjen – hodnota pH_{H_2O}	Rozdíl hodnot	Číslo bodu	Duben – hodnota pH_{H_2O}	Říjen – hodnota pH_{H_2O}	Rozdíl hodnot
R1	5,74	4,75	-0,99	R18	5,75	5,22	-0,53
R2	5,01	5,31	+0,3	R19	5,75	6,45	+0,7
R3	5,81	5,83	+0,02	R20	5,4	5,92	+0,52
R4	5,93	x		R21	5,56	x	
R5	5,61	x		R22	5,49	x	
R6	5,18	5,02	-0,16	R23	6,18	6,17	-0,01
R7	5,42	5,48	+0,06	R24	5,85	6,33	+0,48
R8	5,37	5,11	-0,26	R25	5,67	5,86	-0,19
R9	5	5,43	+0,43	R26	5,69	6,53	+0,84
R10	6,24	6,3	+0,06	R27	4,41	x	
R11	6,07	5,46	-0,61	R28	6,65	7,2	+0,55
R12	5,6	5,58	-0,02	R29	5,02	5,33	+0,31
R13	5,37	5,33	-0,04	R30	6,15	x	
R14	5,89	5,12	-0,77	R31	5,12	x	
R15	5,5	4,93	-0,57	R32	6,13	x	
R16	5,36	5,09	-0,27	R33	5,15	5,28	+0,13
R17	5,37	5,17	-0,2				

x – neodebrané půdní vzorky

Vyhodnocení:

Na zkoumané ploše ekosystému trvalého travního porostu je průměrná hodnota půdní reakce aktivní z dubna 5,59 a z října 5,61, zvýšení o 0,02 hodnoty pH_{H_2O} .

Maximální hodnota z dubna je 6,64 (R28) a z října 7,2 (R28), přitom minimální hodnota pH_{H_2O} z dubna je 4,41 (R27) a z října 4,75 (R1). Rovněž v tabulce je možno pozorovat i minimální snížení hodnot pH_{H_2O} oproti zvýšení pH_{H_2O} hodnot, a to v poměru 13 : 12, což nenabízí žádné závěry. Také v souboru bodů mezi R10 až R18 lze vidět i určitou konstantnost v jednotlivých hodnotách.

Po odstranění hodnot ze souboru, které nemají páry, je průměrná hodnota pH_{H_2O} z dubna 5,60, zvýšení 0,01 hodnoty pH, což též neposkytuje žádné exaktní závěry.

5.1.2.2 Půdní reakce výměnná potenciální

Tab. 7 – Hodnoty půdní reakce výměnné potenciální (pH_{KCl}) v bodovém poli

Číslo bodu	Duben – hodnota pH_{KCl}	Říjen – hodnota pH_{KCl}	Rozdíl hodnot	Číslo bodu	Duben – hodnota pH_{KCl}	Říjen – hodnota pH_{KCl}	Rozdíl hodnot
R1	4,81	4,3	-0,51	R18	5,46	4,45	-1,01
R2	4,66	5,2	+0,54	R19	5,43	5,65	+0,22
R3	5,03	5,21	+0,18	R20	4,67	5,3	+0,63
R4	5,06	x		R21	4,75	x	
R5	4,84	x		R22	5,54	x	
R6	4,68	4,54	-0,14	R23	5,61	4,74	-0,87
R7	5,15	5,34	+0,19	R24	4,95	6,48	+1,53
R8	4,43	4,32	-0,11	R25	5,17	4,82	-0,35
R9	4,17	3,95	-0,22	R26	6,36	6,42	+0,06
R10	5,49	5,50	+0,01	R27	3,94	x	
R11	5,34	5,02	-0,32	R28	6,12	5,69	-0,43
R12	4,91	4,58	-0,33	R29	4,7	4,69	-0,01
R13	4,83	4,9	+0,07	R30	5,4	x	
R14	5,35	4,7	-0,65	R31	4,94	x	
R15	4,83	4,56	-0,27	R32	5,07	x	
R16	4,85	4,31	-0,54	R33	4,62	4,71	+0,09
R17	4,64	4,38	-0,26				

x – neodebrané půdní vzorky

Vyhodnocení:

Na zkoumané ploše ekosystému trvalého travního porostu je průměrná hodnota půdní reakce výměnné potenciální z dubna 5,02 a z října 4,95, snížení o 0,07 hodnoty pH_{KCl} . Maximální hodnota z dubna je 6,36 (R26) a z října 6,48 (R25), přičemž minimální hodnota pH_{KCl} z dubna je 3,94 (R27) a z října 3,95 (R9). Dále v tabulce lze pozorovat i určitý pokles hodnot pH_{KCl} oproti zvýšení pH_{KCl} hodnot, a to v poměru 15 : 10, což může

poukazovat na malou pravděpodobnost acidifikace zdejších půd. Též jako u reakce aktivní je možno i zde pozorovat určitou konstantnost mezi body R10 až R18.

Po odstranění hodnot ze souboru, které nemají páry, je průměrná hodnota pH_{KCl} z dubna 5,05, zvýšení 0,1 hodnoty pH_{KCl} , což o ničem nevyovídá.

5.2 Uhlík oxidovatelný (C_{ox})

5.2.1 Transekt

Tab. 8 – Hodnoty uhlíku oxidovatelného (C_{ox}) na transektu

Číslo bodu	Duben – hodnota C_{ox}	Říjen – hodnota C_{ox}	Rozdíl hodnot	Číslo bodu	Duben – hodnota C_{ox}	Říjen – hodnota C_{ox}	Rozdíl hodnot
L6	2,86	3,88	+1,02	RT4	1,97	2,19	+0,22
L5	3,06	1,25	-1,81	RT5	1,88	1,99	+0,11
L4	2,93	2,35	-0,58	RT6	2,28	1,88	-0,40
L3	2,61	3,81	+1,20	RT7	2,17	2,43	+0,26
L2	3,63	0,95	-2,68	RT8	2,78	3,01	+0,23
E1	2,54	2,71	+0,17	RT9	1,72	1,77	+0,05
Z8	2,89	2,67	-0,22	RT10	1,68	1,74	+0,06
Z9	2,52	2,57	+0,05	RT11	1,96	1,58	-0,38
Z10	2,19	2,25	+0,06	RT12	1,15	1,31	+0,16
Z11	2,00	2,05	+0,05	RT13	1,85	1,23	-0,62
Z12	1,40	1,98	+0,58	RT14	1,66	1,75	+0,09
RT1	1,36	2,26	+0,90	RT15	1,22	1,31	+0,09
RT2	1,89	2,11	+0,22	RT16	2,51	2,17	-0,34
RT3	1,62	1,93	+0,31	RT17	2,47	2,27	-0,20

Vyhodnocení:

V lesním ekosystému je průměrný procentuální podíl organického uhlíku v půdě z dubna 2,66 % a z října 2,25 %, snížení o 0,42 %. Přitom v dubnu se podíl uhlíku v půdních vzorcích pohyboval od 1,22 (RT15) do 3,63 % (L2) a v říjnu v rozmezí od 0,95 (L2) do 3,88 % (L6). Ještě v tabulce je možno i vidět zřetelný pokles obsahu uhlíku v půdě oproti zvýšení obsahu uhlíku v půdě, a to v poměru 5 : 3. Snížení může být způsobené dekompozicí dotčeného detritu lesního ekosystému, který je posléze nahrazován opadem asimilačního aparátu v podzimním období.

V ekotonu je průměrný procentuální podíl organického uhlíku v půdě z dubna 2,10 % a z října 2,23 %, zvýšení o 0,13 %, což může podporovat tezi o iniciálním rozkladu

zbytků bylin a trav nedalekého trvalého travního porostu, a to z nedávného letního sečení zdejších luk.

V transektu ekosystému trvalého travního porostu je průměrný procentuální podíl organického uhlíku v půdě z dubna 1,96 % a z října 2,05 %, drobné zvýšení o 0,09 %. Zároveň v dubnu se podíl uhlíku v půdních vzorcích pohyboval od 1,15 (RT12) do 2,89 % (Z8) a v říjnu v rozmezí od 1,23 (RT13) do 3,01 % (RT8). Také v tabulce lze pozorovat i určité rovnoměrné zvýšení podílu uhlíku v půdě oproti poklesu podílu uhlíku v půdě u jednotlivých vzorků, a to v poměru 14 : 4. Dané zvýšení uhlíku v půdě je sice nevýrazné, avšak též může dokazovat iniciální rozklad surové organické hmoty TTP.

5.2.2 Bodové pole na TTP

Tab. 9 – Hodnoty uhlíku oxidovatelného (C_{ox}) v bodovém poli

Číslo bodu	Duben – hodnota C_{ox}	Říjen – hodnota C_{ox}	Rozdíl hodnot	Číslo bodu pole	Duben – hodnota C_{ox}	Říjen – hodnota C_{ox}	Rozdíl hodnot
R1	2,15	1,52	-0,63	R18	2,35	1,17	-1,18
R2	1,93	1,71	-0,22	R19	3,05	1,97	-1,08
R3	1,91	1,68	-0,23	R20	2,34	2,36	+0,02
R4	1,87	x		R21	2,18	x	
R5	1,72	x		R22	3,29	x	
R6	1,98	0,91	-1,07	R23	2,91	1,78	-1,13
R7	1,41	1,25	-0,16	R24	2,88	2,08	-0,80
R8	2,41	1,54	-0,87	R25	1,87	1,65	-0,22
R9	1,90	2,79	+0,89	R26	3,49	1,75	-1,74
R10	2,72	2,49	-0,23	R27	2,79	x	
R11	2,24	1,39	-0,85	R28	2,82	2,59	-0,23
R12	2,41	1,72	-0,69	R29	2,15	1,74	-0,41
R13	1,84	1,71	-0,13	R30	2,97	x	
R14	1,85	1,68	-0,17	R31	2,53	x	
R15	2,09	1,15	-0,94	R32	2,09	x	
R16	2,57	1,81	-0,76	R33	1,72	1,41	-0,31
R17	1,99	2,04	+0,05				

x – neodebrané půdní vzorky

Vyhodnocení:

Na zkoumané ploše ekosystému trvalého travního porostu je průměrný procentuální podíl organického uhlíku v půdě z dubna 2,32 % a z října 1,75 %, výrazné snížení o 0,57 %. Přitom v dubnu se podíl uhlíku v půdních vzorcích pohyboval od 1,41 (R7) do 3,49 % (R26) a v říjnu v rozmezí od 0,91 (R6) do 2,79 % (R9). Taktéž

v tabulce je možno sledovat i výrazný pokles podílu uhlíku v půdě oproti zvýšení podílu uhlíku v půdě u jednotlivých půdních vzorků, a to v poměru 22 : 3, to může svědčit o úbytku organického uhlíku v půdě.

Po odstranění hodnot ze souboru, které nemají páry, je průměrný procentuální podíl organického uhlíku v půdě z dubna 2,28 %, snížení 0,53 %, což je téměř totožné jako u předchozí hodnoty v rámci rozdílů změn v čase na studovaném území.

5.3 Celkový dusík (N_{tot})

5.3.1 Transekt

Tab. 10 – Hodnoty celkového dusíku (N_{tot}) na transektu

Číslo bodu	Duben – hodnota N_{tot}	Říjen – hodnota N_{tot}	Rozdíl hodnot	Číslo bodu	Duben – hodnota N_{tot}	Říjen – hodnota N_{tot}	Rozdíl hodnot
L6	0,24	0,32	+0,08	RT4	0,22	0,25	+0,02
L5	0,25	0,17	-0,08	RT5	0,19	0,23	+0,04
L4	0,25	0,22	-0,03	RT6	0,22	0,22	0,00
L3	0,23	0,35	+0,12	RT7	0,24	0,27	+0,03
L2	0,27	0,16	-0,11	RT8	0,24	0,25	+0,01
E1	0,24	0,24	0,00	RT9	0,19	0,19	0,00
Z8	0,24	0,24	0,00	RT10	0,18	0,20	+0,02
Z9	0,24	0,24	0,00	RT11	0,21	0,19	-0,02
Z10	0,21	0,24	+0,03	RT12	0,18	0,19	+0,01
Z11	0,21	0,23	+0,02	RT13	0,22	0,19	-0,04
Z12	0,19	0,22	+0,03	RT14	0,21	0,20	-0,01
RT1	0,18	0,23	+0,04	RT15	0,18	0,18	0,00
RT2	0,21	0,22	+0,01	RT16	0,24	0,22	-0,02
RT3	0,20	0,22	+0,02	RT17	0,21	0,23	+0,02

Vyhodnocení:

V lesním ekosystému je průměrný procentuální podíl celkového dusíku v půdě z dubna 0,24 % a z října 0,23 %, pokles o 0,01 %. Přitom v dubnu se podíl dusíku v půdních vzorcích pohyboval od 0,18 (RT15) do 0,27 % (L2) a v říjnu v rozmezí od 0,16 (L2) do 0,35 % (L3). Též v tabulce lze pozorovat i nevýznamné snížení obsahu dusíku v půdě oproti zvýšení obsahu dusíku v půdě, a to v poměru 4 : 3, což o ničem nevypovídá.

V ekotonu je průměrný procentuální podíl celkového dusíku v půdě z dubna 0,23 % a z října 0,22 %, snížení o 0,01 %. Zobrazený rozdíl hodnot je neprůkazný a o ničem nesevčdí.

V transektu ekosystému trvalého travního porostu je průměrný procentuální podíl celkového dusíku v půdě z dubna 0,21 % a z října 0,22 %, drobné zvýšení o 0,01 %. Přitom v dubnu se podíl dusíku v půdních vzorcích pohyboval od 0,18 (RT10 a RT12) do 0,24 % (Z8, Z9, RT7 a RT8) a v říjnu v rozmezí od 0,19 (RT9, RT11, RT12 a RT13) do 0,25 % (RT4 a RT8). Také v tabulce je možno i vidět určité rovnoměrné zvýšení podílu dusíku oproti poklesu podílu dusíku v půdě u jednotlivých půdních vzorků, a to v poměru 12 : 2. U zbylých 4 bodů (Z8, Z9, RT6 a RT9) nedošlo k žádné změně. Uvedené zvýšení dusíku je v půdě sice nevýrazné, avšak může dokazovat zvyšování organické hmoty v půdě, jako to bylo zjištěno u uhlíku.

5.3.2 Bodové pole na TTP

Tab. 11 – Hodnoty celkového dusíku (N_{tot}) v bodovém poli

Číslo bodu	Duben – hodnota N_{tot}	Říjen – hodnota N_{tot}	Rozdíl hodnot	Číslo bodu	Duben – hodnota N_{tot}	Říjen – hodnota N_{tot}	Rozdíl hodnot
R1	0,23	0,19	-0,04	R18	0,21	0,16	-0,05
R2	0,22	0,19	-0,03	R19	0,26	0,20	-0,06
R3	0,19	0,19	0,00	R20	0,28	0,23	-0,05
R4	0,20	x		R21	0,22	x	
R5	0,20	x		R22	0,27	x	
R6	0,22	0,18	-0,04	R23	0,25	0,18	-0,07
R7	0,18	0,18	0,00	R24	0,24	0,21	-0,03
R8	0,25	0,17	-0,08	R25	0,19	0,21	+0,02
R9	0,19	0,26	+0,07	R26	0,27	0,19	-0,08
R10	0,25	0,25	0,00	R27	0,26	x	
R11	0,21	0,19	-0,02	R28	0,25	0,24	-0,01
R12	0,25	0,20	-0,05	R29	0,21	0,19	-0,02
R13	0,21	0,20	-0,01	R30	0,26	x	
R14	0,20	0,19	-0,01	R31	0,23	x	
R15	0,23	0,17	-0,06	R32	0,21	x	
R16	0,23	0,19	-0,04	R33	0,19	0,17	-0,02
R17	0,23	0,23	0,00				

x – neodebrané půdní vzorky

Vyhodnocení:

Na zkoumané ploše ekosystému trvalého travního porostu je průměrný procentuální podíl celkového dusíku v půdě z dubna 0,23 % (totožná hodnota i po odstranění nepárových bodů) a z října 0,20 %, pokles o 0,03 %. Přitom v dubnu se podíl dusíku v půdních vzorcích pohyboval od 0,19 (R25 a R33) do 0,28 % (R20) a v říjnu v rozmezí od 0,16 (R18) do 0,26 % (R9). Kromě toho v tabulce lze vidět výrazné snížení

podílu dusíku v půdě oproti zvýšení podílu dusíku v půdě u jednotlivých vzorků, a to v poměru 19 : 2, to svědčí o úbytku dusíku v půdě jako u uhlíku v půdě v bodovém poli.

5.4 Maximální kapilární vodní kapacita (Θ_{MKK})

5.4.1 Transekt

Tab. 12 – Hodnoty maximální kapilární vodní kapacita (Θ_{MKK}) na transektu

Číslo bodu	Duben – hodnota Θ_{MKK}	Říjen – hodnota Θ_{MKK}	Rozdíl hodnot	Číslo bodu pole	Duben – hodnota Θ_{MKK}	Říjen – hodnota Θ_{MKK}	Rozdíl hodnot
L6	55,30	48,11	-7,19	RT4	47,11	44,23	-2,88
L5	52,49	60,14	+7,65	RT5	53,81	46,82	-6,99
L4	43,21	42,35	-0,86	RT6	46,84	44,52	-2,32
L3	62,44	22,65	-39,79	RT7	47,96	48,22	+0,26
L2	50,66	38,09	-12,57	RT8	49,33	50,22	+0,89
E1	44,28	54,70	+10,42	RT9	46,64	48,68	+2,04
Z8	46,04	54,74	+8,70	RT10	48,45	52,72	+4,27
Z9	53,21	54,37	+1,16	RT11	50,15	45,48	-4,67
Z10	49,99	47,69	-2,30	RT12	42,72	44,24	+1,52
Z11	47,22	51,37	+4,15	RT13	54,38	72,36	+17,98
Z12	43,62	48,58	+4,96	RT14	45,04	46,84	+1,80
RT1	42,64	53,99	+11,35	RT15	46,35	30,40	-15,95
RT2	49,70	48,54	-1,16	RT16	42,80	18,86	-23,94
RT3	50,59	50,68	+0,09	RT17	43,24	28,30	-14,94

Vyhodnocení:

V lesním ekosystému je průměrná hodnota Θ_{MKK} půdy z dubna 49,56 % a z října 36,11 %, snížení o 13,48 %, přičemž v dubnu se Θ_{MKK} v půdních vzorcích pohybovala v rozmezí od 42,80 (RT16) do 62,44 % (L3) a v říjnu od 22,65 (L3) do 60,14 % (L5).

V ekotonu je průměrná hodnota Θ_{MKK} půdy z dubna 44,66 % a z října 50,77 %, zvýšení o 6,11 %. Tento rozdíl souboru v přítomném malém počtu hodnot o ničem věrohodně nevypovídá, jako u všech předchozích hodnot již uvedených půdních vlastností ekotonu.

V transektu ekosystému trvalého travního porostu je průměrná hodnota Θ_{MKK} půdy z dubna 48,36 % a z října 50,41 %, drobné nepodstatné zvýšení o 2,05 %. Přitom v dubnu se hodnota Θ_{MKK} v půdě pohybovala od 42,72 (RT12) do 54,38 % (RT13) a v říjnu v rozmezí od 44,23 (RT4) do 72,36 % (RT13).

5.4.2 Bodové pole na TTP

Tab. 13 – Hodnoty maximální kapilární vodní kapacita (Θ_{MKK}) v bodovém poli

Číslo bodu	Duben – hodnota Θ_{MKK}	Říjen – hodnota Θ_{MKK}	Rozdíl hodnot	Číslo bodu pole	Duben – hodnota Θ_{MKK}	Říjen – hodnota Θ_{MKK}	Rozdíl hodnot
R1	51,45	48,29	-3,16	R18	48,13	38,13	-10,00
R2	48,73	47,37	-1,36	R19	50,12	42,54	-7,58
R3	47,56	47,11	-0,45	R20	52,30	47,07	-5,23
R4	52,43	x		R21	51,48	x	
R5	50,10	x		R22	51,91	x	
R6	52,70	40,96	-11,74	R23	47,91	40,35	-11,13
R7	43,91	44,89	+0,98	R24	49,73	41,64	-10,27
R8	50,35	34,00	-16,35	R25	51,16	46,60	-1,31
R9	50,27	50,05	-0,22	R26	51,21	38,15	-11,58
R10	53,83	46,35	-7,48	R27	59,69	x	
R11	49,83	46,32	-3,51	R28	50,17	50,71	-0,45
R12	51,26	50,37	-0,89	R29	50,07	48,28	-2,93
R13	47,58	48,06	+0,48	R30	48,15	x	
R14	51,54	50,72	-0,82	R31	52,12	x	
R15	49,20	27,74	-21,46	R32	44,35	x	
R16	57,45	45,23	-12,22	R33	42,57	32,64	-27,05
R17	30,69	49,32	+18,63				

x – neodebrané půdní vzorky

Vyhodnocení:

Na zkoumané ploše ekosystému trvalého travního porostu je průměrná hodnota Θ_{MKK} půdy z dubna 49,70 % a z října 44,12 %, snížení o 5,50 %, přičemž v dubnu se Θ_{MKK} v půdních vzorcích pohybovala od 30,69 (RT17) do 59,69 % (R27) a v říjnu v rozmezí od 27,74 (R15) do 50,72 % (R14). Zjištěný pokles hodnot v bodovém poli je v tomto případě už podstatný, který může mít souvislost i s úbytkem organického uhlíku a celkového dusíku v půdě, jak bylo už několikrát zmíněno.

Po odstranění hodnot ze souboru, které nemají páry, je průměrná hodnota Θ_{MKK} půdy z dubna 49,19 %, snížení 5,07 %, což též může podporovat zmíněnou tezi o snížení retenční schopnosti svrchních profilů půd v důsledku poklesu podílu C_{ox} a N_{tot} .

5.5 Minimální vzdušná kapacita (A_{MKK})

5.5.1 Transekt

Tab. 14 – Hodnoty minimální vzdušné kapacity (A_{MKK}) na transektu

Číslo bodu	Duben – hodnota A_{MKK}	Říjen – hodnota A_{MKK}	Rozdíl hodnot	Číslo bodu pole	Duben – hodnota A_{MKK}	Říjen – hodnota A_{MKK}	Rozdíl hodnot
L6	29,95	0,75	-29,20	RT4	3,54	12,34	+8,80
L5	26,76	11,54	-15,22	RT5	1,52	4,30	+2,78
L4	38,43	25,88	-12,56	RT6	2,65	1,52	-1,13
L3	16,76	48,04	+31,28	RT7	0,95	1,52	+0,57
L2	16,72	18,23	+1,51	RT8	1,52	5,41	+3,89
E1	20,98	4,38	-16,60	RT9	7,04	4,34	-2,70
Z8	2,93	1,52	-1,41	RT10	1,52	1,52	0,00
Z9	1,52	2,20	+0,68	RT11	2,35	3,45	+1,10
Z10	1,52	5,61	+4,09	RT12	4,45	0,55	-3,90
Z11	5,79	1,52	-4,27	RT13	1,52	1,52	0,00
Z12	1,52	8,40	+6,88	RT14	12,74	7,55	-5,19
RT1	3,19	1,52	-1,67	RT15	5,04	32,62	+27,57
RT2	1,52	2,55	+1,03	RT16	38,69	44,02	+5,33
RT3	1,52	1,52	0,00	RT17	28,13	22,04	-6,09

Vyhodnocení:

V lesním ekosystému je průměrná hodnota A_{MKK} půdy z dubna 25,06 % a z října 25,39 %, zvýšení o 0,33 %. Přitom v dubnu se A_{MKK} v půdních vzorcích pohybovala od 5,04 (RT15) do 38,69 % (RT16) a v říjnu v rozmezí od 0,75 (L6) do 48,04 % (L3).

V ekotonu je průměrná hodnota A_{MKK} půdy z dubna 16,86 % a z října 5,96 %, snížení o 10,90 %. Uvedený rozdíl v daném malém počtu hodnot o ničem exaktně nevyovídá.

V transektu ekosystému trvalého travního porostu je průměrná hodnota A_{MKK} v půdě z dubna 2,59 % a z října 3,52 %, drobné nepodstatné zvýšení o 0,93 %. Přitom v dubnu se hodnota A_{MKK} v půdních vzorcích pohybovala od 0,95 (RT7) do 7,04 % (RT9) a v říjnu v rozmezí od 0,55 (RT12) do 12,34 % (RT4).

5.5.2 Bodové pole na TTP

Tab. 15 – Hodnoty minimální vzdušné kapacity (A_{MKK}) v bodovém poli

Číslo bodu	Duben – hodnota A_{MKK}	Říjen – hodnota A_{MKK}	Rozdíl hodnot	Číslo bodu	Duben – hodnota A_{MKK}	Říjen – hodnota A_{MKK}	Rozdíl hodnot
R1	1,52	3,98	+2,46	R18	0,37	9,15	+8,78
R2	1,52	1,52	0,00	R19	1,24	1,52	+0,28
R3	1,52	2,34	+0,82	R20	6,30	1,52	-4,78
R4	1,52	x		R21	1,52	x	
R5	7,76	x		R22	2,06	x	
R6	1,22	7,28	+6,06	R23	1,52	0,86	-0,66
R7	1,52	5,39	+3,87	R24	2,63	1,52	-0,54
R8	3,38	8,94	+5,55	R25	1,52	3,36	+1,84
R9	1,68	2,84	+1,16	R26	1,52	10,91	+8,29
R10	1,52	6,86	+5,34	R27	1,52	x	
R11	3,10	2,74	-0,36	R28	2,42	0,60	-0,92
R12	0,91	2,45	+1,54	R29	1,52	1,52	0,00
R13	1,52	3,91	+2,39	R30	3,03	x	
R14	1,84	1,52	-0,32	R31	1,52	x	
R15	3,60	16,01	+12,41	R32	1,52	x	
R16	1,52	1,77	+0,25	R33	1,52	14,87	+13,35
R17	6,28	0,57	-5,72				

x – neodebrané půdní vzorky

Vyhodnocení:

Na zkoumané ploše ekosystému trvalého travního porostu je průměrná hodnota A_{MKK} půdy z dubna 2,30 % a z října 4,56 %, zvýšení o 2,26 %, přičemž v dubnu se A_{MKK} v půdních vzorcích pohybovala od 0,37 (RT18) do 7,76 % (R5) a v říjnu v rozmezí od 0,57 (R17) do 16,01 % (R15). Uvedené zvýšení hodnot v bodovém poli je též už podstatné jako u Θ_{MKK} v bodovém poli.

Po odstranění hodnot ze souboru, které nemají páry, je průměrná hodnota A_{MKK} půdy z dubna 1,96 %, zvýšení o 2,60 %, což též může podporovat tezi o snížení retenční schopnosti půdy v ekosystému trvalého travního porostu.

Veškerá zmíněná zhodnocení heterogenních půdních vlastností jsou doplněna o grafické vizualizace v příloze, a to formou grafů pro transekt a map heterogenity pro oblast bodového pole na trvalém travním porostu.

5.6 Statistické vyjádření řešených půdních vlastností

Uvažujeme-li, že získané vzorky půdy byly odebrány na celé ploše na stejných místech, tak lze použít již uvedený párový T – test ($p \geq 0,05$) (Drápela, 2012a), avšak nastává problém kvůli zjednodušení bodového pole na TTP. Proto ze souboru bodové pole TTP byly vyjmuty nepárové body R4, R5, R21, R22, R27, R30, R31 a R32, které nejsou zahrnuty do statistického vyjádření dotčených půdních vlastností.

Pro posouzení je nutné si za prvé definovat **nulovou** a **alternativní hypotézu**:

Nulová hypotéza: Dotčená půdní vlastnost v říjnu se neliší od řešené půdní vlastnosti dubnu v rámci roční dynamiky půdních vlastností na zkoumané ploše.

Alternativní hypotéza: Dotčená půdní vlastnost v říjnu se liší od řešené půdní vlastnosti dubnu v rámci roční dynamiky půdních vlastností na zkoumané ploše.

Ověření daných hypotéz:

Tab. 16 – Statistické vyjádření řešených půdních vlastností

T – test	LES transekt		Sm. odch. Duben	Sm. odch. Říjen	Sm. odch. rozdíl	Vyhodnocení:
	p – hodnota testu	Počet hodnot				
pH _{KCl}	0,3965	8	0,4284	0,2402	0,3014	<i>Nulová hypotéza</i>
pH _{H₂O}	0,2854	8	0,4695	0,6039	0,6969	<i>Nulová hypotéza</i>
Θ _{MKK}	0,0335	8	7,0194	13,8183	14,4221	<i>Alternativní hypotéza</i>
A _{MKK}	0,9658	8	11,5888	15,9182	20,8658	<i>Nulová hypotéza</i>
C _{ox}	0,3991	8	0,6898	1,1130	0,3991	<i>Nulová hypotéza</i>
N _{tot}	0,8946	8	0,0276	0,0693	0,8946	<i>Nulová hypotéza</i>
T – test	EKOTON transekt		Sm. odch. Duben	Sm. odch. Říjen	Sm. odch. rozdíl	Vyhodnocení:
	p – hodnota tesu	Počet hodnot				
pH _{KCl}	0,4365	2	0,8768	0,9404	0,0636	<i>Nulová hypotéza</i>
pH _{H₂O}	0,7397	2	0,8273	0,0212	0,8485	<i>Nulová hypotéza</i>
Θ _{MKK}	0,3911	2	0,5374	5,5578	6,0952	<i>Nulová hypotéza</i>
A _{MKK}	0,3070	2	5,8289	2,2371	8,0660	<i>Nulová hypotéza</i>
C _{ox}	0,1821	2	0,6223	0,6753	0,0530	<i>Nulová hypotéza</i>
N _{tot}	0,5000	2	0,0212	0,0283	0,0070	<i>Nulová hypotéza</i>

TTP transekt						
T – test	p – hodnota testu	Počet hodnot	Sm. odch. Duben	Sm. odch. Říjen	Sm. odch. rozdílu	Vyhodnocení:
pH _{KCl}	0,0186	18	0,6095	0,5149	0,4276	<i>Alternativní hypotéza</i>
pH _{H₂O}	0,0062	18	0,4968	0,4436	0,3159	<i>Alternativní hypotéza</i>
Θ _{MKK}	0,1636	18	3,4618	6,4424	5,9966	<i>Nulová hypotéza</i>
A _{MKK}	0,3285	18	1,6793	3,0105	3,4490	<i>Nulová hypotéza</i>
C _{ox}	0,2949	18	0,4631	0,4533	0,3519	<i>Nulová hypotéza</i>
N _{tot}	0,0239	18	0,0221	0,0242	0,0198	<i>Alternativní hypotéza</i>
TTP bodové pole						
T – test	p – hodnota testu	Počet hodnot	Sm. odch. Duben	Sm. odch. Říjen	Sm. odch. rozdílu	Vyhodnocení:
pH _{KCl}	0,3407	25	0,5071	0,6375	0,5165	<i>Nulová hypotéza</i>
pH _{H₂O}	0,9496	25	0,4107	0,6014	0,5321	<i>Nulová hypotéza</i>
Θ _{MKK}	0,0029	25	4,8417	6,0941	7,6447	<i>Alternativní hypotéza</i>
A _{MKK}	0,0173	25	1,4514	4,3678	4,7497	<i>Alternativní hypotéza</i>
C _{ox}	5,6595*10 ⁻⁵	25	0,4868	0,4551	0,5396	<i>Alternativní hypotéza</i>
N _{tot}	0,0003	25	0,0272	0,0251	0,0330	<i>Alternativní hypotéza</i>

Zhodnocení statistických analýz:

U lesních ekosystémů přijímáme pět nulových hypotéz a též i jednu alternativní hypotézu o změně dotčených půdních vlastností, konkrétně o změně hodnoty Θ_{MKK}.

U ekotonu přijímáme všechny nulové hypotézy o změně dotčených půdních vlastností.

U ekosystémů trvalých travních porostů na transektu přijímáme tři nulové hypotézy a rovněž přijímáme i tři alternativní hypotézy o změně dotčených půdních vlastností, konkrétně o změně hodnot pH_{KCl}, pH_{H₂O} a N_{tot}.

U ekosystémů trvalých travních porostů v bodovém poli přijímáme dvě nulové hypotézy, avšak přijímáme i čtyři alternativní hypotézy o změně dotčených půdních vlastností, konkrétně o změně hodnot Θ_{MKK}, A_{MKK}, C_{ox} a N_{tot}.

Pro vyjádření fyzikálně-chemických vazeb v půdě, mezi získanými statistickými závěry, je možno aplikovat na vybrané významné statistické soubory již uvedenou mnohonásobnou korelační analýzu (Drápela, 2012b). Pro vyjádření byl užit statistický soubor bodového pole TTP. Hlavními důvody, proč byl právě využit daný statistický soubor, je zejména nižší variabilita hodnot dotčených půdních vlastností a také požadovaný dostatečný počet hodnot jednotlivých bodů, které jsou rovnoměrně rozmístěné na ploše trvalého travního porostu. Vzhledem k tomu, že změny byly prokázány pouze u hodnot Θ_{MKK} , A_{MKK} , C_{ox} a N_{tot} v bodovém poli, tak bude korelační analýza cílena na zmíněné prokázané změny půdních vlastností. Jsou využita data jak z dubna 2016, tak i z října 2016, tedy celkově je použito 50 hodnot ze statistického souboru bodového pole TTP.

Sice by šel i použit statistický soubor TTP z transektu, avšak kvůli určitému lineárnímu trendu mezi odběry by data už ztrácela nezbytnou náhodnost hodnot v souboru, jenž je většinou požadováno pro korelační analýzu.

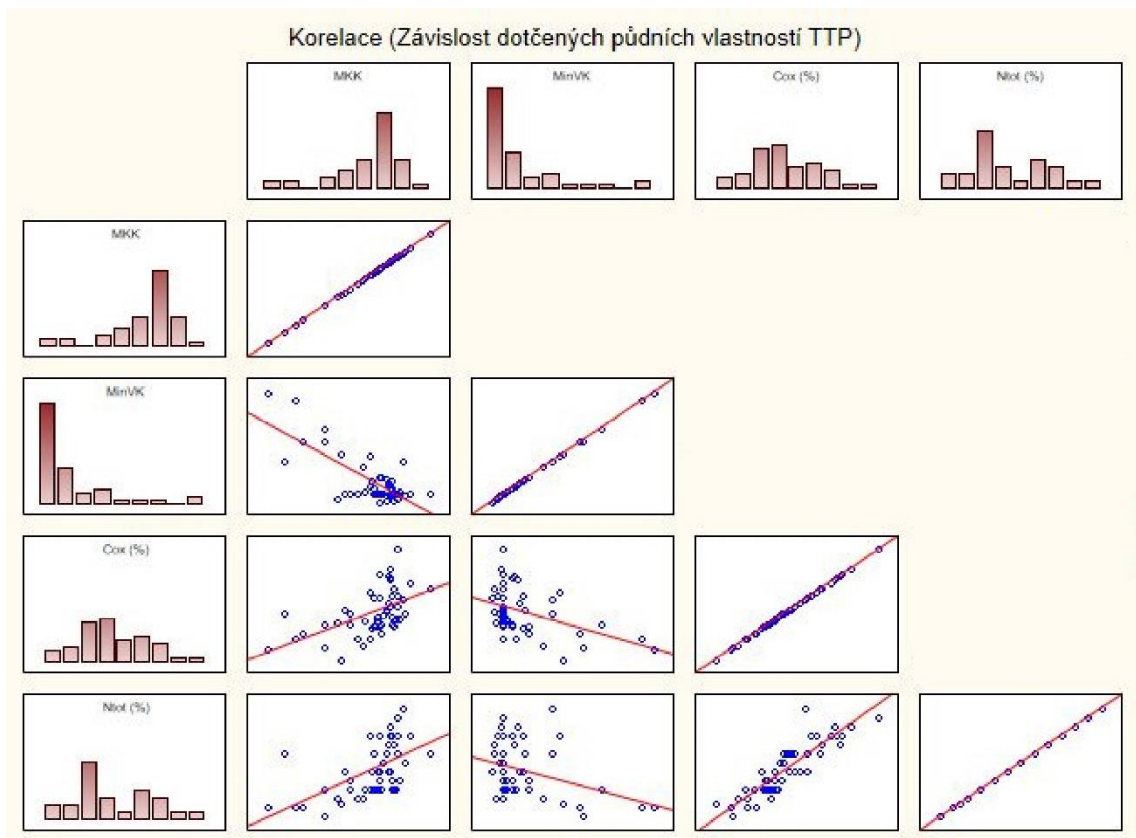
Je-li hodnota r větší či rovna hodně v tabulce, tak odpovídá zobrazené barevné škále dle zobrazené legendy:

Tab. 17 – Korelace mezi jednotlivými půdními vlastnostmi v bodovém poli TTP

	-1	-0,80	-0,60	-0,40	-0,20	0	0,20	0,40	0,60	0,80	1
Proměnné											
Θ_{MKK} (%)											
Θ_{MKK} (%)											
A_{MKK} (%)											
C_{ox} (%)											
N_{tot} (%)											

Tab. 18 – P – hodnota k zjištěné korelaci mezi dotčenými půdními vlastnostmi ($p \geq 0,05$)

Proměnné	Θ_{MKK} (%)	A_{MKK} (%)	C_{ox} (%)	N_{tot} (%)
Θ_{MKK} (%)	x	x	x	x
A_{MKK} (%)	$4,9577 \cdot 10^{-10}$	x	x	x
C_{ox} (%)	$3,7026 \cdot 10^{-5}$	0,0013	x	x
N_{tot} (%)	$2,6112 \cdot 10^{-5}$	0,0137	$3,8524 \cdot 10^{-10}$	x



Obr. 9 – Grafické vyjádření korelace mezi jednotlivými půdními vlastnostmi (Autor práce: Tomáš Vichta)

Zhodnocení korelační analýzy:

Z výsledků je patrné, že velmi silnou korelaci vykazuje vztah mezi C_{ox} a N_{tot} , což není ani překvapující, protože tyto půdní vlastnosti mezi sebou úzce souvisí a také se neustále navzájem v humusu svrchního půdního prostředí ovlivňují.

Další spojitost mezi hodnotami, jenž vykazuje silnou korelaci, je vztah mezi maximální kapilární vodní kapacitou a minimální vzdušnou kapacitou. Zapříčiněno především tím, že tyto dvě fyzikální vlastnosti jsou neustále mezi sebou v určité dynamické souvztažnosti.

Střední korelaci mezi hodnotami vykazují souvislosti mezi C_{ox} a Θ_{MKK} , N_{tot} a Θ_{MKK} a také mezi C_{ox} a A_{MKK} . Zjištěné korelační vztahy je nutné brát v potaz, ale závislost mezi N_{tot} a Θ_{MKK} nenese až takovou významnost. Důvodem je především výrazně nižší procentuální zastoupení dusíku v půdě oproti uhlíku a také tuto myšlenku podporuje i slabá korelace mezi N_{tot} a A_{MKK} , která vykazuje nejnižší statistickou významnost (Drápela, 2012b).

5.7 Celkové závěrečné diskuzní zhodnocení zjišťovaných půdních vlastností

5.7.1 Lesní ekosystém

Zkoumané půdy lesního ekosystému z hlediska půdní reakce je možno podle lesnické klasifikace charakterizovat půdní reakcí silně kyselou (Rejšek, 1999). Zjištěné zařazení potvrzuje jak průměrná hodnota $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, tak i hodnota pH_{KCl} . V roční bilanci pH nedošlo k žádné změně, kterou podporuje přijatá statistická nulová hypotéza. Hodnoty půdní reakce jsou značně rozkolísané, dáno určujícím podílem organické hmoty v jednotlivých půdních vzorcích. Lze též i pozorovat, že ve svrchní pedosféře dochází k postupné acidifikaci půd, a to směrem od ekotonu do porostu lesa, jenž je s největší pravděpodobností způsobená akumulací a transformací organické hmoty v detritu ekosystému lesa. Též se na této změně projevuje i aspekt, že získané vzorky byly odebrány z větší části v půdním typu pseudoglej, která je zpravidla kyselá z hlediska půdní reakce.

Zmíněná transformace organické hmoty může mít úzkou souvislost s nepatrným snižováním C_{ox} a N_{tot} v půdním prostředí, nicméně tyto hypotézy se statisticky nepotvrdily, proto až tak nelze brát v potaz zmíněné změny půdních vlastností. Z průměrných hodnot C_{ox} a N_{tot} dotčeného lesního ekosystému, lze vyjádřit i poměr C:N, přičemž v dubnu činil 11 : 1 a v říjnu 10 : 1. Tyto poměry spolu s procentuálním zastoupením N_{tot} poukazují na dobré zásobení zdejších lesních půd dusíkem (Bielek, 1998).

Z fyzikálního hlediska lze charakterizovat daný svrchní horizont půdy jako silně vododržný a též jako silně provzdušněný (Rejšek, 1999). Znamená to tedy, že daný horizont poskytuje optimální podmínky pro mikro- a makroorganismy, dekompozici a polymerizaci organické hmoty, a to dokonce i v deštivých periodách. Změna dotčených půdních vlastností v roční bilanci území se statisticky potvrdila pouze u maximální kapilární kapacity, kde je možno pozorovat průměrné snížení provzdušenosti svrchního horizontu o 13,5 %, jenž může mít souvislost se zmíněným procesem snižování C_{ox} a N_{tot} v půdě. Nicméně se změnou Θ_{MKK} by též měla korelovat i změna minimální vzdušné kapacity, avšak ta se statisticky nepotvrdila.

Sice uvedené závěry poskytují určitá stanoviska v jednotlivých půdních vlastnostech, ale je nutné brát v potaz, že výsledky vychází z pouze 8 bodů, které jsou značně půdně variabilní po stránce zjišťovaných vlastností. Což může způsobovat sníženou interpretační schopnost pro jednotlivě získané závěry půdních vlastností ekosystému lesa.

5.7.2 Ekoton

Je nutné prvotně upozornit, že získané interpretace dat půdních vlastností v oblasti ekotonu neslouží primárně jako charakteristika studované oblasti, ale především jako referenční hranice či body mezi jednotlivými ekosystémy, nebo je i možno říci převládajícími potravními řetězci (detritový x pastevně-kořistnický).

Z hlediska půdní reakce je nutné ekoton charakterizovat dvěma klasifikačními měřítky. Podle lesnické interpretace je možno ekoton charakterizovat půdní reakcí mírně až středně kyselou, přičemž mírnou kyselost určuje $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ a střední kyselost pH_{KCl} (Rejšek, 1999). Nicméně z agrotechnického hlediska lze daný horizont charakterizovat půdní reakcí kyselou (Jandák, 2003), kterou vymezuje jak $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, tak pH_{KCl} . Změnu půdní reakce v malém počtu bodů v rámci roční dynamiky území nelze exaktně vyjádřit a rovněž to potvrzuje i statistické vyjádření.

Procentuální zastoupení a úbytek organického uhlíku a celkového dusíku v půdě ekotonu lze spíše připodobnit půdním vlastnostem ekosystému TTP, i přesto že je zde větší vliv lesního ekosystému. Přitom v roční bilanci se úbytky procentuálních podílů C_{ox} a N_{tot} v půdě statisticky nepotvrdily. Z průměrných hodnot C_{ox} a N_{tot} v ekotonu je též možno vyjádřit poměr C:N, přičemž v dubnu činil 10 : 1 a v říjnu též 10 : 1. Zmíněné poměry spolu s procentuálním zastoupením N_{tot} poukazují také na dobré zásobení půd dusíkem jako u předešlého lesního ekosystému (Bielek, 1998).

Fyzikálně lze dotčené půdy ekotonu z hlediska lesnické klasifikace charakterizovat jako silně vododržné a středně až slabě provzdušněné (Rejšek, 1999). To může potvrzovat známý ekotonový efekt z pohledu půd. Kdy lze konkrétně zde pozorovat určitý difúzní přechod mezi silně provzdušněnými půdami lesa a neprovzdušněnými půdami TTP v oblastech působení půdního typu pseudoglej. Též k této problematice lze přistupovat i z agrotechnického hlediska, avšak lze vyjádřit pouze Θ_{MKK} , kdy tyto řešené svrchní horizonty půdy v oblasti ekotonu je možno klasifikovat vysokou Θ_{MKK}

(Juráň a Zrubec, 1988). Postupné změny dotčených fyzikálních vlastností v roční bilanci byly prokázány, konkrétně ve zvýšení hodnoty Θ_{MKK} a snížení hodnoty A_{MKK} . Nicméně v daném počtu a rozrůzněnosti hodnot to ztrácí interpretační schopnost, což potvrzuje i statistické vyjádření.

K získaným výsledkům a hypotézám fyzikálních a chemických vlastností půd ekotonu je nutné přistupovat obezřetně a s určitou rezervou. Zapříčiněno především malým statistickým souborem a též i velikou variabilitou v jednotlivých získaných hodnotách, což výrazně snižuje danou vypovídající schopnost. Přesto jsou důležité jako referenční hodnoty pro půdní vlastnosti v působišti ekosystému lesa a TTP.

5.7.3 Ekosystém trvalého travního porostu

Řešené půdy ekosystému TTP z hlediska půdní reakce lze dle agronomické klasifikace vystihnout půdní reakcí kyselou. Uvedené zařazení potvrzují průměrné hodnoty pH_{H_2O} i pH_{KCl} (Jandák, 2003), a to jak v bodovém poli, tak i v transektu. Z pohledu optimálních podmínek pro rozvoj vegetace TTP by půdy ve svrchní vrstvě 20 cm vyžadovaly vápnění, a to v optimální dávce CaO, jenž je 2,1 t/ha (Jandák, 2003). Současné zjištěné pH_{KCl} se pohybuje v rozmezí průměrných hodnot od 4,7 do 5,0, přičemž nejvhodnější pH pro TTP na hlinitých až jílovitých půdách, což jsou dominantními půdními druhy na výzkumné ploše, je žádoucí rozmezí od 5,3 do 6,0 (Jandák, 2003). V roční bilanci pH došlo ke konstantnímu zvýšení acidity, avšak pouze u TTP v oblasti transektu, kterou podporuje přijatá statistická alternativní hypotéza. Ostatní partie plochy též vykazují určité změny pH, přičemž dochází jak acidifikaci, tak i alkalizaci. Probíhající změny pH s největší pravděpodobností vymezuje potenciál půd k prosychání a přemokření, jenž určuje samotný půdní druh, typ a množství humusových látek ve svrchní vrstvě půdy a též faktor rozložení a množství srážek v roční periodě na území. Nicméně daná teze se statistiky nepotvrdila, ale do určité míry ji potvrzují mapy bodového pole pH_{H_2O} a pH_{KCl} v příloze. Zmíněné změny je ještě možno podpořit články od autorů Crampton (1980) a Nykvist a Skyllberg (1989), které popisují korelaci mezi rozložením a množstvím srážek a změnou půdní reakce, a to v převážně svrchních profilech půdy, v rámci roční půdní dynamiky určitých území.

Podíly organického uhlíku a celkového dusíku v půdě v ekosystému TTP se změnilly v rámci roční dynamiky území, přičemž staticky významný úbytek je vyjádřen pouze u bodového pole na TTP. U transektu došlo k nevýraznému navýšení C_{ox} a snížení

N_{tot} , ale statisticky je to neprůkazné, proto z tohoto důvodu nelze brát na tuto změnu zřetel. Z průměrných hodnot C_{ox} a N_{tot} z ekosystému trvalého travního porostu je též možno vyjádřit též poměr C:N jako u předchozích půd, přičemž na transektu v dubnu a v říjnu byly oba poměry identické, a to 9 : 1. U bodového pole došlo ke změně poměru C:N, který v dubnu byl 10 : 1, ale v říjnu už byl totožný jako u transektu, tedy 9 : 1. Uvedené poměry spolu s procentuálním zastoupením N_{tot} poukazují také na dobré zásobení půd dusíkem jako u předchozího lesního ekosystému a ekotonu (Bielek, 1998).

Z fyzikálního hlediska lze daný svrchní horizont půdy TTP charakterizovat vysokou maximální kapilární vodní kapacitou a značnou neprovzdušněností (Juráň a Zrubec, 1988). Znamená to tedy, že daný horizont sice poskytuje optimální podmínky pro mikro- a makroorganismy, dekompozici a humifikaci organické hmoty, avšak za zvýšených dlouhodobých srážek dochází k poklesu kyslíku v půdním prostředí pod kritickou hranici, který poté limituje zmíněné půdní elementy a rovněž má i fatální vliv na samotné rostlinné ústrojenstvo TTP. Změna řešených fyzikálních půdních vlastností v rámci roční bilance území se statisticky potvrdila pouze u bodového pole. U transektu k žádné statistické prokazatelné změně nedošlo. Dotčená změna fyzikálních vlastností může mít úzkou souvislost se zmíněným úbytkem C_{ox} a i N_{tot} v bodovém poli.

Získané závěry ze 43 bodů TTP lze brát velice exaktně, které velice výstižně a podrobně popisují zkoumanou heterogenitu půd stanoviště ekosystému trvalého travního porostu, což podporují i jednotlivé závislosti mezi dotčenými vlastnostmi půd TTP.

6. VYUŽITELNOST ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ

Jak bylo v poděkování této práce již zmíněno, studie je součástí tříletého projektu TAČR: *"Bezkontaktní monitorování a časoprostorové modelování variability vybraných diferenciačních vlastností půdy"*, č. TA04020888, program: TA – Podpora aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje „ALFA“. Hlavním řešitelem v projektu, který zajišťuje bezkontaktní monitoring a vizualizaci, je výzkumný tým z univerzity Palackého, Katedry geoinformatiky, který je podporován firmou SATTURN Holešov spol. s r. o., jenž poskytuje k výzkumu technologické zajištění (TAČR, 2016). Posledním a neméně důležitým členem v projektu je výzkumný tým z Mendelovy univerzity, Ústavu geologie a pedologie, který zabezpečuje standardní pedologické zajištění.

Získané výsledky a závěry této práce je možno uchopit jako určitou exaktně možnou srovnávací hladinu dotčených půdních vlastností. Především pro oblast stabilizovaného transektu, ale taktéž i pro bodové pole a rozšířený transekt na území. Srovnání můžeme uplatnit jak na předešlé získané výsledky z minulého roku, tak i na současné a budoucí, a to například na jednotlivě získané geoinformační bezkontaktní výstupy od hlavního řešitele.

Také vznikl určitý potenciál, u konkrétních půdních vlastností trvalého travního porostu, který skýtá, po podrobnějším zpracování území, zřetelnou možnost pro vytvoření regresního modelu s vysokou hodnotou spolehlivosti.

V posledním případě jsou to samotná zpracovaná data, která nabízí jasný aplikovatelný krajinářský kontextní pohled na současnou heterogenitu půd pro vybranou studijní lokalitu Rudice, jenž je jednou z charakterizujících oblastí Dražanské vrchoviny. Zároveň tyto data poskytují i určitou možnost využitelnosti pro jednotlivé transdisciplinární vědní obory, jako jsou například ekologie lesa a krajiny, zakládání lesů a dřevinné vegetace, pěstění lesů a dřevinné vegetace a mnohé další vědní obory.

7. ZÁVĚR

Studie zhodnotila specifické heterogenní fyzikální a chemické vlastnosti půd lesního ekosystému, ekotonu a ekosystému trvalého travního porostu. Pro účely byla využita signifikantní výzkumná plocha Rudice, která je jednou z charakterizujících oblastí Dražanské vrchoviny, přičemž mezi sebou byly srovnávány hodnoty dvou vzorkovacích termínů, a to z jara (duben) a podzimu (říjen) 2016. Posléze hodnoty mezi sebou byly porovnány také z fyzikálně-chemického hlediska, a pokud to bylo nezbytné, taktéž s aktuální převládající biocenózou a využitím konkrétním hospodařením.

Nejvýznamnější změna řešených půdních vlastností se projevila v oblasti bodového pole v působení ekosystému trvalého travního porostu, kde došlo k určité změně hodnot Θ_{MKK} , A_{MKK} , C_{ox} a N_{tot} . Dotčené hodnoty v statistickém souboru byly posléze cíleně porovnány mezi sebou v mnohonásobné korelační analýze, tak aby byly více prokázány uvedené změny. Nejvýznamnější souvztažnost byla dokázána mezi C_{ox} a N_{tot} , kterou doplňují významné vztahy mezi Θ_{MKK} a A_{MKK} , C_{ox} a Θ_{MKK} a také mezi C_{ox} a A_{MKK} . Rovněž byly prokázány vzájemné souvislosti mezi N_{tot} a Θ_{MKK} a též mezi N_{tot} a A_{MKK} , avšak tyto vztahy podporují nejnižší statistické průkaznosti.

Další podstatná změna hodnot, konkrétně u $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} a N_{tot} , se statisticky projevila též v oblasti působení ekosystému TTP, avšak pouze v území transektu, to znamená v převládajícím vlivu půdního typu pseudoglej, která s největší pravděpodobností diferencuje uvedené změny hodnot.

V oblasti působení lesního ekosystému se prokázala změna u Θ_{MKK} , ale kvůli značné rozrůzněnosti hodnot, malému statistickému souboru a nejvyšší hodnotě pravděpodobnosti je nutné brát tuto změnu s jistou zdrženlivostí.

U ekotonu se žádná statisticky zjiřitelná změna neprojevila, avšak závěry slouží jako srovnávací hodnoty k půdním vlastnostem lesa a trvalého travního porostu.

Získané poznatky vztahů mezi půdními vlastnostmi trvalého travního porostu by bylo možno dále zpřesnit cílenou komplexní studií souvztažnosti vybraných půdních vlastností, která by směřovala k vytvoření uceleného aplikovatelného regresního modelu s vysokou hodnotou spolehlivosti.

8. SUMMARY

The study assessed the specific heterogeneous physical and chemical properties of soils of forest ecosystem, ecotone and the ecosystem permanent grassland. For the purposes of being used a significant research area Rudice, which has one of characterized the region of the Drahanska highland. Whereby between them have been compared the values of two sampling dates, in spring (April) and autumn (October) 2016. Finally, the values have been compared between themselves also the physical-chemical point of view, and if it was necessary, so whether the current prevailing biocenosis and using specific management.

Most relevant amendment dealt with soil properties resulted in the point field action of the ecosystem of permanent grassland where there has been a certain change of values Θ_{MKK} , A_{MKK} , C_{ox} and N_{tot} . The concerned values in statistical file have been then specifically compared with each other in a multiple correlation analysis, to be more proved said change. The most fundamental correlation has been demonstrated between C_{ox} and N_{tot} which complement the relationship between Θ_{MKK} and A_{MKK} , C_{ox} and Θ_{MKK} , and C_{ox} and A_{MKK} . Also, have been proven interrelationship between N_{tot} and Θ_{MKK} and N_{tot} and A_{MKK} , but these relationships support the lowest statistical power.

Another significant change of values, specifically $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} and N_{tot} , statistically reflected too in the functioning of the ecosystem permanent grassland. However, only in the territory of the transect, it means in the predominant influence of soil type pseudogley, which most likely differentiates the changes in values.

In action of the forest ecosystem has proved a change in Θ_{MKK} but due to the considerable diversity of values, a small set of statistical file and highest probability, it is necessary to accept this change with a certain restraint.

In ecotone that no statistically detectable change appeared. However, the findings serve as a comparative value for the soil properties of forest and permanent grassland.

The obtained findings relationships between soil properties of permanent grassland, would be possible further refined the targeted complex studies of correlation of selected soil properties that would targeted to the creation of a comprehensive applicable regression model with a high reliability.

9. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

9.1 Knihy, články, právní úpravy a normy

- Anon., 1996. ČSN ISO 10390 Kvalita půdy – Stanovení pH, Praha: Český normalizační institut.
- Anon., 2011. ČSN ISO 11464 (836160) Kvalita půdy – Úprava vzorků pro fyzikálně-chemické rozborů: Soil quality – Pretreatment of samples for physico-chemical analyses, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- BIELEK, P., 1998. Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. VUPOP. Bratislava. 225 s. ISBN 80-8536-44-2.
- BUČEK, A. & LACINA, J., 2007. Geobiocenologie II: geobiocenologická typologie krajiny České republiky, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-046-6.
- CULEK, M., 2005. Biogeografické členění České republiky, Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN 80-86064-82-4.
- CHYTRÝ, M. ed., 2010. Vegetace České republiky, Vyd. 2., upr., Praha: Academia. ISBN 978-80-200-1896-0.
- CHYTRÝ, M. ed., 2013. Vegetace České republiky, Praha: Academia. ISBN 978-80-200-2299-8.
- CRAMPTON, C. B., 1980. Variations of pH with annual cumulative precipitation in acid forest soils. Canadian Journal of Soil Science, 60.2: 385-387.
- DEMEK, J & MACKOVČIN, P (eds.). 2014. Zeměpisný lexikon ČR, Vyd. 3. přepr. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-113-0.
- HRABĚ, F. & BUCHGRABER, K., 2004. Pícninářství: travní porosty, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 80-7157-816-9.
- JANDÁK, J., 2003. Cvičení z půdoznalství, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 80-7157-733-2
- JANDÁK, J., POKORNÝ E., PRAX. A., 2010. Půdoznalství 3. uprav. vyd., Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-445-7.
- JOHNS, M. M, SKOGLEY, E. O., 1994. Soil organic mater testing and labille identification by carbonaceous resin capsules. Soil Sci. Soc. of American J. 58, 751-758.

- JURÁŇ, C., ZRUBEC F., 1988. Fyzikálne vlastnosti pôd vo vzťahu k pôdnej úrodnosti. In: Parametre pôdnej úrodnosti. Slovenská spoločnosť pre poľnohospodárske, lesnícke a potravinárske vedy pri SAV, Bratislava, s. 39-44
- KABALA, C., MUSZTZFAGA, E., GALKA B., ŁABUŃSKA D., MAŃCZYŃSKA P., 2016. Conversion of Soil pH 1 : 2,5 KCl and 1 : 2,5 H₂O to 1 : 5 H₂O: Conclusions for Soil Management, Environmental Monitoring and International Soil Databases, Institute of Soil Science and Environmental Protection, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Wrocław, Poland, Pol. J. Environ. Stud. Vol. 25, No. 2 (2016), 647-653
- KETTNER, R., 1957. Všeobecná geologie II. 3. uprav. vyd., Praha: Nakladatelství Československé akademie věd.
- KILIANOVÁ, H., 2009. Ekotony v současné krajině: analýza a modelování ekotonů v povodí Trkmanky, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2473-6.
- KLIMO, E., 1990. Lesnická pedologie, Brno: VŠZ. ISBN 80-7157-007-9.
- KORSCHENS, M., 1996. Long-term data sets from Germany and Eastern Europe, In Evaluation of soil matter models. Eds. Powlson, D. S. Smith, P., Smith, J. N., Springer Verlag, Berlin, Vol. 1, 68-80.
- LIANG, B. C., MacKENZIE, A. F., SHNITZER, M., MONREL, C. M., VORONEY, P. R., BEYAERT, R. P., 1998. Management – induced change in labile soil organic mater under continuous corn in eastern Canadian soils. Eastern Cereal and Oilseed Research Center, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Ontario KIA OC6, Canada Biology and Fertility of soils 26: 2, 88-94.
- MÍCHAL, I. & PETŘÍČEK, V., 1999. Péče o chráněná území: II. Lesní společenstva, Praha: AOPK. ČR ISBN 80-86064-14-X.
- NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 1307/2013
- NOŽIČKA, J., 1957. Přehled vývoje našich lesů, Praha: Státní zemědělské nakladatelství.
- NYKVIST, Nils; SKYLLBERG, Ulf., 1989. The spatial variation of pH in the mor layer of some coniferous forest stands in northern Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research, 1989, 4.1-4: 3-11.
- POHLODKOVÁ, P., 2007. HODNOCENÍ TOPOKLIMATU SE ZAMĚŘENÍM NA VZNIK MOŽNÝCH MÍSTNÍCH KLIMATICKÝCH EFEKTŮ (PŘÍRODNÍ PARK ŘÍČKY A RAKOVECKÉ ÚDOLÍ), Diplomová práce, Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecké fakulta, Katedra geografie.

- POSPÍŠILOVÁ, L. & TESAŘOVÁ, M., 2009. Organický uhlík obhospodařovaných půd: Organic carbon in arable soils: původní vědecká práce, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-282-8.
- QUITT, E., 1971. Klimatické oblasti Československa, Praha: Academia.
- REJŠEK, K., 1999. Lesnická pedologie: cvičení, Brno: MZLU. ISBN 80-7157-352-3.
- ŠARAPATKA, B., 2014. Pedologie a ochrana půdy, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3736-1.
- SCHULZ, E., KORSCHEMS, M., 1998. Characterization of decomposable part of soil organic matter (SOM) and transformation processes by hot water extraction. Research Centre of the Central Region, Lipzing – Halle, Germany. Pochvovedenie 7, 16 ref., 890-894.
- ŠIMEK, M., 2003a. Základy nauky o půdě, Neživé složky půdy, České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta. ISBN 80-7040-629-1.
- ŠIMEK, M., 2003b. Základy nauky o půdě, Biologické procesy a cykly prvků, České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta. ISBN 80-7040-630-5.
- SKALICKÝ, V., 1988. Regionálně fytogeografické členění. In: Hejný S. a Slavík B.: Květena ČSR I., Praha: Academia, textová část, s. 103-121.
- SLAVÍK, B., 1988. Regionálně fytogeografické členění. In: Květena ČSR I., Praha: Academia, mapová příloha.
- TAN, K. H., 2010. Principles of soil chemistry 4. vyd., Boca Raton, Fla.: CRC Press. ISBN 978-1-4398-1392-8.
- ZÁKON 289/1995 Sb. o lesích a o změně a doplnění některých zákonů.
- ZBÍRAL, J., 2002. Analýza půd I. Vyd. 2., přeprac. a rozš., Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Laboratorní odbor. ISBN 80-86548-15-5.
- ZBÍRAL, J., MALÝ, S. & VÁŇA, M., 2011. Analýza půd III: jednotné pracovní postupy Vydání třetí, rozšířené a přepracované., Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. ISBN 978-80-7401-044-6.

9.2 Internetové a CD-ROM prameny

- Česká geologická služba, Půdní mapy. [online]. [cit. 2016-11-29]. Dostupné na:
<http://mapy.geology.cz/pudy/>

- DRÁPELA a kol. 2012a, učební texty (teorie text I.) do předmětu statistické metody, MZLÚ, Brno, 135 s. [online]. [cit. 2016-02-18].
Dostupné na:
http://user.mendelu.cz/drapela/Statisticke_metody/teorie%20text%20I.pdf
- DRÁPELA a kol. 2012b, učební texty (teorie text II.) do předmětu statistické metody, MZLÚ, Brno, 144 s. [online]. [cit. 2016-02-18].
Dostupné na:
http://user.mendelu.cz/drapela/Statisticke_metody/teorie%20text%20II.pdf
- Katastr nemovitostí a katastrální mapa, ikatastr. [online]. [cit. 2016-12-17]
Dostupné na:
<http://www.ikatastr.cz/#ilat=49.325404&ilon=16.728276&zoom=17&lat=49.32782&lon=16.72607>
- MADĚRA, P.; ZIMOVÁ, E. (eds.). 2005. Metodické postupy projektování lokálního ÚSES. Brno: Ústav lesnické botaniky, dendrologie a typologie LDF MZLU v Brně a Löw a spol. [CD-ROM]. [cit. 2016-11-25]
Dostupné na:
CD-ROM
- Mapy.cz [online]. [cit. 2016-11-25].
Dostupné na:
<https://mapy.cz/zakladni?planovani-trasy&x=16.7266202&y=49.3270902&z=17&base=ophoto&source=coord&id=16.727564334869385%2C49.32626165449619&rc=9m34Nx8fHKfifizO&rs=coord&rs=muni&ri=&ri=6211&mrp=%7B%22c%22%3A1%2C%22tt%22%3A1%7D&mrp=%7B%22c%22%3A1%2C%22tt%22%3A1%7D&rt=&rt>
- ŠANTRŮČKOVÁ, H., 2014. Základy ekologie půdy. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita. ISBN 978-80-7394-480-8, Učební text, [online]. [cit. 2017-01-28].
Dostupné na:
http://kbe.prf.jcu.cz/sites/default/files/prednasky/skripta/skripta_puda_metody_final.pdf
- Školní lesní podnik Křtiny „Masarykův les“, MapServer TFE Křtiny. [online]. [cit. 2016-11-25]
Dostupné na:
<http://mapserver-slp.mendelu.cz/map.phtml?config=slp>
- SUCHMEL. J. KULHAVÝ. J., ZEJDA. J., PLEŠNÍK. J., MENŠÍK. L. Ekologie lesních ekosystémů. Mendelu v Brně. Mendelu, Brno, Lesnická a dřevařská fakulta, Učební text, [online]. [cit. 2017-03-3].
Dostupné na:
https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Skripta_Ekologie_lesnich_ekosystemu.pdf

- TAČR, Výstupy – TAČR_ALFA-04020888 – Univerzita Palackého v Olomouci. [online]. [cit. 2016-12-14]
Dostupné na:
<http://gislib.upol.cz/moseso/vystupy.php>
- Ústav hospodářské úpravy lesa Brandýs nad Labem, Geopotrál ÚHÚL, OPRL. [online]. [cit. 2016-11-25].
Dostupné na:
<http://geoportal.uhul.cz/OPRLMapNew/>
- VAVŘÍČEK D., KUČER, A., 2014. Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně. Mendelu, Brno, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav geologie a pedologie, Učební text, [online]. [cit. 2017-02-6].
Dostupné na:
https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady_lesnicke_pedologie.pdf.
- Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, BPEJ. [online]. [cit. 2016-11-25]
Dostupné na:
<http://bpej.vumop.cz/51814>

9.3 Ústní a písemná sdělení

- prof. Ing. Klement Rejšek, CSc. a doc. Ing. Valerie Vranová, Ph.D.– ústní a písemné sdělení, Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav geologie a pedologie, dne 15. 3. 2017.
- Ing. Linda Černušáková – ústní sdělení, Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav lesnické botaniky, dendrologie a geobiocenologie, dne 19. 4. 2017.

9.4 Převzaté obrázky

- ŠANTRŮČKOVÁ, H., 2014. Základy ekologie půdy. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita. ISBN 978-80-7394-480-8, Učební text, [online]. [cit. 2017-01-28]., str. 39, obr. 2 – Vztah mezi reakcí reziduální, výměnnou a aktivní a též koncept pufrovitosti (Šantrůčková, 2014); a str. 80, obr. 3 – Koloběh uhlíku v půdě (Šantrůčková, 2014)
Dostupné na:
http://kbe.prf.jcu.cz/sites/default/files/prednasky/skripta/skripta_puda_metody_fi_na1.pdf
- TAČR, Výstupy – TAČR_ALFA-04020888 – Univerzita Palackého v Olomouci. [online]. [cit. 2016-12-14], obr. 10 – Schématický plán odběrů na studijní ploše Rudice (TAČR, 2016)
Dostupné na:
<http://gislib.upol.cz/moseso/vystupy.php>

- TAN, K. H., 2010. Principles of soil chemistry 4. vyd., Boca Raton, Fla.: CRC Press. ISBN 978-1-4398-1392-8., str. 247, obr. 1 – Rozsah půdního pH a půdních reakčních tříd (Tan, 2010).
- VRANOVÁ V., 2015a – fotograf, obr. 5 – Profil "Z" – Ekosystém trvalého travního porostu. (Vranová, 2015a). [fotografie]. [zhot. 2015-06-5].
- VRANOVÁ V., 2015b – fotograf, obr. 6 – Profil "L" – Lesní ekosystém (Vranová, 2015b). [fotografie]. [zhot. 2015-06-5].

10. SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

10.1 Tabulky

Tab. 1 – Průměrné hodnoty maximální kapilární kapacity půdy pro různé půdní druhy (Vavříček a Kučera, 2014).....	23
Tab. 2 – Charakteristiky minimální vzdušné kapacity (Vavříček a Kučera, 2014).....	25
Tab. 3 – Charakteristika klimatické oblasti MT10 (Quitt, 1971)	29
Tab. 4 – Hodnoty půdní reakce aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) na transektu	43
Tab. 5 – Hodnoty půdní reakce výměnné potenciální (pH_{KCl}) na transektu	44
Tab. 6 – Hodnoty půdní reakce aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) v bodovém poli	45
Tab. 7 – Hodnoty půdní reakce výměnné potenciální (pH_{KCl}) v bodovém poli.....	46
Tab. 8 – Hodnoty uhlíku oxidovatelného (C_{ox}) na transektu.....	47
Tab. 9 – Hodnoty uhlíku oxidovatelného (C_{ox}) v bodovém poli.....	48
Tab. 10 – Hodnoty celkového dusíku (N_{tot}) na transektu	49
Tab. 11 – Hodnoty celkového dusíku (N_{tot}) v bodovém poli.....	50
Tab. 12 – Hodnoty maximální kapilární vodní kapacita (Θ_{MKK}) na transektu	51
Tab. 13 – Hodnoty maximální kapilární vodní kapacita (Θ_{MKK}) v bodovém poli	52
Tab. 14 – Hodnoty minimální vzdušné kapacity (A_{MKK}) na transektu.....	53
Tab. 15 – Hodnoty minimální vzdušné kapacity (A_{MKK}) v bodovém poli	54
Tab. 16 – Statistické vyjádření řešených půdních vlastností	55
Tab. 17 – Korelace mezi jednotlivými půdními vlastnostmi v bodovém poli TTP.....	57
Tab. 18 – P – hodnota k zjištěné korelaci mezi dotčenými půdními vlastnostmi ($p \geq 0,05$).....	57

10.2 Obrázky

Obr. 1 – Rozsah půdního pH a půdních reakčních tříd (Tan, 2010).....	13
Obr. 2 – Vztah mezi reakcí reziduální, výměnnou a aktivní a též koncept pufrovitosti (Šantrůčková, 2014).....	14
Obr. 3 – Koloběh uhlíku v půdě (Šantrůčková, 2014).....	17
Obr. 4 – Hlavní půdní typy území Rudice dle mapových aplikací (Autor práce: Tomáš Vichta)	30
Obr. 5 – Profil "Z" – Ekosystém trvalého travního porostu (Vranová, 2015a)	31
Obr. 6 – Profil "L" – Lesní ekosystém (Vranová, 2015b)	32
Obr. 7 – Hlavní půdní typy území Rudice (Autor práce: Tomáš Vichta).....	33
Obr. 8 a 9 – Pseudoglej modální (levý obrázek) a hnědozem chomická mírně oglejená (pravý obrázek) (Autor práce: Tomáš Vichta, 13. 3. 2017).....	33
Obr. 10 – Schématický plán odběrů na studijní ploše Rudice (TAČR, 2016).....	34
Obr. 11 – Grafické vyjádření korelace mezi jednotlivými půdními vlastnostmi (Autor práce: Tomáš Vichta).....	58

11. PŘÍLOHY

Seznam příloh:

1. Souhrnná tabulka řešených půdních vlastností za duben a říjen	74
2. Grafická vizualizace půdní reakce aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) na transektu	77
3. Grafická vizualizace půdní reakce výměnné potenciální (pH_{KCl}) na transektu	78
4. Grafická vizualizace půdní reakce aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) v bodovém poli	79
5. Grafická vizualizace půdní reakce výměnné potenciální (pH_{KCl}) v bodovém poli	80
6. Grafická vizualizace uhlíku oxidovatelného (C_{ox}) na transektu	81
7. Grafická vizualizace uhlíku oxidovatelného (C_{ox}) v bodovém poli	82
8. Grafická vizualizace celkového dusíku (N_{tot}) na transektu	83
9. Grafická vizualizace celkového dusíku (N_{tot}) v bodovém poli	84
10. Grafická vizualizace maximální kapilární vodní kapacity (Θ_{MKK}) na transektu	85
11. Grafická vizualizace maximální kapilární vodní kapacity (Θ_{MKK}) v bodovém poli	86
12. Grafická vizualizace minimální vzdušné kapacity (A_{MKK}) na transektu	87
13. Grafická vizualizace minimální vzdušné kapacity (A_{MKK}) v bodovém poli	88
14. Fotodokumentace	89
15. Komentář k grafické vizualizaci dotčených půdních vlastností	92