

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**

**Lesnická a dřevařská fakulta**

**Ústav geologie a pedologie**



**Lesnická  
a dřevařská  
fakulta**

**Charakteristika humusových forem na vybraných lokalitách**

**ŠLP Křtiny, ML**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

*Prohlašuji, že jsem práci: Charakteristika humusových forem na vybraných lokalitách ŠLP Křtiny, ML 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 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:..... podpis studenta*

## **Poděkování**

Mé poděkování patří především Ing. Aleši Kučerovi, Ph.D., za velmi cenné rady a vstřícný přístup během zpracování celé práce. Velký dík patří také Ing. Ladislavu Holíkovi za pomoc při laboratorním zpracování dat. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu během celého studia i řešení této bakalářské práce.

## **Abstrakt**

**Karel Končel**

### **Charakteristika humusových forem na vybraných lokalitách ŠLP Křtiny, ML**

Nadložní humus, jedna ze základních odlišností lesních půd od půd zemědělských, je velmi cennou složkou lesních půd, kterou je třeba chránit a šetrně ji využívat ve prospěch lesních společenstev. Tohoto nedocílíme bez dostatečného teoretického základu z oblasti klasifikace forem nadložního humusu a jejich základních vlastností. V rámci třech porostních mezer na majetku ŠLP Křtiny bylo schematicky vytyčeno 693 bodů, na kterých jsme určili formu nadložního humusu, popsali vlastnosti půdního profilu po organominerální horizont včetně a odebrali směsný vzorek organominerálního horizontu. Tento jsme dále upravili a podrobili jej laboratorním analýzám. Výsledky těchto analýz jsou dány do kontextu s determinovanou formou nadložního humusu. Z výsledků vyplynul vztah formy nadložního humusu a hodnoty pH, kdy nejpříznivějšího pH dosahují mullové humusové formy, méně příznivé pak moderové humusové formy a nejméně příznivé humusové formy morové. Stejný závěr lze vyvodit i pro výsledky hodnot C:N.

**Klíčová slova:** humus, humusové formy, humusové subformy, klasifikace humusových forem, půdní vlastnosti

## **Abstract**

### **Charakteristik of humus form on selected locality of ŠLP Křtiny, ML**

Forest floor as one of the basic differences between agricultural and forest soils is very valuable component of forests soils which is necessary to protect. For that we need enough theoretical knowledge of forest floor classification its basic characteristic. We worked in three gaps, where 693 points were marked out. We determined a humus form at each of this point and took a soil sample out of organo-mineral layer. The samples were analysed in the lab after that. Based on the analysis, I found relation between humus form and pH. The most favourable quality of pH had a humus form mull, lower quality of pH had moder and the worst quality of pH had mor. We can make the same conclusion for a C:N ratio.

**Key words:** classification of humus forms, humus, humus forms, humus subforms, soil characteristic

# Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíl práce.....	12
3. Současný stav řešené problematiky.....	13
3.1. Půdní organická hmota .....	13
3.2. Rozklad organických zbytků .....	14
3.3. Humus .....	17
3.3.1. Třídění humusu .....	17
3.4. Klasifikace humusových forem.....	19
3.4.1. Klasifikace humusových forem v České republice .....	19
3.4.2. Francouzská klasifikace humusových forem .....	25
3.5. Textura .....	27
3.6. Struktura.....	28
3.7. Prokořenění.....	28
3.8. Půdní reakce.....	29
3.9. Uhlík v půdě.....	30
3.10. Dusík v půdě .....	31
3.11. Poměr C:N .....	32
4. Materiál a metody .....	33
4.1. Materiál .....	33
4.1.1. Lokalizace .....	33
4.1.2. Klimatické podmínky .....	34
4.1.3. Geologické poměry .....	34
4.1.4. Půdní poměry.....	34
4.1.5. Dřevinná skladba.....	35
4.1.6. Typologické a fytoecologické poměry.....	35
4.2. Metodika .....	36
4.2.1. Metodika terénních prací.....	36

4.2.2. Metodika laboratorních prací .....	37
4.2.3. Metodika počítačového zpracování dat.....	38
5. Výsledky .....	39
5.1. Výsledky terénního šetření .....	40
5.1.1. Zastoupení humusových forem a subforem .....	40
5.1.2. Mocnost opadu .....	44
5.1.3. Prokořenění .....	45
5.1.4. Skelet.....	46
5.1.5. Textura .....	47
5.2. Výsledky laboratorního šetření .....	49
5.2.1. Půdní reakce.....	49
5.2.2. Celkový dusík.....	53
5.2.3. Oxidovatelný uhlík.....	55
5.2.4. Poměr C:N .....	57
5.3. Souhrn zjištěných vlastností humusových subforem .....	59
6. Diskuse .....	60
7. Závěr .....	63
8. Summary .....	64
9. Seznam literatury.....	65
Přílohy .....	67

## **Seznam obrázků**

Obr. 1 Přehled výzkumných ploch.....	33
Obr. 3 Procentuální zastoupení humusových forem - Gap 1.....	40
Obr. 2 Procentuální zastoupení humusových forem na všech zkoumaných plochách.....	40
Obr. 5 Procentuální zastoupení humusových forem – Gap 2.....	40
Obr. 4 Procentuální zastoupení humusových forem – Gap 4.....	40
Obr. 6 Procentuální zastoupení humusových subforem Gap - 1.....	41
Obr. 7 Procentuální zastoupení humusových subforem Gap - 2.....	41
Obr. 8 Procentuální zastoupení humusových subforem Gap - 4.....	42
Obr. 9 Procentuální zastoupení humusových subforem na všech zkoumaných plochách.....	43
Obr. 10 Legenda k obrázku 20.....	44
Obr. 11 Mocnost opadu.....	44
Obr. 12 Legenda k obrázku 21.....	45
Obr. 13 Mocnost opadu.....	45
Obr. 14 Legenda k obrázku 23.....	46
Obr. 15 Skelet.....	46
Obr. 16 Zastoupení textury na jednotlivých gapech.....	47
Obr. 17 Vztah textury k humusovým formám.....	48
Obr. 18 Půdní reakce potenciální.....	50
Obr. 19 Půdní reakce aktuální.....	51
Obr. 20 Srovnání půdní reakce aktuální a potenciální výměnné.....	52
Obr. 21 Celkové množství dusíku v jednotlivých humusových formách.....	53
Obr. 22 Množství celkového dusíku.....	54
Obr. 23 Množství oxidovatelného uhlíku v jednotlivých humusových formách.....	55
Obr. 24 Oxidovatelný uhlík.....	56
Obr. 25 Poměr C:N humusových forem.....	57
Obr. 26 Poměr C:N.....	58

## **Seznam tabulek**

Tab. 1 Rychlost rozkladu opadu dřevin dle Witticha.....	15
Tab. 2 Klasifikační stupnice zrnitosti dle Nováka .....	27
Tab. 3 Kritéria pro klasifikaci půdní reakce .....	29
Tab. 4 Kritéria pro hodnocení obsahu organické hmoty.....	30
Tab. 5 Hodnocení obsahu dusíku v půdě .....	31
Tab. 6 Klimatické charakteristiky mírně teplé oblasti.....	34
Tab. 7 Hodnoty půdní reakce .....	49
Tab. 8 Hodnoty půdní reakce potenciální .....	50
Tab. 9 Hodnoty půdní reakce aktuální .....	51
Tab. 10 Srovnání obou půdních reakcí.....	52
Tab. 11 Celkový dusík v půdě .....	53
Tab. 12 Celkový dusík v půdě .....	54
Tab. 13 Množství oxidovatelné uhlíku na všech gapech .....	55
Tab. 14 Množství oxidovatelného uhlíku .....	56
Tab. 15 Poměr C:N - gapy.....	57
Tab. 16 Poměr C:N – humusové subformy .....	58
Tab. 17 Zastoupené humusové subformy a jejich vlastnosti .....	59



## 1. Úvod

Tato bakalářská práce probíhala v rámci projektu GAPS (IGA LDF Mendelu v Brně 84/2013) – Dynamika přirozené obnovy v ekologických podmínkách porostních mezer na příkladu ŠLP Křtiny. Hlavním cílem tohoto projektu je komplexní zhodnocení vztahů abiotických stanovištních podmínek porostních mezer a jejich projevu na strukturu fytoocenóz včetně přirozeného zmlazení, v závislosti na velikosti, tvaru, prostorové a časové disturbanci porostních mezer „gapů“ ať už vytvořených přirozeně, či záměrnou hospodářskou činností, na příkladu typických stanovišť středních poloh na reprezentativním území Školního lesního podniku Masarykův les Křtiny. Daná problematika je zde řešena v širších souvislostech, což vyžaduje komplexní interdisciplinární přístup a spolupráci mezi ústavu LDF. Má práce na tomto projektu probíhala v rámci pedologické části výzkumu, jejímž garantem je Ing. Aleš Kučera, Ph.D. (Ústav geologie a pedologie Mendelovy univerzity v Brně).

Půdní prostředí je jedním z nejvýznamnějších faktorů, které hodnotíme při klasifikaci stanovištních podmínek určitého území, z lesnického pohledu nejčastěji lesních porostů. Na samotnou charakteristiku půdního prostředí se dá pohlížet z mnoha pohledů. Jelikož je možné půdu chápat jako soubor horizontů s určitým složením a vlastnostmi, je možné charakterizovat právě tu část půdního tělesa, která nám poskytne potřebné informace pro danou řešenou problematiku. Z hlediska přirozené obnovy lesních dřevin je nejdůležitější charakteristika holorganických a organominerálních horizontů.

Základem každého pedologického šetření je dobře odvedená práce v terénu. Sebelepší výsledky laboratorního a počítačového zpracování dat nemohou poskytnout relevantní informace, pokud staví na špatných datech terénního šetření. Klíčovým krokem v této bakalářské práci je popis nejsvrchnější části půdního prostředí, po organominerální horizont včetně, a determinace humusové formy respektive subformy. Všechny charakteristiky půdního prostředí budou vztaženy právě k humusovým formám a subformám.

Myšlenka této práce spočívá ve vytvoření uceleného přehledu zastoupených humusových forem ve smíšených porostech středních poloh a určení jejich základních vlastností.

Humusové formy, jakožto nejsvrchnější část půdního profilu, jsou v přímém kontaktu s negativními vlivy prostředí a činností člověka. Jsou významně ovlivňované lesnickým hospodařením a to zejména hospodářským způsobem, dřevinnou skladbou porostů, způsobem obnovy a výchovy porostů a pěstebními opatřeními celkově. Znalost alespoň základů problematiky humusových forem, schopnost determinovat je a vhodně s nimi pracovat jsou dovednosti, které by měl zvládat každý dobrý lesní hospodář.

## 2. Cíl práce

Prvním cílem mé bakalářské práce je vypracování literární rešerše týkající se problematiky organické hmoty v půdě, humusových forem a jejich klasifikace.

Druhým cílem je popis nejsvrchnější části půdního profilu, holorganických a organominerálních horizontů, v rámci projektových polygonů, jehož základem je determinace humusových forem na jednotlivých bodech polygonů a odběr půdních vzorků.

Třetím cílem je úprava odebraných vzorků do podoby vzorku vhodné pro následné laboratorní analýzy a samotné provedení analýzy půdní reakce aktuální a půdní reakce potenciální (výměnné).

Čtvrtým cílem mé bakalářské práce je přehledná úprava výsledků terénního i laboratorního šetření a jejich následné zpracování s důrazem na zjištění vztahů mezi humusovou formou respektive subformou a základními vlastnostmi půdy jako: textura, struktura, prokořenění, půdní reakce, poměr C/N, množství uhlíku a dusíku v půdě.

Pátým a posledním cílem mé bakalářské práce je konfrontace výsledků s výsledky jiných autorů a interpretace mých zjištění ve vztahu oboru lesnictví.

### 3. Současný stav řešené problematiky

#### 3.1. Půdní organická hmota

Jako půdní organickou hmotu nazýváme kombinaci živé a odumřelé složky lesních půd. Vzniká souběžně se vznikem a vývojem půdy, která by bez účasti biotické složky nemohla dlouhodobě existovat (Vavříček, Kučera, 2015).

Vývoj půd úzce souvisí s vývojem společenstev, jejichž odumřelé zbytky tvoří zdroj půdního humusu a dalších produktů. Primárním zdrojem organického materiálu je tak fotosyntézou akumulovaný uhlík (Šarapatka, 2014).

Zásoby organické hmoty v lesních porostech se výrazně liší nejen v jednotlivých vegetačních zónách, ale rozdíly v akumulaci organické hmoty pozorujeme taktéž v rámci jedné vegetační zóny. Tyto rozdíly jsou způsobené odlišnými klimatickými a půdními podmínkami jednotlivých stanovišť, jejich druhovou skladbou a v neposlední řadě stupněm ovlivnění daného stanoviště člověkem (Šarapatka, 2014). Zásoba organické hmoty v ekosystému lužního lesa na aluvii řeky Dyje byla zjištěna 360,3 t/ha. Pro ekosystém sedmdesáti letého smrkového porostu v oblasti Dražanské vrchoviny byla zjištěna hodnota akumulace organické hmoty 313,97 t/ha (Klimo, 2003).

Při primární produkci v zelené rostlině nedochází pouze k akumulaci uhlíku, ale i k akumulaci dalších elementů, které rostliny odebírají z půdního prostředí a tím je uvádí do koloběhu mezi půdou a rostlinným společenstvím (Klimo, 2003). Organická hmota je tvořena hlavními makrobioelementy v množství C = 45–48 %, O = 42–45 %, H = 6–6,5 %, N = 1,5–1,8 %, popeloviny = 5 % (Vavříček, Kučera, 2015).

V lesním ekosystému nedochází však pouze k produkci organické hmoty, nýbrž i k jejímu odumírání. Tato se ve formě opadu navrácí na půdní povrch, kde následně dochází k složitým rozkladným a následným syntetickým procesům. Stejně jako akumulace organické hmoty, tak i dynamika jejího odumírání a opadu je v odlišných podmínkách různá. Celková zjištěná hmotnost opadu ve stoletém lužním lese je 5657 kg/ha\*rok, v 75 letém porostu smrkové monokultury byl zjištěn celkový opad 4877 kg/ha\*rok. Struktura opadu obou porostů je velmi podobná. V obou případech tvoří listová frakce více než 60% z celkové hmotnosti opadu. Z toho vyplývá, že listová frakce je určující z hlediska chemického charakteru opadu a tím i pro dekompoziční procesy. Rozdílný je však pro lesy jehličnaté a listnaté průběh opadu během roku. Kulminace opadu v listnatých lesích nastává v měsících září až listopad. Oproti tomu

v lesích jehličnatých nastává první maximum opadu na jaře a druhé na podzim (Klimo, 2003).

Organické látky se na půdu a do ní dostávají v různých podobách a různých časových obdobích (Šály, 1978).

- a) organický materiál, každoročně se ukládající na povrch půdy - opad, odumřelé rostliny, trus živočichů
- b) organický materiál, který se každoročně dostává do půdy - odumřelé kořeny, houbové hyfy, mrtvé organismy
- c) organický materiál, který se dostává na půdní povrch nebo do půdy nepravidelně - silnější kořeny, větve, zbytky po těžbě
- d) produkty látkové výměny půdní flory a fauny
- e) organický materiál dodávaný antropogenně

Nejen chemické složení různých dřevin, ale i chemické složení jednotlivých rostlinných orgánů je značně variabilní. Variabilita chemického složení jednotlivých orgánů se mění taktéž s rozdílným stářím daného orgánu a s rozdílnými vlastnostmi stanoviště. Variabilní však není jenom zastoupení jednotlivých prvků a látek v rostlinných orgánech, ale také jejich koncentrace během roku (Klimo, 2003).

### 3.2. Rozklad organických zbytků

Podle Klima (2003) přítomnost opadu ještě neznamena návrat živin v něm obsažených do půdy. Opad je po určitou dobu poután ve vrstvě povrchového humusu, kde probíhají procesy rozkladu organických zbytků a tvorba nových specifických organických látek. Podle chování v procesu dekompozice (rozkladu) organických látek můžeme tyto látky rozdělit do dvou skupin:

- a) látky, které se lehko rozkládají - uhlohydráty, mono- a disacharidy, škrob, celulóza, hemicelulóza, pektiny
- b) látky, které se nepadno rozkládají - lignin, lipoidy, taniny

Rychlost dekompozice organické hmoty ovlivňuje řada faktorů, mezi které patří: chemismus opadu, chemismus půdy, vlhkost vzduchu i půdy, provzdušenost a teplota půdy. Obecně je za kritérium rychlosti dekompozice považován poměr C/N. Pokud je C/N menší než 30, rozkládá se opad velice rychle, při poměru menším než 30 je rychlost rozkladu pomalejší. Rychlost dekompozice opadu ukazuje následující Tab. č. 1, sestavená podle Witticha (Šály, 1977).

Tab. 1 Rychlost rozkladu opadu dřevin dle Witticha

Rychle se rozkládající opad		Pomaleji se rozkládající opad		Těžko rozložitelný opad	
dřevina	C:N	dřevina	C:N	dřevina	C:N
akát	14	lípa	37		
olše lepkavá	15	dub	47	smrk	48
olše šedá	19	bříza	50	borovice	66
jasan	21	buk	51	douglaska	77
habr	23	javor	52	modřín	113
jilm	28	topol	63		

Podle výše uvedené tabulky bychom mohli vyvodit závěr, že opad jehličnatých dřevin se bude rozkládat pomaleji než opad dřevin listnatých. V obecné rovině je to tvrzení správné, avšak ne vždy tomu tak musí být. Jelikož důležitým faktorem pro chemismus opadu jsou i stanovištní podmínky, může se chemismus opadu jednotlivých dřevin na různých stanovištích poměrně podstatně lišit. Velký význam pro rychlost rozkladu má především obsahu dusíku a obsah bází, zejména vápníku (Klimo, 2003; Šály, 1978).

Lesní porosty s různou dřevinnou skladbou vytvářejí v lesních půdách různé typy humusu se speciálními vlastnostmi fyzikálními, chemickými, biochemickými a biologickými. Jiné typy humusu, kvantitativně i kvalitativně, se tvoří z opadu jehličnanů i listnáčů (Pelíšek, 1964).

Rozklad (dekompozice) organické hmoty je ovlivňován řadou faktorů, které se podílejí jednak na intenzitě rozkladu, jednak na složení i fyzikálních vlastnostech výsledného produktu. Jsou jimi zejména půdní reakce (pH), obsah živin - zejména P a N, textura půdy, půdní vlhkost, teplota půdy, provzdušenost půdy, enzymatická aktivita (zejména aktivita oxidáz, celuláz a fosfatáz), celková biologická aktivita a druhové složení půdní bioty (Vavříček a Kučera, 2015).

K problematice rozdělení procesů přeměny organických látek přistupují všichni autoři vesměs stejně. Šály (1978,1977), Jandák et al. (2004), Pelíšek (1964), Klimo (2003) i Vavříček, Kučera (2015) shrnují procesy, které vedou k tvorbě humusu (humifikační procesy), do třech hlavních skupin, kterými jsou:

- a) mineralizace
- b) rašelinění a karbonizace
- c) humifikace

Mineralizace je nejkratším procesem přeměn organických látek v půdě. Při mineralizaci (spalování) se z organické hmoty uvolňuje C, N, H a O, jejichž podíl na složení tedy klesá a zůstávají původně méně zastoupené prvky, jako Ca, Mg, K, P, Na, Al, Fe, Si (popeloviny). Mineralizace probíhá za příznivých podmínek pro rozvoj mikrobů a to hlavně za vyšší teploty, nižšího obsahu vody, dobrého provzdušení a při dostatku živin. Surový humus se za takových podmínek nepřeměňuje v procesu humifikace na tzv. pravý humus, nýbrž se spaluje během procesu mineralizace. Tento intenzivní mikrobiální rozpad probíhá v lesních oblastech zejména na pasekách, při náhlém odlesnění na jižních svazích atd. Mineralizace vede k ochuzení lesních půd o humus, což má zpravidla za následek i zhoršení ostatních vlastností lesních půd.

Rašelinění a karbonizace je druhým extrémem procesu přeměn organické hmoty v půdě. Probíhá za omezeného přístupu vzduchu, tj. při nedostatečné oxidaci a slabé mikrobiální činnosti. Jedná se o proces převážně enzymatický a biochemický. Při tomto procesu se také uplatňuje nedostatek asimilovaných živin, kyselá reakce prostředí, nízká teplota, vysoká vlhkost aj. Výsledkem jsou huminové a ulminové látky tmavohnědých až černých barev s vysokým obsahem uhlíku. Organické látky se ukládají v různě mohutných vrstvách jako rašelina, anebo jako surový vlhký až mokrá humus na povrchu lesních půd v horských a humidních oblastech.

Humifikace je rozklad a syntéza organických látek v půdě, které se různým podílem účastní procesy mechanické, enzymatické, chemické a mikrobiologické. Za střídání anaerobního a aerobního procesu se tvoří tzv. pravý (nebo také aktivní nebo také vlastní) humus. Humusové látky (endohumus) mají větší podíl uhlíku než výchozí organická hmota (ektohumus), mají tmavohnědou až černou barvu a mají koloidní vlastnosti. Humifikace probíhá ve 4 procesních fázích—mineralizace, štěpení, kondenzace a polykondenzace.

Mineralizace, jako první krok humifikace, znamená, že nikdy nezhumifikuje veškerý výchozí humusotvorný materiál, ale vždy část zmineralizuje.

Štěpení je proces, při kterém dochází k rozkladu organických látek na meziprodukty, kterými jsou zejména fenolické sloučeniny. Ty jsou produktem enzymatického rozkladu ligninu, taninů, hemicelulóz a celulózy.

Kondenzace strukturních jednotek je důležitým článkem tvorby humusových látek. Dochází k ní okysličením fenolů fermenty typu fenoloxidáz, přes semichinony na chinony a vzájemnou reakcí chinonů s aminokyselinami a peptidy.

Polykondenzace je chemický proces bez vzniku meziproductů. Při kondenzaci se vytvářejí vedlejší produkty, a protože je kondenzace reversibilním procesem je nutno aby byl vedlejší produkt, H<sub>2</sub>O, z reakčního prostředí odváděn. V opačném případě dochází ke zpomalení až pozastavení procesu a nastolení podmínek hydrických půd. Polykondenzace vede ke vzniku specifických humusových látek, aktivního humusu.

### 3.3. Humus

Lesní humus je velmi důležitá a charakteristická součást našich lesních půd, která ovlivňuje fyzikální, chemické, biochemické a biologické vlastnosti a pochody v lesních půdách. Jedná se o velmi důležitý faktor pro výživu a obnovu lesa. Do značné míry také ovlivňuje produkční schopnosti lesních půd (Pelíšek, 1964).

Humus je organická půdní hmota, která prochází neustálými změnami, jak po stránce chemického složení, tak i po stránce vlastností a funkcí v půdě. Je tvořen zbytky rostlinných a živočišných organismů v různém stupni rozkladu, které se nachází na půdě nebo v půdě a s půdou jsou v různém stupni smíšené (Jandák et al. 2004).

Je to složitá směs rezistentních hnědých a tmavě hnědých amorfních a koloidních vysokomolekulárních organických látek, velmi často charakteru kyselin, která vzniká mikrobiálním rozkladem a syntézou a má chemické a fyzikální vlastnosti velmi důležité pro rostliny a půdu (Šimek, 2005).

Humus představuje odumřelé zbytky organismů jednotlivých generací rostlinného společenstva, které podléhají rozkladu a celé řadě přeměn. Humus je hlavním a téměř jediným zdrojem dusíku v lesních půdách (Vavříček, Kučera, 2015).

#### 3.3.1. Třídění humusu

Třídění humusu je značně komplikované a mnohdy nejednoznačné. Humus lze třídit na základě různých kritérií, v nichž se jednotliví autoři částečně liší. Mařan a Káš (1948) uvádí ve své publikaci velmi detailní třídění humusu a to z několika pohledů. Humus dělí na základě:

- a) disperzní skladby (podle makroskopicky zjistitelného rozpadu a rozkladu
- b) stratigrafického rozdělení v půdním profilu
- c) výskytu v makrozónách
- d) chemických vlastností



Stejný přístup k třídění humusu uvádí Jandák et al. (2004), přičemž největší důraz klade na rozdělení humusu dle chemického složení. Podle chemického složení rozděluje humus do dvou základních skupin:

- a) nespecifikované humusové látky (nehuminové nebo primární látky)
- b) specifické humusové látky (huminové nebo sekundární látky)

Jako nespecifikované humusové látky jsou označovány látky organické povahy, lehce rozložitelné, snadno odbouratelné mikroorganismy. Tyto látky, bílkoviny, třísloviny, tuky, vosky, pryskyřice, organické kyseliny, tvoří energetickou a živinnou zásobu půdy.

Specifické humusové látky jsou většinou tmavě zbarvené látky s vysokou biologickou rezistencí tvořené vysokomolekulárními organickými sloučeninami. Tvoří cca 80–90 % z celkové organické hmoty v půdě.

Další přístup k třídění humusu rozděluje humus na celkový humus, povrchový humus a vlastní humus (Klimo, 2003; Pelíšek, 1964; Šály 1977,1978; Vavříček, Kučera, 2015).

Celkový humus (půdní organická hmota) je soubor odumřelých organických látek nahromaděných v půdě a na jejím povrchu, smíšených i nesmíšených s minerálním podílem. Jedná se o organickou hmotu nehumifikovanou, částečně humifikovanou i humifikovanou. Dělí se na povrchový humus (ektohumus) a vlastní humus (endohumus).

Jako povrchový humus (nadložní, pokrývný humus) je označována organická hmota uložená na povrchu půdy. Skládá se většinou z většího počtu dílčích horizontů či holorganických vrstev tvořených takřka výhradně organickou hmotou s minimálním minerálním podílem. Jehličí listí, kůru, zbytky bylin a trav, které doposud nepodlehly intenzivnějšímu rozkladu, nazýváme opad. Další vrstvou rostlinných zbytků, částečně enzymaticky a mechanicky pozměněných, avšak stále s determinovatelnou původní strukturou je vrstva drti. Poslední vrstvu může tvořit vrstva měli. Jedná se o vrstvu organických látek tmavě zbarvených vlivem zvýšeného obsahu uhlíku. Původní struktura přeměněných látek se již nedá determinovat. Mísí-li se měl s minerální frakcí půdy, vzniká prst' (mydát).

Vlastní humus (pravý, půdní humus) je tvořen komplexem specifických, tmavě zbarvených organických, většinou vysokomolekulárních sloučenin, tzv. humusových látek. Je výsledkem biochemických procesů přeměny organické hmoty v půdě, tedy výsledkem humifikace. Z podstatné části jej tvoří huminové látky, které mohou být

promíšené s minerální frakcí půdy. Vlastní humus většinou nelze fyzicky oddělit od ostatní půdní organické hmoty, ze které postupně vzniká.

Šály (1978) uvádí tento přístup k třídění humusu jako nejvhodnější z hlediska lesnické pedologie.

### 3.4. Klasifikace humusových forem

#### 3.4.1. Klasifikace humusových forem v České republice

V současné době je pro klasifikaci půd i humusových forem používán Taxonomický klasifikační systém půd České republiky (Němeček et al., 2001). Jedná se v tento okamžik o jediný jednotný klasifikační systém naší republiky. Je to systém, se kterým pracuje i Lesnicko-typologický klasifikační systém, proto bude v dalším textu věnována pozornost převážně jednotkám, které tento systém zná a používá.

##### 3.4.1.1. Horizonty nadložního humusu lesních půd

#### a) **Anhydrogení horizonty nadložního humusu**

- vznikají na propustných, nezamokřených půdách. Pro soubor horizontů L+F+H je možné použít sumární označení O

- **Horizont opadanky L**

Tvořen relativně čerstvým rostlinným opadem bez známek zjevného rozkladu, takže jeho původ je snadno rozeznatelný

- **Ln - horizont nové opadanky:** horizont většinou kyprý, tvořený čerstvě opadlým a málo rozrušeným materiálem, který se akumuloval na půdním povrchu převážně v kratším období než 1 rok. Jeho struktura se téměř nezměnila.
- **Lv - horizont změněné opadanky:** starší opad s patrnými známkami rozkladu. Silně odbarvený, zatím však nerozmělněný

- **Horizont drti F (fermentační)**

Tento horizont tvoří částečně rozložené organické zbytky, u kterých je však jejich původ většinou ještě rozeznatelný. Převažují rozpoznatelné části nad materiálem, jehož původ nejsme schopni určit.

- **Fm - mykogenní horizont drti** je typický prorůstáním a spojováním rostlinných zbytků mycelii hub tak, že má často až plst'ovitý charakter. Trus živočichů se v horizontu může vyskytovat, ale jeho podíl je nízký.
- **Fz - zoogenní horizont drti** je horizont s kyprou a nesoudržnou strukturou, která vznikla v důsledku činnosti půdní fauny. Exkrementy půdních živočichů jsou velmi časté. Mycelia hub jsou jen zřídka přítomná ve větším množství. Zbytky kořenů jsou méně časté než v Fm horizontu.
- **Fa - amfigenní horizont drti** tvoří přechod mezi horizontem Fm a Fz. Transformace organických látek zde probíhá jak za účasti hub, tak půdních živočichů. Proto jsou v horizontu častá jak mycelia hub, tak exkrementy půdní fauny, přičemž žádná z těchto složek výrazněji nepřevládá.
- **Horizont měli H (humifikační)**

Horizont měli tvoří rostlinné zbytky v silném stupni rozkladu, takže jejich struktura není většinou rozeznatelná. Podíl humifikovaného materiálu zřetelně převládá nad méně rozloženými zbytky, přičemž tyto tvoří převážně zbytky kořenů.

- **Hh - humusový horizont měli** je horizontem, ve kterém zcela převládají jemné amorfní černě zbarvené částice. Ty jsou za vlhka kluzké a lze je roztírat mezi prsty, které špiní. Organický materiál je nestrukturní, celistvý. V horizontu téměř chybí exkrementy půdní fauny
- **Hz - zoogenní horizont měli** je charakteristický velkým množstvím drobných exkrementů půdní fauny. Exkrementy tvoří podstatnou část organického materiálu, který je typicky černý a má jemnou granulární strukturu.
- **Hr - reziduální horizont měli** je horizont ve kterém sice převažují jemné amorfní částice, ale jsou přítomny i rozpoznatelné rostlinné zbytky. Barva horizontu je tmavě červenohnědá, organický materiál při protírání prsty nešpiní.

**b) Hydrogenní horizonty** nadložního humusu vznikají na zamokřených organických půdách nebo i na minerálních půdách, které jsou větší část roku zamokřené.

Tvorba humusu je ovlivněna vysoko ležící hladinou spodní vody, která přetrvává blízko půdního povrchu převážnou část bezmrazového období roku.

- **Of - hydrogenní horizont fibrický** je tvořen převážně málo rozloženými organickými zbytky, u nichž lze poznat jejich původ. Obsahuje 40 % a více vláknitých zbytků.
- **Om - hydrogenní horizont mesický** se skládá jak z částečně rozložených rostlinných zbytků, tak z dobře rozloženého organického materiálu.
- **Oh - hydrogenní horizont humusový** je tvořen převážně dobře rozloženými humusovými látkami.

### c) Rašelinné horizonty T

Vznikají rašeliněním organických zbytků rostlin v podmínkách dlouhodobého převlhčení. Rašelinné horizonty je možno zpravidla rozlišit v jednotlivé vrstvy podle původu rostlinného materiálu, podle jeho slohu, podle barvy apod.

- **Tf - fibrický horizont**
- **Tm - mesický horizont**
- **Ts - saprický horizont**
- **Th - humolitový horizont**

#### 3.4.1.2. Humusová forma

Humusová forma neboli humusový profil je úsek půdního profilu, na jehož utváření se podstatnou měrou podílejí jak živé organismy, tak jejich mrtvé zbytky (Badel, 1971). Tyto zbytky se nacházejí v různém stupni rozkladu. Humusový profil je tak tvořen nadložním humusem a horizontem Ah (Klimo, 2003). Pro určení humusové formy je rozhodující charakter jednotlivých horizontů humusového profilu, jejich složení, mocnost a biologická aktivita (Vavříček, Kučera, 2015). Horizonty nadložního humusu, od shora dolů, jsou vlastně stádia rozkladu a přeměny opadu (Šály, 1978).

Pro terénní pedologické práce a pro běžné lesnické potřeby je důležitá klasifikace forem vycházející z makromorfologie. Za hlavní třídící znak pro horizonty nadložního humusu je možné považovat poměr rostlinných zbytků k jemné organické hmotě, který se dá přímo v terénu určit. Dalšími znaky jsou barva a struktura (Šály, 1978).

Základní formy povrchového humusu, mull a mor, určil již v roce 1887 lesník Müller. Základ pro určování a označování jednotlivých horizontů povrchového humusu se traduje od roku 1926, kdy základ k jejich označování dal Hesselman (Klimo, 2003).

V současné době probíhá klasifikace humusových forem na podkladech různých klasifikačních systémů, mezi kterými jsou menší či větší rozdíly (Němeček et al., 1990).

#### **3.4.1.3 Formy nadložního humusu**

Pro určení formy nadložního humusu je rozhodující charakter jednotlivých horizontů humusového profilu. V dalším textu se budu zabývat pouze anhydrogenními formami nadložního humusu, které jsou pro moji práci klíčové. V následné charakteristice jednotlivých humusových forem a subforem vycházím z následujících publikací (Klimo, 2003), (Němeček et al., 2001), (Šály, 1978), (Vavříček, Kučera, 2015).

#### **Morové humusové subformy**

Morové humusové subformy (surový humus) se vždy skládají ze všech třech hlavních organických horizontů, přičemž opad (L) je zpravidla víceletý. Tato humusová formace je podmíněna silným hromaděním organických zbytků na půdním povrchu, v podmínkách chladnějšího klimatu, pod rostlinnými společenstvy s nepříznivým poměrem C/N v jejich opadu, kdy probíhají značně omezené procesy mineralizace i humifikace organických zbytků. Surový humus se vyznačuje nejnižší biologickou aktivitou, která je zajištěna zejména houbami. Mycelia hub v povlacích pokrývají odumřelou organickou hmotu a tvoří mykogenní fermentační horizont Fm. Horizont měli (H) je nestrukturní a je většinou ostře oddělený od humózního horizontu A. Tvorba moru je zesilována chudým půdním podložím s nedostatkem bázi a jílu. Ze zoedafonu se ve větší míře vyskytují jen roztoči a chvostokoci. Surový humus je chudý na dusík, poměr C/N v horizontu Ae je větší než 15. Hodnoty pH/H<sub>2</sub>O jsou velmi nízké, v horizontu H 3,5-4,5.

#### **Typický mor**

Celková mocnost horizontu je zhruba 5-15 cm se stratifícií humusových horizontů L, Fm, Hh. Je charakterizován obecnými vlastnostmi moru popsanými výše.

#### **Drťový mor (Hemimor)**

Je mocný 4-10 cm se stratifícií L, Fm, Hh. Nejmocněji je vyvinut horizont drti Fm, který tvoří více jak 50 % tloušťky F+H horizontů.

Humusový horizont měli Hh je relativně tenký, nebo chybí. Vysoký podíl horizontu Fm je projevem zpomaleného procesu humifikace.

#### **Mělový mor (Humimor)**

Subforma s mocností 5–20 cm a stratigrafií L, Fm, Hh. Nejmocněji je vyvinut horizont Hh, který zaujímá 50 % a více z celkové tloušťky horizontů F a H. Tento bývá vlhký, mazlavý, s masivní, hrubou, granulovitou až prismatickou strukturou za sucha; za vlhka je homogenní. Mycelia hub se mohou vyskytovat v celém profilu, jsou však koncentrována v horizontu Fm.

#### **Reziduální mor**

Subforma humusu s mocností 15–25 cm a stratigrafií L, Fm, Hr, Hh. Dominantní je reziduální horizont měli Hr, který tvoří 50 % a více z celkové tloušťky F a H horizontů. Pokud se vyskytuje horizont Hh, bývá 1–5 cm tenký. V měli obsahuje makroskopicky rozpoznatelné zbytky kořenů, kůry a tlejícího dřeva, materiál je lehce mastný (kluzký), ale při tření jen lehce špiní prsty.

#### **Vápnitý mor**

Mocnost dané subformy je 5–10 cm a její stratigrafie L, F, H. Má mocný horizont opadanky L, jejíž rozklad je pomalý v důsledku nadměrné suchosti půdy a obtížné smočitelnosti pokravného humusu. Vyskytuje se na karbonátových horninách v klimaticky sušších a teplejších oblastech.

#### **Suchý mor**

Mocnost dané subformy se pohybuje přibližně v rozmezí 5–15 cm a stratigrafie jednotlivých horizontů je L, Fm, Hh. Dominuje mykogenní horizont Fm s vláknitou strukturou. Jednotlivé částice měli jsou pokryté houbovým pletivem. Vzniká především v teplejších a sušších oblastech na chudém podloží s nedostatkem živin. Má charakter suché rašeliny.

#### **Karbonizovaný mor**

Humusová subforma s mocností 3–7 cm a stratigrafií profilu L, F, Hh. Mocnost drti a měli je prakticky vyrovnaná. Vyskytuje se především v sušších a teplejších oblastech na chudém půdním podloží s nedostatkem živin. Vyznačuje se výraznou suchostí a naprostou nesmočitelností karbonizovaného nadložního humusu.

#### **Drnový mor**

Subforma charakterizovaná mocností 5–15 cm a stratigrafií (L), F, Hh. Půdní povrch je pokryt mocnou vrstvou drnu trav, především smilky tuhé. Horizont opadanky prakticky chybí a horizont drti nahrazuje spleť živých i odumřelých kořinek

a organických zbytků v různém stupni rozkladu. Vyskytuje se zpravidla v horských oblastech.

### **Moderové humusové subformy**

Humusová forma moder vzniká v příznivějších klimatických a půdních podmínkách, než je tomu v případě moru. Výraznou roli při rozkladu, který u této formy podmiňuje významnou, ale ne úplnou mineralizaci a humifikaci organických zbytků, hrají stanovištní podmínky, zejména vlhkost a provzdušenost opadové vrstvy. U této humusové formy je vždy přítomný horizont H. Tento není ostře oddělen od organominerálního horizontu, ale naopak se do organominerálního horizontu pozvolna vměšuje, čímž tvoří mydát. Na rozkladu organických zbytků se zde podílejí kromě zooedafonu také houby, plísňe, bakterie a výjimečně i aktinomycety. Oproti morovým formám humusu je zde aktivita zooedafonu mnohonásobně vyšší, nedosahuje však aktivity v mulových humusových formách. Žížaly se zde vyskytují pouze ojediněle. Půdní reakce moderu je kyselá. pH/H<sub>2</sub>O v horizontech H a A dosahuje hodnot 4,0–5,5, poměr C/N asi 12–15.

#### **Typický moder**

Humusová subforma s mocností 2–5 cm a stratigrafií L, Fz, Hh,(Hz). Má dobře vyvinutý horizont Fz, pod kterým se nachází horizont měli Hh, méně často horizont Hz. Další vlastnosti odpovídají obecnému popisu výše.

#### **Morový moder**

Jedná se o přechodnou subformu k moru s mocností 3–10 cm a stratigrafií L, Fa, (Fm), Hh. Podobnost s morem vyplývá především z přítomnosti amfigenního drťového horizontu Fa, ve kterém jsou mimo exkrementů zooedafonu častá i mycelia hub.

#### **Mulový moder**

U této humusové subformy se jedná o přechod k mulu. Vyznačuje se mocností 2–4 cm a stratigrafií L, Fz, Hh nebo Hz. Proces dekompozice zde zajišťuje především zooedafon. Vyskytují se zde v menším množství i žížaly. Oproti mulu je celková mocnost F a H horizontů větší než 2 cm.

#### **Vápnitý moder**

Humusová subforma s mocností 1–3 cm a stratigrafií L, Fz, Hh nebo Hz, která se tvoří na karbonátových horninách. Humifikačními procesy vznikají tmavě zbarvené vápenaté humáty.

### **Drnový moder**

Charakteristická pro tuto subformu je mocnost 4–10 cm se stratigrafií (L), F, (H). Vytváří se v případě, kdy je půdní povrch pokryt souvislým travním drnem. Měl by být málo mocná, někdy jen nezřetelně vyvinutá.

### **Mulové humusové formy**

Mul vzniká při podmínkách velice příznivých pro rozklad a transformaci organických zbytků. Tvoří se v mírném a teplém klimatu, na půdách s příznivou trofností, provzdušeností a s mírným vodním režimem, v listnatých nebo smíšených lesích. Pro mul je charakteristický dobře vyvinutý humózní horizont A, který bývá černohnědý až hnědočerný. Ostatní horizonty se buď téměř nevyskytují, nebo jsou velmi tenké. Celková maximální mocnost horizontu F a H, pokud se vyskytují, je 2 cm. Velmi intenzivní činnost zoedafonu, bakterií a aktinomycet zapříčiňuje velmi rychlý rozklad organické hmoty. Velmi významná je zde činnost žížal. Mulový humus je bohatý na dusík, C/N v horizontě A je 8–12, přičemž pH stejného horizontu je 5,5–7.

### **Pravý mul**

Tato humusová subforma má maximální mocnost 2 cm a stratigrafii (L), (Fz). Svými vlastnostmi odpovídá výše popsané charakteristice.

### **Vápnitý mul**

Jedná se o obdobu pravého mulu na karbonátových horninách. Mocnost i stratigrafie zůstává stejná, jako v případě mulu pravého. Organominerální horizont A má vyšší obsah vápna a jsou v něm přítomny karbonáty.

### **Semimul**

Humusová subforma s mocností do 2 cm a stratifikací (L), (Fz), (Hz). Právě možnost výskytu tenkého zoogenního horizontu drti Hz odlišuje tuto subformu od pravého mulu. Vzniká na jílem chudších minerálních substrátech, kde bývá půda sušší a mělčí.

### **Drnový mul**

Mocnost této subformy je 1–4 cm se stratigrafií (L). Na půdním povrchu je hustou spleť kořínků trav vytvořen drn.

## **3.4.2. Francouzská klasifikace humusových forem**

Při klasifikaci humusových forem respektive subforem jsme vycházeli jednak z výše popsané klasifikace, jednak také z francouzské klasifikace (Brêthes et al. 1995).



Francouzská klasifikace lépe vystihuje humusové formy ve vztahu k sekvenci horizontů zejména v porostech s bukem lesním „Kučera, ústní sdělení“.

### **Amphimull**

Tato humusová forma je charakterizována přítomností horizontů L, F i H, který rychle přechází do horizontu A. Horizont A je výrazně drobtovitě strukturovaný s vysokou aktivitou žížal. Právě aktivita žížal odlišuje amphimull od moderu a moru.

### **Mor**

Humusová forma se stratografií horizontů L, F, H, přičemž L a H jsou výrazně vyvinuté. Horizont A je nestrukturní. Přechod mezi horizonty H a A je ostrý.

### **Dysmoder**

Charakteristické pro tuto humusovou formu je přítomnost horizontů L, F i H, kde L i F jsou mocné,  $H \geq 1$  cm. Horizont H rychle přechází do horizontu A, který je nestrukturní, většinou tenký. Hranice přechodu však není ostrá.

### **Eumoder**

Jedná se o humusovou formu s téměř shodnou charakteristikou jako dysmoder. Rozdílem mezi těmito dvěma humusovými formami je mocnost horizontu H, který je v případě eumoderu menší než 1 cm.

### **Hemimoder**

Horizont Ln a Lv jsou dosti mocné, horizont F je souvislý. Horizont H chybí. Horizont A je nestrukturní.

### **Dysmull**

Humusová forma s absencí horizontu H. Horizonty L i F jsou souvislé, zřetelné. Horizont H tenký, horizont A jemně drobtovitý (rozdíl oproti hemimoderu).

### **Oligomull**

Horizont L značně mocný, souvislý, obsahující vícevrstevný opad listí. Horizont F je nesouvislý a tenký. Horizont A tenký, jemně drobtovitý. Horizont H opět chybí.

### **Mésomull**

Humusová forma s absencí horizontů F i H. Horizont Ln je souvislý, pouze lokálně mohou být vrstvené vybělené listy Lv. Horizont A je středně mocný, drobtovitý.

### **Eumull**

Humusová forma s přítomným pouze nesouvislým horizontem Ln. Tento leží přímo na horizontu A. Horizont A je mocný, drobtovitý se zřetelnými hroudami. Četné jsou exkrementy žížal.

### 3.5. Textura

Textura neboli zrnitost je jednou ze základních fyzikálních půdních vlastností. Půdní částice jsou na základě jejich velikosti řazeny do určitých kategorií tzv. frakcí. Procentuální zastoupení jednotlivých frakcí podle hmotnosti určuje zrnitost. Existuje několik stupnic pro třídění zrn podle velikosti, které se více či méně liší (Klimo, 2003). Obecně lze jednotlivé frakce klasifikovat jako jíl, prach a písek, přičemž všechny tyto částice mají průměr menší než 2 mm (Vavříček, Kučera, 2015). Mají-li částice větší průměr než 2 mm označujeme je jako skelet (Lesnický naučný slovník, 1994).

Zrnitostní složení je možné určit v terénu nebo v laboratoři mechanickým rozborem půdy. V terénu se zrnitostní složení určuje odhadem, na základě makroskopických znaků (roztírání vzorku mezi prsty). Vlastní zrnitostní rozbory je možné rozdělit podle použité metody do 4 skupin: třídění pomocí sít, třídění sedimentací, třídění vyplavováním, méně používané metody např. odstředivka (Jandák et al., 2004; Klimo, 2003).

Po zjištění zrnitostního složení se textura zjišťuje několika způsoby. Nejčastěji se vychází z poměrného zastoupení frakcí o průměru částic < 0,01 mm (jílové částice) v půdním vzorku nebo poměrného zastoupení jílové, prachové i písčité frakce (Jandák et al., 2004; Klimo, 2003; Vavříček, Kučera, 2015).

Z poměrného zastoupení jílové frakce vychází a na jeho základě určuje zrnitost Klasifikační stupnice dle Nováka, viz Tab. 2. S využitím poměrného zastoupení všech tří frakcí pracuje Taxonomický klasifikační systém půd České republiky, který k určení zrnitosti využívá zrnitostní trojúhelník (Brtnický et al. 2015).

Tab. 2 Klasifikační stupnice zrnitosti dle Nováka

<b>Klasifikační stupnice zrnitosti dle Nováka</b>		
<b>Obsah částic menších než 0,01 mm [%]</b>	<b>Půdní druh</b>	<b>Klasifikace půdy</b>
0–10	písčítá - P	lehká
10–20	hlinitopísčítá - HP	lehká
20–30	písčitohlinitá - PH	středně těžká
30–45	hlinitá - H	středně těžká
45–60	jílovitohlinitá - JH	těžká
60–75	jílovitá - JV	těžká
nad 75	jíl - J	těžká

Významnou roli v půdě hraje také skelet. Skeletovitost udává zastoupení hrubších částic v půdě s průměrem zrn nad 2 mm. Tyto se dělí na hrubý písek (2–5 mm), drobný štěrk (5–10 mm), hrubý štěrk (10–50 mm), kameny (50–500 mm) a balvany (>500 mm) (Šimek, 2007).

### 3.6. Struktura

Struktura je další z významných fyzikálních vlastností půdy. Je dána stmelěním jednotlivých půdních částic do větších agregátů jílovitou substancí organickými látkami, sloučeninami železa a podobně. Na tvorbě struktury půdy se mohou významně podílet střídání vlhkosti, zoedafon a jeho exkrementy (Tomášek, 2007).

Uspořádání a seskupení půdních částic podmiňuje tvar a velikost pórů, což má přímý důsledek na vodní a vzdušný režim. Trvanlivost a odolnost půdních agregátů vůči rozpadu je různá. Závisí na způsobu jejich vzniku a soudržnosti sil (Klimo, 2003).

Půdní strukturu je rovněž zapotřebí klasifikovat. Autoři se v přístupu ke klasifikaci struktury různí, základní dělení je však společné. Základní kategorie půdní struktury podle procesu vzniku a soudržnosti jsou: elementární, agregovaná a segregovaná (Vavříček, Kučera, 2015).

Struktura půdy je velmi důležitý faktor, který ovlivňuje úrodnost intenzivně obhospodařovaných půd. Vhodným hospodařením je možné struktury takovýchto půd upravit, nebo udržet v neoptimálnější podobě. Struktura lesních půd nepodléhá tak velkým změnám jako v případě půd zemědělských a to především díky vrstvě nadložního humusu, který působí jako stabilizátor (Klimo, 2003).

### 3.7. Prokořenění

Kořeny mají velmi silný vliv na tvorbu a formování půdy. Podílí se na mechanickém i chemickém zvětrávání půdotvorných hornin. Velmi významně ovlivňují nakypření půdy, zvětšují nekapilární póry a napomáhají lepšímu vsakování vody do půdy. Jsou v nich poutány minerální živiny, které půdu po odumření kořenů obohacují (Klimo, 2003).

Kořeny se významně podílejí na množství biomasy lesních ekosystémů. Kořenová biomasa trávobílinného a dřevinného patra lesního ekosystému je cca 30–100 t/ha. Ve svrchních půdních horizontech tvoří kořeny podíl 15–20 % celkového objemu půdy. Lesní půdy nabývají prokořenění asi 0,5–2 cm/cm<sup>3</sup> (Vavříček, Kučera, 2015).

### 3.8. Půdní reakce

Půdní reakce je jednou z nejdůležitějších charakteristik půdy, která je velmi úzce spjata s půdními procesy fyzikálními, chemickými i biologickými (Pelíšek, 1964; Šimek, 2005).

Udává stupeň acidity respektive alkality půdy. Značkou půdní reakce je pH. pH se vyjadřuje jako záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů. Nabývá hodnot od 0 do 14 (Vavříček, Kučera, 2015). Látky vykazující pH = 7 jsou označovány jako neutrální, látky s pH < 7 jako látky kyselé a látky s pH > 7 jsou látky zásadité (Mařan, Káš, 1948).

Rozeznáváme půdní reakci aktuální a půdní reakci potenciální (výměnnou), kdy reakci aktuální zjišťujeme v suspenzi půdního vzorku s vodou, reakci potenciální v suspenzi půdního vzorku a roztoku neutrální soli (KCl nebo CaCl<sub>2</sub>) (Pelíšek, 1964; Šály, 1978; Vavříček, Kučera 2015). V půdách mírného klimatického pásu platí, že pH/H<sub>2</sub>O > pH/ KCl (CaCl<sub>2</sub>), a to zpravidla o 0,3–1 stupeň pH (Vavříček, Kučera, 2015).

Většina lesních půd v naší republice má půdní reakci mírně kyselou, nebo kyselou. Půdy lze dle půdní reakce klasifikovat dle Tabulky 3 (Vavříček, Kučera, 2015).

Tab. 3 Kritéria pro klasifikaci půdní reakce

pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	půda
pod 3,5	pod 3	extrémně kyselá
3,5–4,5	3,0–4,0	silně kyselá
4,5–5,5	4,0–5,0	středně kyselá
5,5–6,5	5,0–6,0	mírně kyselá
6,5–7,2	6,0–7,0	neutrální
7,2–8,0	7,0–7,5	mírně alkalická
8,0–8,5	7,5–8,0	středně alkalická
8,5–9,0	8,0–8,5	silně alkalická
nad 9,0	nad 8,5	velmi silně alkalická

Půdní reakce je ovlivňována celou řadou faktorů, z nichž je možné za nejdůležitější považovat druhové složení porostu, humus, chemismus matečné horniny, podzemní vodu, klima a hospodářské zásahy do půdy i lesního porostu. Kyselý humus se tvoří převážně pod porosty jehličnatými, listnaté a smíšené lesní porosty dávají vzniknout především mírně kyselému humusu (Pelíšek, 1964).

Reakce půdy se mění v průběhu roku a odlišuje se i v jednotlivých horizontech půdního profilu. U lesních půd jsou zpravidla nejkyselější svrchní horizonty, směrem

dolů se hodnoty pH zvyšují. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou pH v půdním profilu zpravidla dosahuje hodnoty 1. Výkyvy hodnot během roku dosahují hodnot mezi 1–1,5 (Šály, 1978).

Podle Lindquista (Šály, 1978) je velmi výrazný rozdíl v počtu semenáčků přirozeného bukového zmlazení v závislosti na pH svrchní vrstvy půdy a stejných ostatních podmínkách.

pH půdy je možné ovlivňovat přímo pomocí chemických látek, dá se však do značné míry ovlivnit pěstebními zásahy a druhovou skladbou lesního porostu (Klimo, 2003).

### 3.9. Uhlík v půdě

Uhlík patří mezi nejdůležitější půdní prvky. V půdě je obsažen v karbonátech, organických sloučeninách a oxidu uhličitém v půdním vzduchu a roztoku. Je podstatnou součástí organické hmoty (Jandák et al., 2004).

Uhlík obsažený v karbonátech a oxidu uhličitém je možné označit jako anorganickou formu uhlíku v půdě. Druhou formou uhlíku v půdě je uhlík organický, který do půdy vstupuje ve formě odumřelých těl rostlin a živočichů a jejich exkrementů (Vavříček, Kučera, 2015).

Při laboratorním stanovení se uhlík v půdě stanovuje jako tzv. oxidovatelný uhlík (Cox). Uhlík je na Zemi uložen v mnoha formách a jeho obsah v půdním humusu je asi 2500 mld. t. (Vavříček, Kučera, 2015).

Množství uhlíku v půdě je jedním z klíčových kritérií pro klasifikaci půdního horizontu jako humusový (Vavříček, Kučera, 2015).

Množství organické hmoty v půdě lze klasifikovat podle tabulky 4 (Vavříček, Kučera, 2015).

Tab. 4 Kritéria pro hodnocení obsahu organické hmoty

Hodnocení obsahu organické hmoty	Cox [%]
velmi nízký (slabě humózní)	do 1,0
mírný (mírně humózní)	1,0–1,7
střední (středně humózní)	1,7–2,6
dobrá (humózní)	2,6–4,0
vysoký (silně humózní)	4,0–5,8
velmi vysoký (velmi silně humózní)	5,8–7,3
humusové půdy (rašeliny)	7,3–14,5
rašeliny	nad 14,5

### 3.10. Dusík v půdě

Dusík je jeden z nejrozšířenějších prvků na Zemi. Hlavním zdrojem dusíku je atmosféra, kde se dusík nachází ve formě  $N_2$ . Tato forma je pro rostliny nedostupná, avšak díky činnosti specifických bakterií, které dokážou vzdušný dusík vázat, se ho dostává do půdy značné množství. Další dusík se do půdy dostává činností dalších specifických bakterií, které rozkládají organickou hmotu. Právě organická hmota představuje největší zásobárnu dusíku v půdě. Dusík, obsažený v organické hmotě označujeme jako dusík organický a tvoří 85–95 % dusíku v půdě. Druhou formou dusíku v půdě je dusík minerální, který tvoří kolem 10 % celkového množství uhlíku v půdě. Tento je pro rostliny přístupný ve dvou anorganických formách ( $NH_4^+$  a  $NO_3^-$ ). Organický dusík je činností mikroorganismů přeměňován na dusík minerální (Vavříček, Kučera, 2015).

Největší obsah dusíku se v lesních půdách objevuje vždy v nejsvrchnějších vrstvách a směrem dolů velmi rychle ubývá. Množství dusíkatých sloučenin v půdě je závislé především na obsahu humusu a na zrnitostním složení půd. Lesní půdy s písčitou texturou vykazují mnohem menší zásoby dusíkatých látek než půdy hlinité nebo jílovité (Pelíšek, 1964).

Celkové množství dusíku v našich lesních půdách kolísá v rozmezí 0,1–0,3 %. V některých svrchních humusových vrstvách dosahuje až 0,5 % (Pelíšek, 1964).

Obsah celkového dusíku v půdě značíme  $N_t$ . Na základě hodnoty  $N_t$  můžeme obsah dusíku v půdě hodnotit podle Tab. 5 (Vavříček, Kučera, 2015).

Tab. 5 Hodnocení obsahu dusíku v půdě

<b>Obsah dusíku</b>	<b><math>N_t</math> [%]</b>
velmi nízký	pod 0,05
nízký	0,05–0,12
střední	0,12–0,25
vysoký	0,25–0,40
velmi vysoký	nad 0,40

### 3.11. Poměr C:N

Tento poměr je velmi významným ukazatelem kvality dekompozice, humifikace a trofnosti půd. Ač se jedná o poměr, jeho hodnota se uvádí pouze jako jedno číslo. To z toho důvodu, že uhlík je vždy v přebytku. Tedy hodnota 15 značí poměr 15 : 1 (Vavříček, Kučera, 2015).

V průběhu dekompozičních procesů a přeměn organické hmoty na humus dochází ke snižování poměru C/N (Vavříček, Kučera, 2015). Poměr C : N je v rostlinném materiálu zpočátku vysoký, sláma obilnin dosahuje hodnoty až 100. Po zapravení do půdy a podmínek příznivých pro rozklad organických látek se však rychle snižuje. Velmi důležitým faktorem pro rychlost přeměny organické hmoty je množství dusíku přítomné v půdě (Šimek, 2005).

Humusové formy mají různý poměr C : N. Hodnota C : N u mullu se pohybuje v rozmezí 10–20, u moderu je tato hodnota blízká 20 a u moru je < 30 (Vavříček, Kučera, 2015). Šály (1978) uvádí, že v humusu lesních půd je poměr C:N většinou v rozmezí 8–20.

Poměr C : N humusu je velmi silně ovlivněn dřevinnou skladbou porostu a se zvyšujícím se poměrem C : N je možné čekat snižující se trofnost půdy (Klimo, 2003; Vavříček, Kučera, 2015).

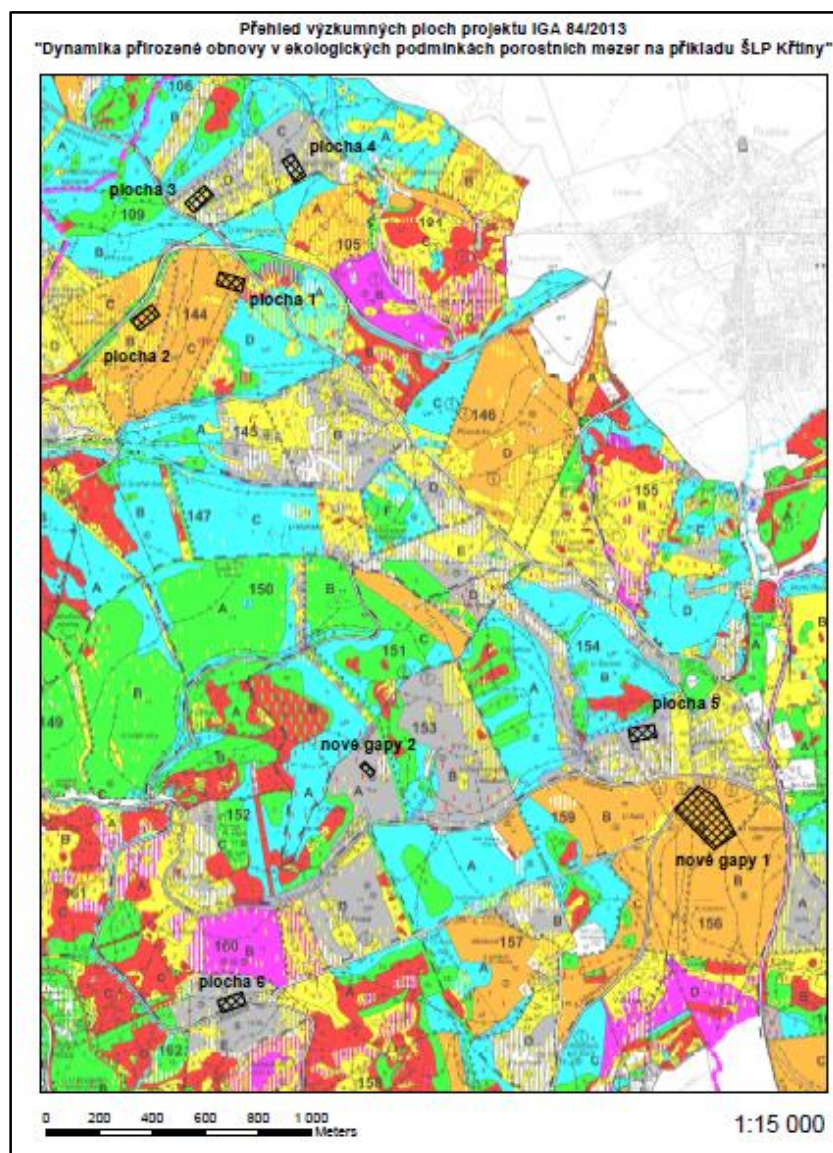
Mezi poměrem C : N a pH existuje záporný korelační vztah, tedy se zvyšujícím se C : N se snižuje hodnota pH (Vavříček, Kučera, 2015).

## 4. Materiál a metody

### 4.1. Materiál

#### 4.1.1. Lokalizace

Mnou zkoumané plochy se nachází na jihozápadním okraji geomorfologické celku Drahanská vrchovina, v geomorfologickém podcelku Moravský kras. V rámci administrativně správního členění se tyto nachází v severní části Jihomoravského kraje, v okrese Blansko. Všechny plochy jsou vytyčeny na pozemcích Mendelovy univerzity v Brně v katastrálním území Olomučany [710954] URL[1]. Zkoumané plochy se nachází v lesním komplexu mezi obcemi Olomučany a Rudice, v blízkosti lesních cest Křivá borovice a Hraniční. Jedná se o plochy 1, 2 a 4 zobrazené na Obr. 1.



Obr. 1 Přehled výzkumných ploch



#### 4.1.2. Klimatické podmínky

Podle mapy Klimatické poměry (Tomášek, 2007) spadá mé zájmové území do oblasti mírně teplé, mírně vlhké, vrchovinné. Dle Quittovy klasifikace spadá má oblast do klimatické oblasti mírné teplé MW4 s parametry uvedenými v tabulce 6 (Atlas podnebí Česka, 2007).

Tab. 6 Klimatické charakteristiky mírně teplé oblasti

Parametr	Klimatické charakteristiky
počet letních dní	20 - 30
počet dní s průměr. teplotou 10 °C a více	140 - 160
počet dní s mrazem	110 - 130
počet ledových dní	40 - 50
průměrná lednová teplota	-2 - -3
průměrná červencová teplota	16 - 17
průměrná dubnová teplota	6 - 7
průměrná říjnová teplota	6 - 7
průměr. počet dní se srážkami 1mm a více	110 - 120
suma srážek ve vegetačním období	350 - 450
suma srážek v zimním období	250 - 300
počet dní se sněhovou pokrývkou	60 - 80
počet zatažených dní	150 - 160
počet jasných dní	40 - 50

#### 4.1.3. Geologické poměry

Území budují příkrovy převážně čistých devonských vápenců, jen zřídka sem zasahuje granodiorit brněnského masivu, nebo vychází bazální devon v podobě nevápnitých slepenců a jílovců. Ve střední části krasu (Rudice, Olomučany) jsou významné staré pokryvy. Jedná se o výplně hlubokých krasových depresí tvořené zvětralinami jurského a křídového stáří (jíly, písky, valouny) (Culek, 1996). Dominantní matečnou horninou daného území je jíl a písek, ostrůvkovitě se zde vyskytuje také vápenec a dolomit URL[2]; [3].

Vysvětlením takto variabilních geologických poměrů daného území je jeho poloha, tedy oblast přechodu mezi Moravským krasem a Drahanskou vrchovinou.

#### 4.1.4. Půdní poměry

Podle půdní mapy České republiky (Tomášek, 2007) můžeme v dané lokalitě očekávat kambizemě a hnědozemě.

Ve studované lokalitě se prolínají tři půdní typy, kterými jsou kambizem, luvizem, hnědozem. Každý půdní typ v zájmovém území má několik subtypů i variet. Dominuje zde kambizem modální mesobasická URL [3]; [4].

Humusové formy, které na daných lokalitách můžeme očekávat lze odvodit z přítomných půdních typů. Charakteristickou humusovou formou pro hnědozemě je mull, který může přecházet do moderu. Moder je typická humusová forma luvizemí. Pro půdní typ kambizem není typická žádná humusová forma. Podle specifických substrátových, klimatických a vegetačních podmínek je možné nalézt u kambizemí veškeré formy nadložního humusu (Němeček et al., 2001).

S ohledem na druhovou skladbu dřevin a vlastnosti jejich opadu je možné na zkoumaných plochách očekávat humusové formy morové, moderové i mullové. Jehličnany obecně mají obtížně rozložitelný opad, který díky svému chemickému složení napomáhá vzniku morových humusových forem. Oproti tomu dřeviny listnaté mají opad bohatší na minerální živiny a podporují tak vývoj příznivějších humusových forem, moderu a mullu (Klimo, 2003; Vavříček, Kučera, 2015).

#### 4.1.5. Dřevinná skladba

Pro zjištění dřevinné skladby daného území jsem využil mapový portál Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem URL [5].

Jedná se o oblast s poměrně bohatou druhovou strukturou porostů, přičemž sousední porosty mají často tuto strukturu výrazně odlišnou.

V celku podobné svojí druhovou strukturou si jsou porosty, na kterých je se nachází gapy 1 a 4. Gapu 4 dominuje svým zastoupením smrk, přimíšené zde jsou borovice, buk, modřín a habr. Gapu 1 dominuje opět smrk, avšak zastoupení modřínu a buku je zde vyšší než v případě gapu 4.

Druhová struktura gapu 2 je rozdílná. Této ploše naprosto dominuje buk, druhou nejvíce zastoupenou dřevinou je zde modřín a sporadicky se zde vyskytuje smrk.

#### 4.1.6. Typologické a fytoecologické poměry

Daná lokalita je součástí PLO 30 Dražanská vrchovina. V rámci vertikálního členění spadá tato oblast do LVS dbBK a LVS BK. Toto území tvoří stanoviště ekologické řady živné s převažujícími soubory lesních typů 3H, 3B, 4H a 4S. Cílovým hospodářským souborem dané lokality je CHS 45 - Hospodářství živných stanovišť středních poloh URL [5]. Určení příslušnosti daného území k určitému bioregionu

v rámci biogeografického členění ČR podle Culka (1996) je velmi obtížné. Jedná se o oblast přechodnou mezi bioregionem Drahanským a Macošským. Tato oblast není reprezentativní plochou ani pro jeden z bioregionů a zároveň se v ní prolínají vlastnosti obou dvou bioregionů.

## 4.2. Metodika

### 4.2.1. Metodika terénních prací

Terénní práce, jejichž cílem byl popis holorganických a organominerálních horizontů s determinací zastoupené formy a odběr směsných půdních vzorků z organominerálního horizontu, probíhaly v rámci třech projektových polygonů. Do každého projektového polygonu, s rozměry 50 x 100 m, byla vetknuta čtvercová síť 5 x 5 m, přičemž vrcholy čtverců byly přesně zaměřeny a v terénu stabilizovány pomocí betonářské oceli. Tím vzniklo v rámci každého polygonu 231 bodů, na kterých jsme prováděli terénní šetření. V rámci této bakalářské práce bylo popsáno celkem 693 bodů.

Terénní práce jsme vykonávali ve dvou, nebo tříčlenné pracovní četě. Nejdříve jsme si v těsné blízkosti vytyčeného bodu vybrali vhodnou plošku o rozměrech zhruba 30 x 30 cm. Na této plošce jsme následně odstranili humusové vrstvy až na organominerální horizont. Tento jsme důkladně očistili od horizontu měli a zahradnickými nůžkami jsme odstříhli drobné kořeny. Tím byl organominerální horizont připravený k odebrání směsného vzorku. Při odběru směsného vzorku jsme určili půdní vlastnosti organominerálního horizontu, konkrétně texturu, strukturu, prokořenění, množství skeletu a jeho frakci. Vzorek jsme nasypali do igelitového sáčku s kódem polohy bodu, u kterého jsme vzorek odebrali. Při kódování jsme používali římská čísla pro určení řady a čísla arabská pro určení pozice daného bodu. Řadou se rozumí 21 bodů po sobě jdoucích, tedy vzdálenost delší strany čtverce, pozicí poté umístění bodu v dané řadě. Tato situace je znázorněna na plánu, viz příloha 1.

Po odebrání vzorku jsme si vyhloubili půdní zákopek až na minerální horizont a jeho profil upravili a očistili. Pomocí svinovacího metru jsme určili mocnost jednotlivých humusových horizontů a horizontu organominerálního. U jednotlivých humusových horizontů jsme determinovali složení opadu. Na základě všech zjištěných informací jsme určili humusovou formu a humusovou subformu. Všechny zjištěné vlastnosti jsme zaznamenali do předpřipravené tabulky, abychom s nimi mohli dále snadno pracovat.

Na závěr jsme plošku zahrabali, terén upravili a pokračovali k další plošce. Pro maximální eliminaci možné chyby jsme zvolili odběr vzorků postupně pouze po jedné řadě.

#### 4.2.2. Metodika laboratorních prací

Laboratorní zpracování půdních vzorků jsem prováděl společně s kolegou Vojtěchem Táčem. Prvním nezbytným úkonem je proschnutí půdního vzorku. Toho jsme dosáhli vystavením půdních vzorků teplotě kolem 80 °C v horkovzdušné sušárně. Vzorky jsme prosušeli přibližně 12 hodin.

Již prosušené vzorky jsme vyňali z horkovzdušné sušárny a prosáli je na síť s oky o průměru 2 mm. Tím jsme vytvořili jemnozem I. Tuto jsme nasypali do papírového sáčku, který byl předem označen stejným kódem bodu, jako sáček původní. Tímto byla jemnozem I připravena pro laboratorní analýzy.

Jemnozem I jsme dále upravili na jemnozem II. Toho jsme dosáhli důkladným rozdrčením půdy v achátové třecí misce a jejím následným prosetím na síť s oky o průměru 0,25mm. Množství půdy pro naše další analýzy bylo stanoveno na 5 g. Upravený vzorek jsme nasypali do malých papírových sáčků předem označených opět stejným kódem.

Dalším úkonem bylo stanovení půdní reakce aktivní a půdní reakce potencionální výměnné. Přípravu vzorků pro obě analýzy jsme prováděli současně. Ze vzorku jemnozeme I každého bodu jsme navážili 2 x 10 g půdy. Vzorky jsme vsypali do plastových lahvíček na vzorky opatřených kódem bodu a poznámkou k jaké analýze daná lahvička bude sloužit. Pro stanovení půdní reakce aktivní jsme do lahvičky s poznámkou H přilili z dávkovače 25 ml destilované vody. Do lahvičky s poznámkou K jsme taktéž z dávkovače přilili 25 ml 1 mol<sup>-1</sup> KCl. Tato sloužila pro stanovení půdní reakce potencionální výměnné. Poměr vzorek: extrakční činidlo vychází z práce Válka (1954). Obě lahvičky jsme uzavřeli, důkladně protřepali a umístili na laboratorní třepačku. Jakmile byla třepačka plná, nechali jsme na ní vzorky 30 minut třepat. K měření hodnot jsme přistoupili až po čase stanoveném normou. Hodnotu půdní reakce aktivní, pH/H<sub>2</sub>O, jsme stanovovali v časovém horizontu 2 až 24 hodin od zalití vzorku. Hodnotu půdní reakce potencionální výměnné, pH/KCl, po uplynutí 24 hodin od zalití vzorku. pH roztoků jsme měřili pomocí pH metru.

Celkový obsah dusíku v půdě (Nt) a obsah oxidovatelného uhlíku v půdě (Cox) byl stanoven v laboratoři ÚGP analýzou „na suché cestě“. Stanovení proběhlo na analyzátoru LECO TruSpec (MI USA). Kalibrováno bylo na standardy fy LECO:

Tobacco 1016 s deklarovaným obsahem dusíku 2,53% a uhlíku 46,48 % a EDTA 1049 s deklarovaným obsahem dusíku 9,58% a uhlíku 41,05 %. Kontrola kalibrace na denní standard LECOSTD12. Použité plyny: helium 4.8, kyslík 5.0, vzduch medicínální. Teplota spalování vzorků byla 950°C/850°C, metoda SOIL I, přibližná navážka vzorku byla 0.12 g. Vzorky šedě podložené byly měřeny 3x, ostatní vzorky 2x, výsledky jsou aritmetickým průměrem výsledků paralelních měření.

#### 4.2.3. Metodika počítačového zpracování dat

Všechna zjištěná data jsem uspořádal do tabulkové podoby v programu Microsoft Excel. V tomtož programu jsem s nimi také dále pracoval. Využíval jsem při tom především funkci třídění dat, určení průměru a směrodatné odchylky. Zjištěné informace přikládám v sekci výsledky ve formě tabulek a grafů, část z nich je umístěna v přílohách.

Krabicové grafy byly zpracovány za pomoci vedoucího bakalářské práce v programu Statistica.

## 5. Výsledky

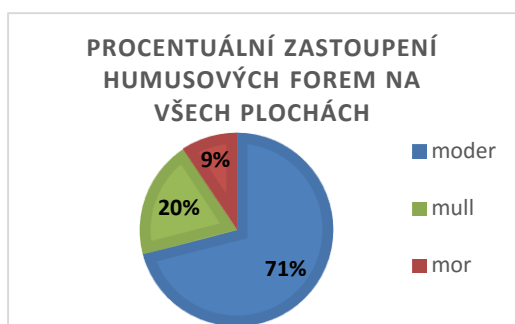
Na samém začátku této kapitoly považuji za nezbytné osvětlit situaci kolem názvů humusových forem a subforem. Už použití samotného termínu subforma, se kterým pracuje Taxonomický klasifikační systém půd České republiky, je ve vztahu k jednotkám francouzského klasifikačního systému zavádějící, jelikož tento systém vůbec s touto taxonomickou jednotkou nepracuje. Z důvodu konzistentnosti s českým systémem je však vhodné vylišovat i subformy, které jsou u francouzského systému tvořené předponami eu-, meso-, dys- atd.

Druhým problémem nesouladu mezi používanými systémy je název humusové formy, kterou Taxonomický klasifikační systém půd České republiky nazývá mul, francouzský klasifikační systém pro ni používá termín mull. V textu bude dále používán termín mull.

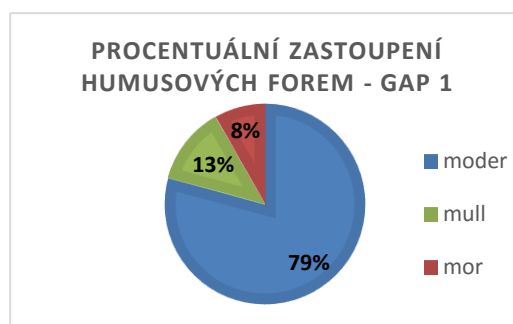
Pro ulehčení a zpřehlednění práce s daty při počítačovém zpracování jsme pojmenovali humusové subformy ve tvaru: humusová forma\_humusová subforma. V tomto tvaru jsou také uvedené v tabulkách a grafech.

## 5.1. Výsledky terénního šetření

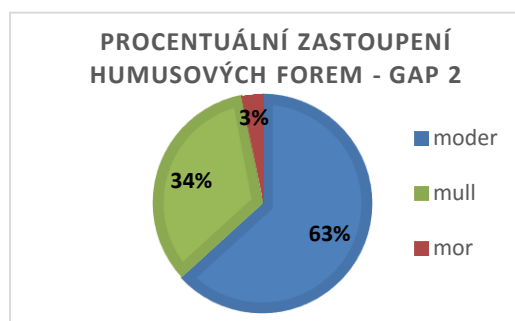
### 5.1.1. Zastoupení humusových forem a subforem



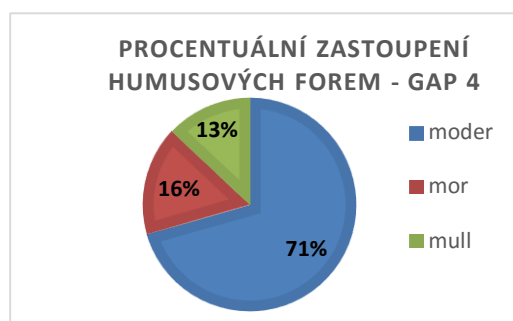
Obr. 3 Procentuální zastoupení humusových forem na všech zkoumaných plochách



Obr. 2 Procentuální zastoupení humusových forem - Gap 1



Obr. 4 Procentuální zastoupení humusových forem – Gap 2



Obr. 5 Procentuální zastoupení humusových forem – Gap 4

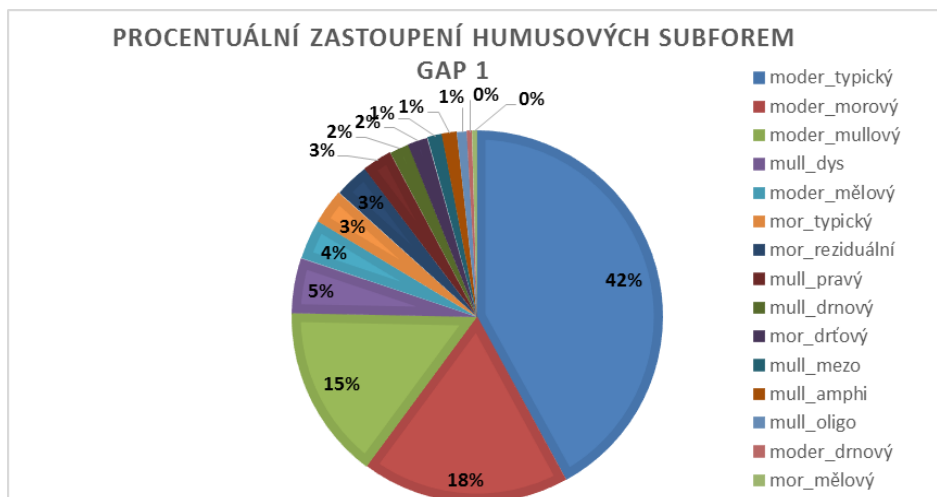
Z výše uvedených grafů jednoznačně vyplývá dominance humusové formy moder na všech zkoumaných plochách. Na gapu 1 je moder zastoupen ze 79 %, na gapu 2 z 63 % a na gapu 4 ze 71 %. Zastoupení moderu ze všech ploch činí 71 %.

Podíl ostatních humusových forem (mor a mul) se na jednotlivých lokalitách výrazně liší. Na prvním i druhém gapu převažuje humusová forma mul nad humusovou formou moder. V rámci gapu 1 tvoří mul 13% stanovišť a mor 8 %. V rámci gapu 2 odpovídá mullu 34 % vzorků, moru pouze 3 %.

Zastoupení těchto humusových forem na gapu 4 je výrazně odlišné. Humusové forma mor (16%) zde převažuje nad humusovou formou mul (13 %).

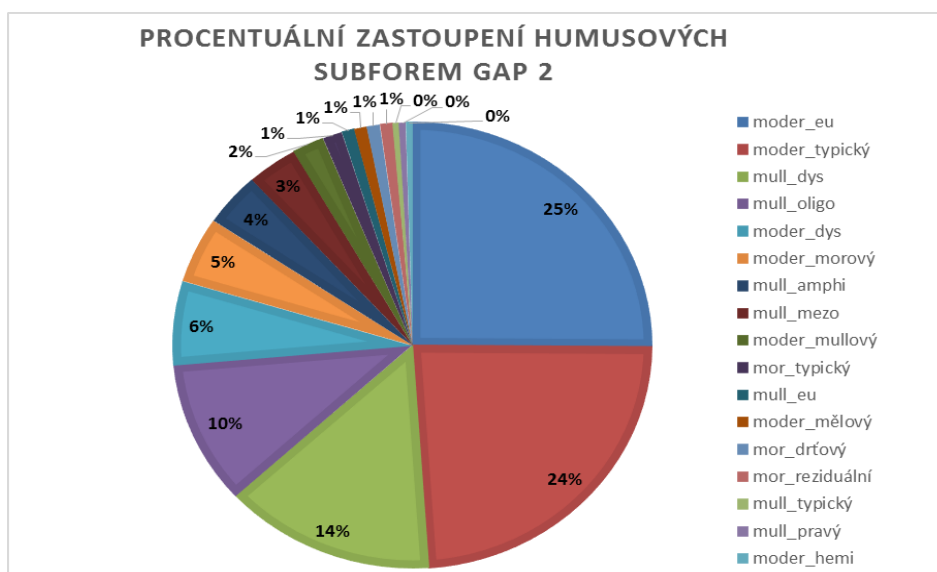
Na základě zastoupení humusových forem hodnotím gapy 1 a 4 jako podobné. Gap 2 je zastoupením mullových humusových forem (34 %) odlišný.

Konkrétní hodnoty jsou zobrazeny v příloze 2.



Obr. 6 Procentuální zastoupení humusových subforem Gap - 1

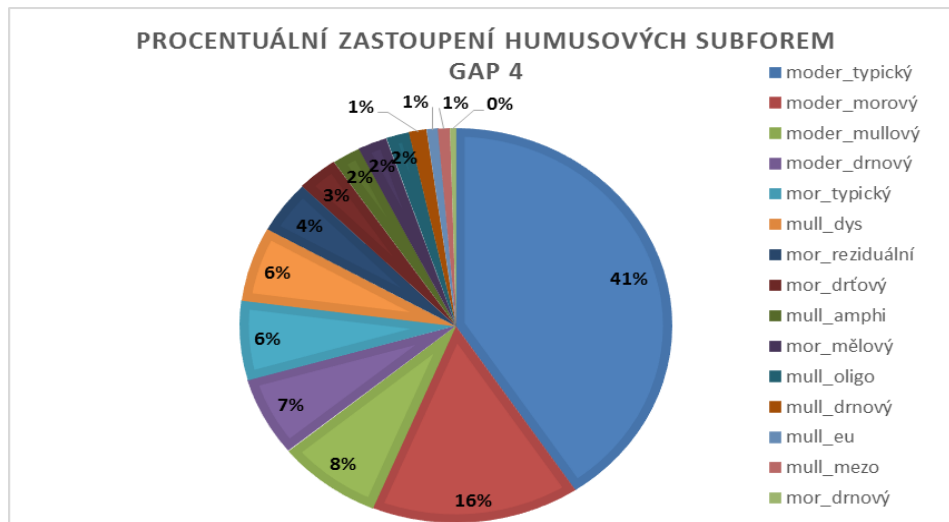
Obr. 6 jasně ukazuje dominanci humusové subformy typický moder, která tvoří 42% ze všech vzorků. Morový moder tvoří 18 %, mullový moder 15 %, dysmull 5 %. Další humusové subformy mají v rámci gapu menší zastoupení než 5 %. Četnosti jednotlivých humusových subforem jsou zaznamenány v příloze č.3.



Obr. 7 Procentuální zastoupení humusových subforem Gap - 2

Jak ukazuje Obr. 7, nejvíce zastoupené humusové subformy na druhé zkoumané ploše jsou eumoder (25 %) a typický moder (25 %). Třetí v pořadí je humusová subforma dysmull (14 %). Následují oligomull (10 %), dysmoder (6 %) a morový moder (5 %). Ostatní humusové subformy mají menší zastoupení než 5 %. Konkrétní hodnoty zastoupení zobrazuje příloha č.4.

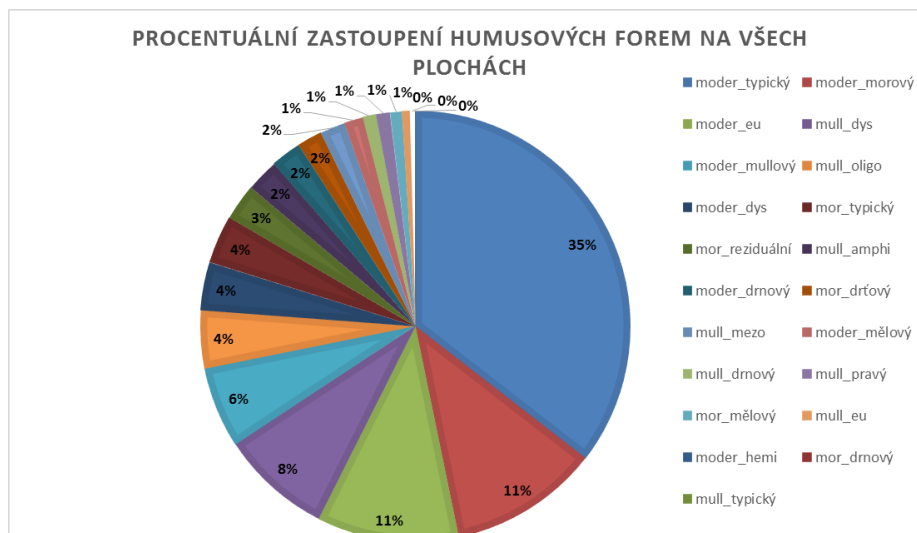




Obr. 8 Procentuální zastoupení humusových subforem Gap - 4

Obr. 8 znázorňuje zastoupení humusových subforem na Gapu č 4. Dominantní zde je opět, jako v případě gapu 1, humusová subforma typický moder. Její zastoupení na dané zkusné ploše činí 41 %. Druhou nejzastoupenější humusovou subformou na této ploše je morový moder, který je zde zastoupen z 16 %. Třetí v pořadí je mullový moder s zastoupením 8 %. Další zastoupené humusové subformy zde jsou drnový moder (7 %), typický mor (6 %) a dysmull (6 %). Ostatní humusové subformy mají menší zastoupení než 5%. Hodnoty zastoupení humusových subforem na Gapu 2 jsou uvedeny v příloze č 5.

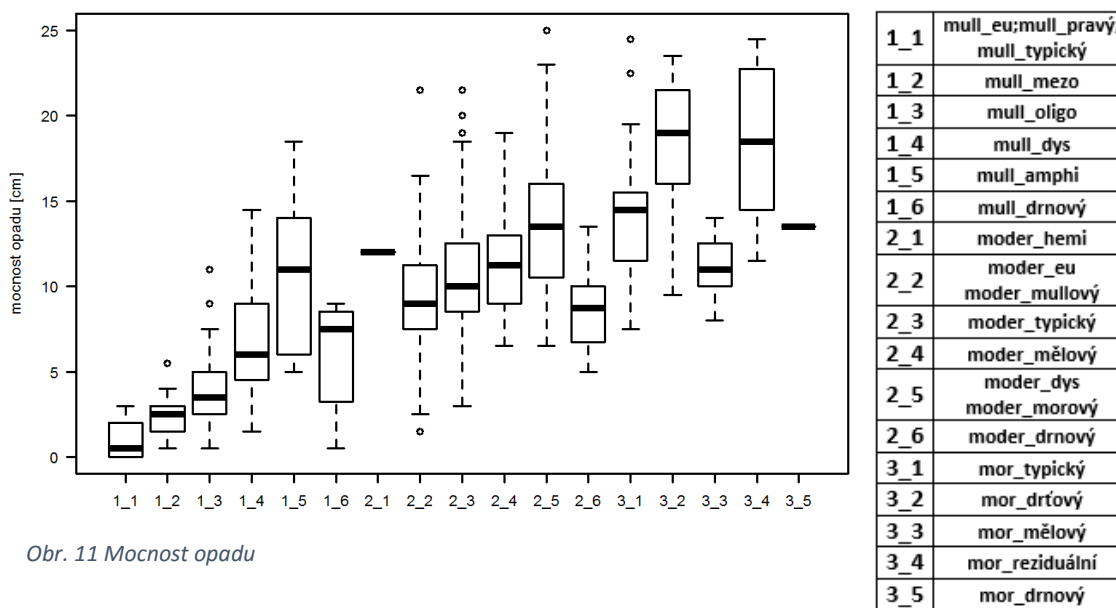
Z grafů jasně vyplývá podobnost zastoupení humusových subforem mezi gapem 1 a 4. Odlišnost gapu 2 ukazuje i nejvíce zastoupená humusová subforma, eumoder, která se na žádném z dalších gapů vůbec nevyskytovala.



Obr. 9 Procentuální zastoupení humusových subforem na všech zkoumaných plochách

Obr. 9 ukazuje zastoupení humusových subforem ze všech třech ploch. Humusovou subformou s největším zastoupením, 35 %, je typický moder. Morový moder tvoří 11 % ze všech vzorků, eumoder stejně tak, dysmull 8 %. Mullový moder tvoří z celkového souboru 6 %. Ostatní humusové subformy mají zastoupení menší než 5 %. Dohromady na všech třech zkoumaných plochách bylo determinováno 21 humusových subforem. Četnosti jednotlivých humusových subforem jsou zaznamenány v příloze č.6.

## 5.1.2. Mocnost opadu



Obr. 11 Mocnost opadu

Obr. 10 Legenda k obrázku 20

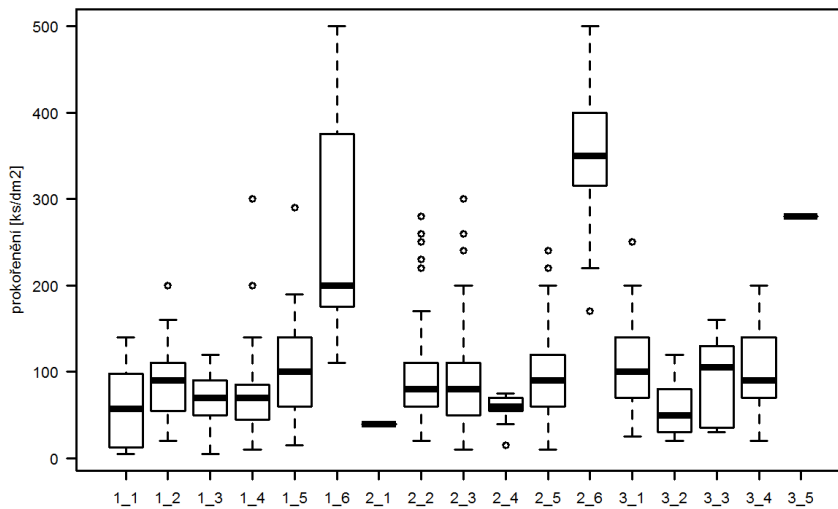
Obr. 11 zobrazuje vztah mocnosti opadu k humusovým subformám. Humusové subformy s nejmocnějším opadem jsou drťový mor a reziduální mor. V případě moru drťového je medián hodnota 19 cm, interkvantilové rozpětí 16–21 cm a rozsah nevybočujících hodnot 9–23 cm. Rozdělení levostranné. V případě moru reziduálního je medián hodnota 18, interkvantilové rozpětí 14–22 cm a rozsah nevybočujících hodnot 11–24 cm.

Humusové subformy s nejmenší mocností opadu jsou eumull, pravý mull a typický mull. V případě této skupiny je medián hodnota 1 cm, interkvantilové rozpětí nabývá hodnot 0–2 cm a rozsah nevybočujících hodnot 0–3 cm.

Z grafu je zřejmý rozdíl v mocnosti opadu mezi jednotlivými humusovými formami i mezi jednotlivými subformami. Dá se říci, že mullové humusové subformy mají menší mocnost opadu než moderové, tyto mají menší mocnost než morové.

Variabilita mocnosti opadu pro jednotlivé humusové subformy je značná. V případě humusové subformy typický moder se vyskytovaly hodnoty mocnosti opadu od 3 do 17 cm s extrémní hodnotou mocnosti 21 cm. V případě humusové subforem dysmoder a morový moder byly hodnoty opadu v rozmezí 6–23 cm s extrémní hodnotou opadu 25 cm.

### 5.1.3. Prokořenění



Obr. 13 Mocnost opadu

1_1	mull_eu;mull_pravý; mull_typický
1_2	mull_mezo
1_3	mull_oligo
1_4	mull_dys
1_5	mull_amphi
1_6	mull_drnový
2_1	moder_hemí
2_2	moder_eu
2_3	moder_mullový
2_4	moder_mělový
2_5	moder_dys moder_morový
2_6	moder_drnový
3_1	mor_typický
3_2	mor_drťový
3_3	mor_mělový
3_4	mor_reziduální
3_5	mor_drnový

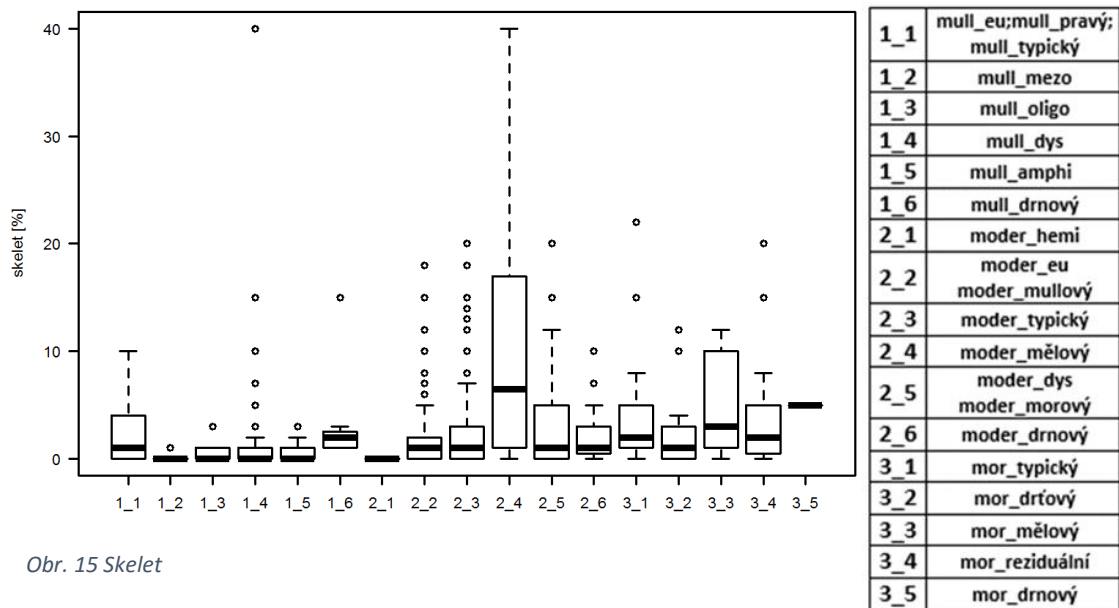
Obr. 12 Legenda k obrázku 21

Obr. 13 ukazuje vztah humusových subforem a prokořenění. Grafu dominují tři vysoké hodnoty prokořenění. Jedná o humusové subformy drnový mull, drnový moder a drnový mor.

Medián je v případě drnového mullu hodnota  $200 \text{ ks/dm}^2$ , interkvantilové rozpětí  $170\text{--}370 \text{ ks/dm}^2$  a rozsah nevybočujících hodnot  $110\text{--}500 \text{ ks/dm}^2$ . U drnového moderu je medián hodnota  $350 \text{ ks/dm}^2$ , interkvantilové rozpětí  $320\text{--}400 \text{ ks/dm}^2$  a rozsah nevybočujících hodnot  $210\text{--}500 \text{ ks/dm}^2$ . U ostatních humusových subforem jsou hodnoty prokořenění takřka shodné s rozmezím středních hodnot  $20\text{--}100 \text{ ks/dm}^2$ .

Z grafu je jasně patrná závislost determinace humusových subforem drnových na stupni prokořenění. U ostatních humusových subforem nebyla zjištěna závislost mezi prokořeněním a humusovou subformou.

### 5.1.4. Skelet

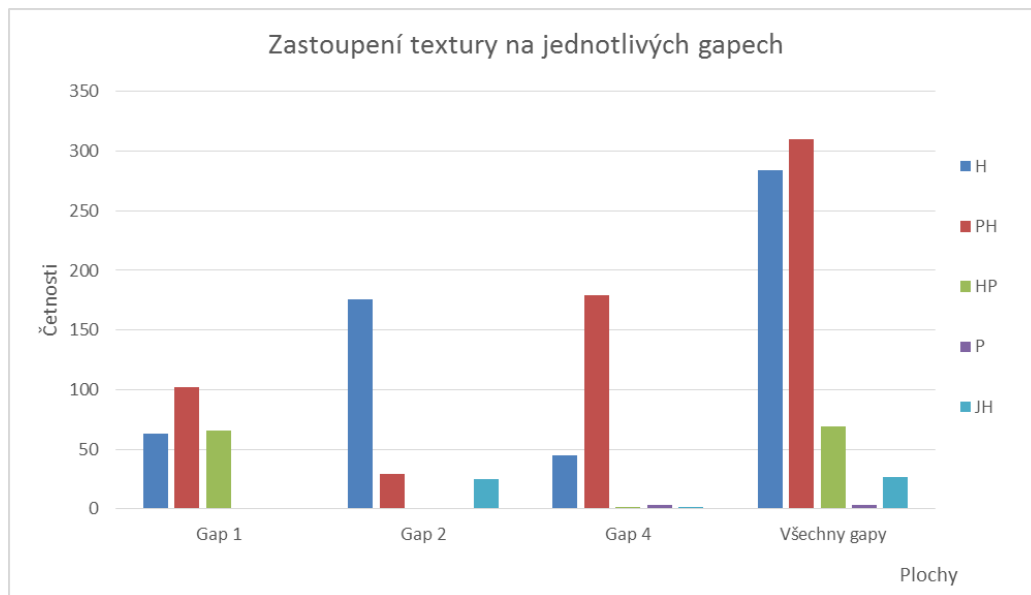


Obr. 15 Skelet

Obr. 14 Legenda k  
obrázku 23

Obr. 15 zobrazuje graf závislosti humusových subforem na množství skeletu v Ah horizontu. Z grafu je na první pohled patrné, že hodnoty skeletu jsou u všech humusových subforem víceméně shodné. Jedinou humusovou subformou, která se hodnotami skeletu výrazně odlišuje od hodnot ostatních je humusová subforma mělový moder. Hodnoty skeletnatosti této humusové formy mají největší rozsah nevybočujících hodnot ze všech, od 0 do 40 %. V grafu si také můžeme všimnout velkého množství odlehlých hodnot zastoupení skeletu v rámci jednotlivých humusových subforem.

### 5.1.5. Textura



Obr. 16 Zastoupení textury na jednotlivých gapech

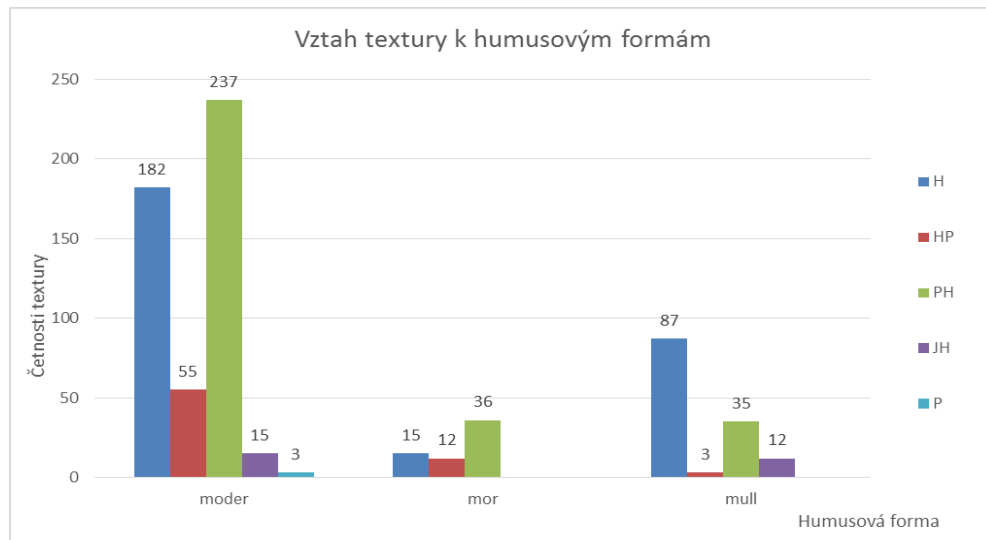
Obr. 16 ukazuje četnosti determinované textury všech vzorků na všech gapech.

Dominantní na gapu 1 je textura písčitohlinitá. Zastoupení textury hlinitopísčité a hlinité je na daném gapu téměř vyrovnané. Nevyskytuje se zde žádný další zrnitostní stupeň.

Gapu dva dominuje struktura hlinitá, která zde byla zastoupena sto osmdesáti vzorky. Méně zastoupené zde byly struktury písčitohlinitá (30) a jílovitohlinitá (21). Gap 2 se texturou odlišuje od ostatních gapů.

Gap 4 tvořila textura především písčitohlinitá (180). Dále se zde vyskytovala textura hlinitá (45), hlinitopísčítá, písčítá i jílovitohlinitá, přičemž všechny zde byly obsaženy dvakrát.

Srovnání dat ze všech gapů ukazuje, že nejvíce zastoupené jsou textury písčitohlinitá a hlinitá.



Obr. 17 Vztah textury k humusovým formám

Na obrázku 17 je patrná podobnost mezi texturami moderové a morové humusové formy. V případě obou humusových forem je velmi podobný poměr mezi texturami s největší četností. Jak v případě moderu tak i moru dominuje textura písčitohlinitá nad hlinitou, která je však početnější než struktura hlinitopísčitá. Humusová forma moder se nacházela dále na organominerálním horizontu s jílovitohlinitou a písčitou texturou.

V případě mullových humusových forem dominovala hlinitá textura. Méně zastoupené byly textura písčitohlinitá, jílovitohlinitá a hlinitopísčitá.

## 5.2. Výsledky laboratorního šetření

### 5.2.1. Půdní reakce

Tab. 7 Hodnoty půdní reakce

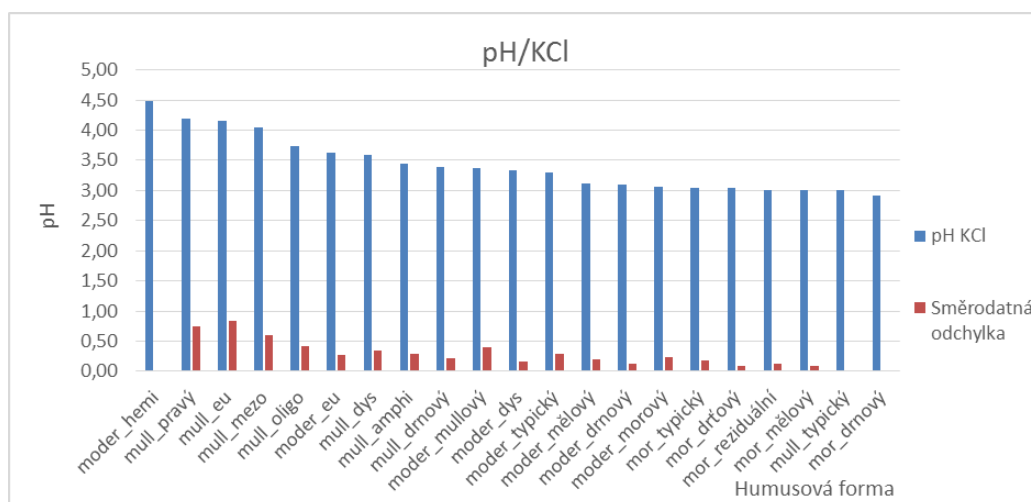
	pH H <sub>2</sub> O	Sm. odch.	pH KCl	Sm. odch.
<b>Gap 1</b>	3,94	0,34	3,27	0,32
<b>Gap 2</b>	4,29	0,33	3,63	0,31
<b>Gap 4</b>	3,92	0,39	3,16	0,37
<b>Všechny gapy</b>	4,07	0,39	3,43	0,39

Tab. 7 zobrazuje zjištěné hodnoty půdní reakce aktuální a půdní reakce potenciální pro jednotlivé gapy a pro všechny gapy celkově. Zajímavá je podobnost půdních reakcí na gapu 1 a 4. Rozdíl hodnot půdní reakce aktuální gapu 1 a 4 činí 0,02, rozdíl půdní reakce potenciální 0,11, přičemž reakce je kyselejší na gapu 4.

Směrodatné odchylky hodnot na jednotlivých gapech si velmi blízké na všech gapech. Směrodatná odchylka pro pH/H<sub>2</sub>O je po zaokrouhlení na každém gapu o 0,02 vyšší než pro hodnoty pH/KCl. Směrodatné odchylky hodnot za všechny Gapy jsou však stejné.



### 5.2.1.1. Půdní reakce potenciální



Obr. 18 Půdní reakce potenciální

Obr. 18 popisuje vývoj hodnot pH/KCl od hodnot nejvyšších k hodnotám nejnižším. Dle grafu má nejvyšší hodnotu potenciální výměnné půdní reakce hemimoder (4,49). V celém souboru vzorků byla tato humusová forma zastoupena pouze jedním vzorkem (nulová směrodatná odchylka), stejně jako dvě humusové formy s nejnižší hodnotou pH/KCl - typický mull (3,0) a drnový mull (2,91).

Hodnoty půdní reakce potenciální mají klesající tendenci od mulových, přes moderové až k morovým humusovým subformám. Nicméně hranice mezi hodnotou pH/KCl humusových forem není ostrá. Humusová subforma eumoder s hodnotou pH/KCl 3,62 se v grafu nachází mezi humusovými subformami oligomull (3,73) a dysmull (3,59).

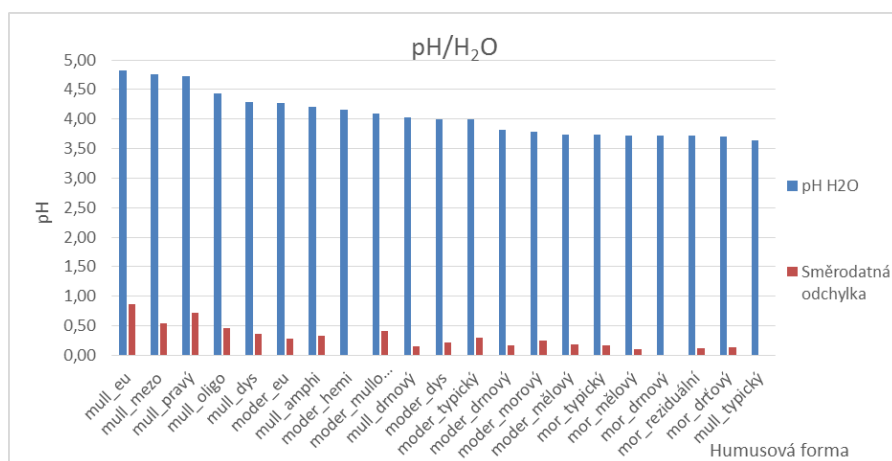
Velmi výrazně se od tohoto trendu odklání právě hemimoder a mul typický. Vzhledem k tomu, že obě tyto hodnoty jsou v souboru dat zastoupeny pouze jednou hodnotou, neposkytují nám relevantní informaci hodnotě pH/KCl těchto humusových forem. Konkrétní hodnoty pro jednotlivé humusové formy jsou uvedeny v Tab. 8.

Průměrná hodnota pH/KCl na všech zkoumaných plochách je 3,43 viz Tab. 7.

Tab. 8 Hodnoty půdní reakce potenciální

Humusová forma	pH KCl	Směrodatná odchylka
moder_hemi	4,49	0,00
mull_pravý	4,19	0,74
mull_eu	4,15	0,84
mull_mezo	4,05	0,60
mull_oligo	3,73	0,42
moder_eu	3,62	0,27
mull_dys	3,59	0,35
mull_amphi	3,45	0,28
mull_drnový	3,39	0,22
moder_mullový	3,37	0,39
moder_dys	3,34	0,17
moder_typický	3,29	0,29
moder_mělový	3,11	0,19
moder_drnový	3,10	0,13
moder_morový	3,07	0,23
mor_typický	3,05	0,17
mor_drťový	3,04	0,09
mor_reziduální	3,01	0,13
mor_mělový	3,00	0,08
mull_typický	3,00	0,00
mor_drnový	2,91	0,00

### 5.2.1.2. Půdní reakce aktuální



Obr. 19 Půdní reakce aktuální

Obr. 19 hodnoty půdní reakce aktuální jednotlivých humusových subforem. Tyto jsou seřazené od nejvyšších hodnot půdní reakce po hodnoty nejnižší. Na grafu je opět jasný klesající trend hodnot půdní reakce od mulových humusových subforem přes subformy moderové až k subformám morovým. Navzdory tomuto trendu má humusová subforma mul typický nejnižší hodnotu pH/ H<sub>2</sub>O, konkrétně 3,64. Jedná se opět o jednu z humusových subforem, jež byla v celém souboru dat zastoupena pouze jednou, tudíž tento výsledek hodnoty půdní reakce nepovažuji za relevantní. Možné vysvětlení této netypické hodnoty je uvedeno u předcházejícího grafu.

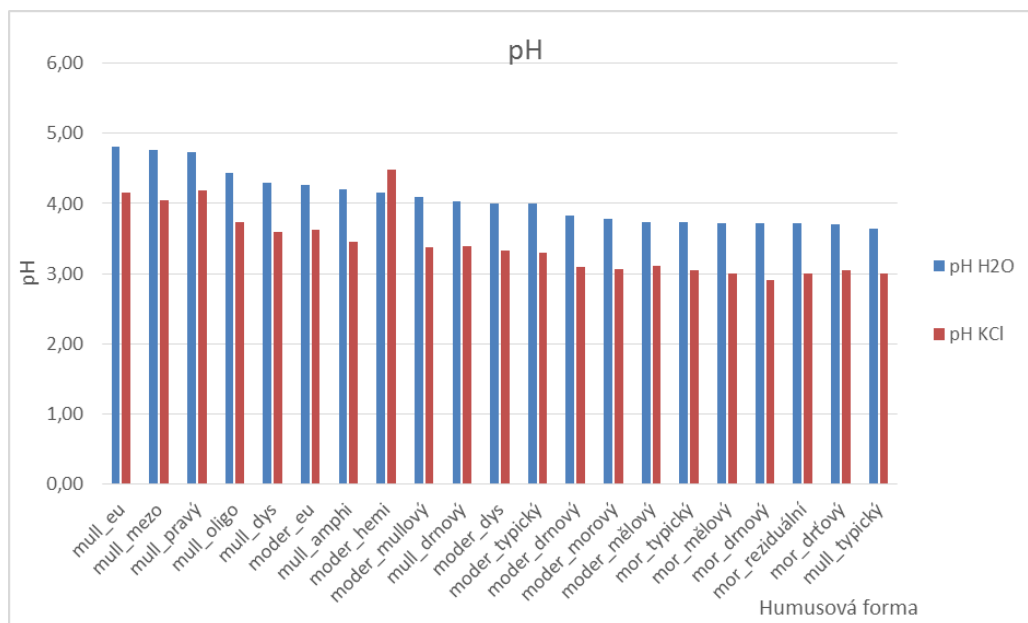
Tento graf také ukazuje, že mezi hodnotami půdní reakce jednotlivých humusových forem neexistuje ostrá hranice. Z tohoto grafu se dá vyvodit, že například humusová subforma eumoder má svými vlastnostmi velmi blízko a mullovým humusovým subformám, naopak humusová subforma drnový mull se svými vlastnostmi velmi podobá moderovým humusovým formám.

Nejvyšší hodnoty půdní reakce aktuální dosahuje humusová subforma eumull (4,82). Hodnoty velmi blízké této jsou 4,76 pro mėsomull a 4,73 pro pravý mull. Průměrná hodnota půdní reakce aktuální žádné z morových humusových subforem nepřesahuje hodnotu 3,73 (typický mor). Nejnižší z těchto hodnot je 3,70 pro drťový mor. Jak ukazuje Tab. 7, průměrná hodnota pH/H<sub>2</sub>O na všech zkoumaných plochách je 4,07. Konkrétní hodnoty pro jednotlivé humusové formy jsou uvedeny v Tab. 9.

Tab. 9 Hodnoty půdní reakce aktuální

Humusová forma	pH H <sub>2</sub> O	Směrodatná odchylka
mull_eu	4,82	0,87
mull_mezo	4,76	0,54
mull_pravý	4,73	0,71
mull_oligo	4,43	0,47
mull_dys	4,30	0,36
moder_eu	4,27	0,28
mull_amphi	4,20	0,32
moder_hemi	4,16	0,00
moder_mullový	4,09	0,41
mull_drnový	4,03	0,15
moder_dys	4,00	0,21
moder_typický	4,00	0,30
moder_drnový	3,82	0,17
moder_morový	3,78	0,24
moder_mělový	3,74	0,19
mor_typický	3,73	0,17
mor_mělový	3,72	0,10
mor_drnový	3,72	0,00
mor_reziduální	3,72	0,12
mor_drťový	3,70	0,13
mull_typický	3,64	0,00

### 5.2.1.3. Srovnání půdní reakce aktuální a potenciální



Obr. 20 Srovnání půdní reakce aktuální a potenciální výměnné

Obr. 20 ukazuje graf hodnot půdní reakce aktuální a půdní reakce potenciální pro všechny zastoupené humusové formy. Tyto hodnoty jsou řazeny dle hodnoty půdní reakce aktuální od nejvyšší k nejnižší. Nejvyšší hodnoty pH/ H<sub>2</sub>O, 4,82, dosahuje humusová subforma eumull. Naopak hodnoty nejnižší, 3,64, dosahuje humusová subforma typický mull. Z důvodů výše popsaných nepovažuji tento údaj za věrohodný.

Za nejnižší hodnotu tedy považuji hodnotu 3,70 pro humusovou subformu drťový mor.

Na tomto grafu je velmi dobře vidět rozdíl hodnotami obou půdních reakcí. Ve všech případech, vyjma humusové subformy hemimoder, je hodnota pH/ KCl nižší než hodnota pH/H<sub>2</sub>O. Nejvyšší rozdíl mezi hodnotou pH/KCl a pH/H<sub>2</sub>O pro humusovou formu je 0,81 u humusové subformy drnový mor, nejnižší rozdíl hodnot 0,54 u subformy pravý mull.

Konkrétní hodnoty pro jednotlivé humusové subformy zobrazuje Tab. 10.

Tab. 10 Srovnání obou půdních reakcí

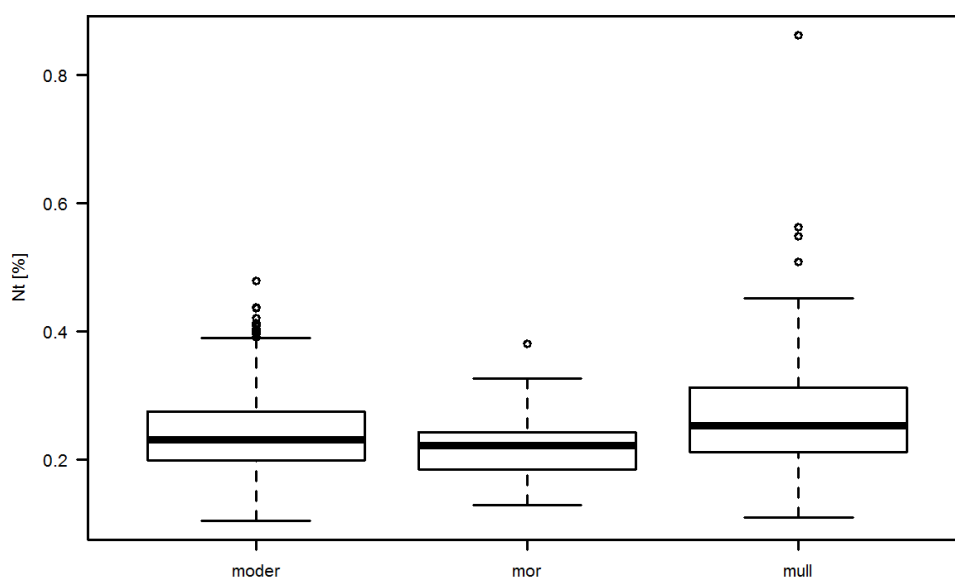
Humusová forma	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	pH/H <sub>2</sub> O - pH/KCl
mull_eu	4,82	4,15	0,67
mull_mezo	4,76	4,05	0,71
mull_pravý	4,73	4,19	0,54
mull_oligo	4,43	3,73	0,70
mull_dys	4,30	3,59	0,70
moder_eu	4,27	3,62	0,65
mull_amphi	4,20	3,45	0,75
moder_hemi	4,16	4,49	-0,33
moder_mullový	4,09	3,37	0,72
mull_drnový	4,03	3,39	0,64
moder_dys	4,00	3,34	0,67
moder_typický	4,00	3,29	0,71
moder_drnový	3,82	3,10	0,72
moder_morový	3,78	3,07	0,71
moder_mělový	3,74	3,11	0,64
mor_typický	3,73	3,05	0,68
mor_mělový	3,72	3,00	0,72
mor_drnový	3,72	2,91	0,81
mor_reziduální	3,72	3,01	0,71
mor_drťový	3,70	3,04	0,66
mull_typický	3,64	3,00	0,64

## 5.2.2. Celkový dusík

Tab. 11 Celkový dusík v půdě

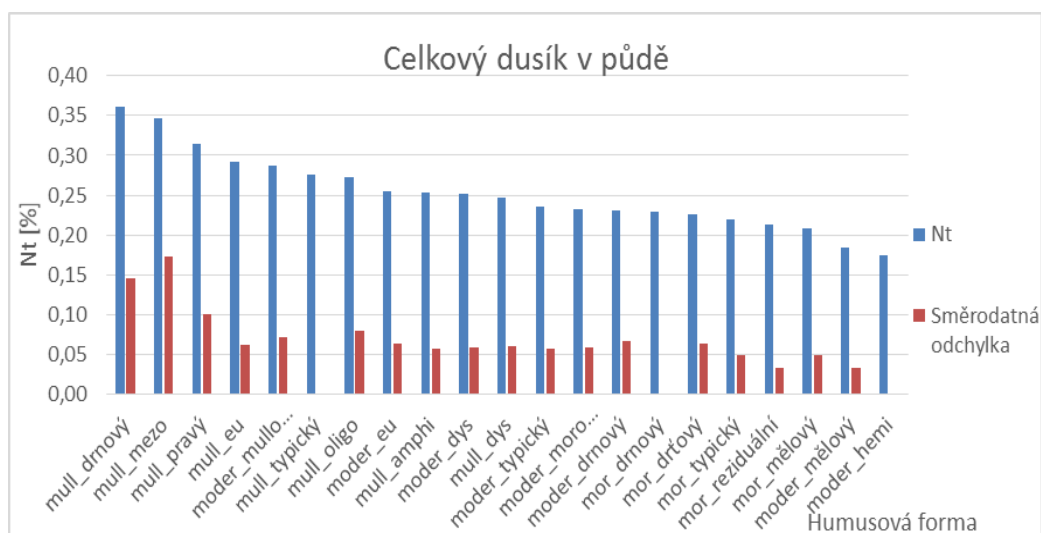
	Nt [%]	Sm.odch.
<b>Gap 1</b>	0,25	0,07
<b>Gap 2</b>	0,26	0,07
<b>Gap 4</b>	0,23	0,07
<b>Všechny gapy</b>	0,25	0,07

Tab. 11 zobrazuje průměrné hodnoty Nt zjištěné za jednotlivé gapy a za všechny gapy celkem a směrodatné odchyly těchto dat. Celkové množství dusíku se dle této tabulky na žádné ploše výrazně neliší. Nejnižší množství dusíku bylo zjištěno na gapu 4. Směrodatné odchyly dat jsou pro všechny gapy stejné.



Obr. 21 Celkové množství dusíku v jednotlivých humusových formách

Obr. 21 ukazuje zastoupení celkového dusíku v půdě pro jednotlivé humusové formy. Nejvíce dusíku obsahují humusové formy mullové méně moderové a nejméně formy morové. V datech žádné humusové formy se nevyskytují extrémní, pouze několik hodnot odlehlých. Mediány hodnot všech humusových forem jsou si velmi blízké, pohybují se kolem hodnoty 0,25 %.



Obr. 22 Množství celkového dusíku

Obr. 22 zobrazuje hodnoty zastoupení uhlíku v půdě pro jednotlivé humusové subformy. Tyto hodnoty jsou seřazeny od nejvyšší po nejnižší. Nejvyšší hodnotu celkového dusíku, 0,36 %, má humusová subforma drnový mull. Nejnižší hodnota celkového dusíku, 0,18 %, byla zjištěna u humusové subformy hemimoder. Jelikož je tato humusová forma zastoupena v celém souboru pouze jednou, je její vypovídající hodnota otázkou. Z grafu je opět patrný určitý trend, kdy nejvyšších hodnot dosahují

především mullové humusové formy, hodnot nejnižších humusové formy morové. Proti tomuto trendu se vylišují především humusové formy mělový moder (0,18 %) a hemimoder (0,175 %) u kterých byla zjištěna nejnižší hodnota obsahu dusíku z celého souboru vzorků. Konkrétní hodnoty pro jednotlivé humusové subformy zobrazuje příloha 7.

Tab. 12 Celkový dusík v půdě

Humusová forma	Nt [%]	Směrodatná odchylka
mull_drnový	0,36	0,15
mull_mezo	0,35	0,17
mull_pravý	0,31	0,10
mull_eu	0,29	0,06
moder_mullový	0,29	0,07
mull_typický	0,28	0,00
mull_oligo	0,27	0,08
moder_eu	0,26	0,06
mull_amphi	0,25	0,06
moder_dys	0,25	0,06
mull_dys	0,25	0,06
moder_typický	0,24	0,06
moder_morový	0,23	0,06
moder_drnový	0,23	0,07
mor_drnový	0,23	0,00
mor_drťový	0,23	0,06
mor_typický	0,22	0,05
mor_reziduální	0,21	0,03
mor_mělový	0,21	0,05
moder_mělový	0,18	0,03
moder_hemi	0,18	0,00

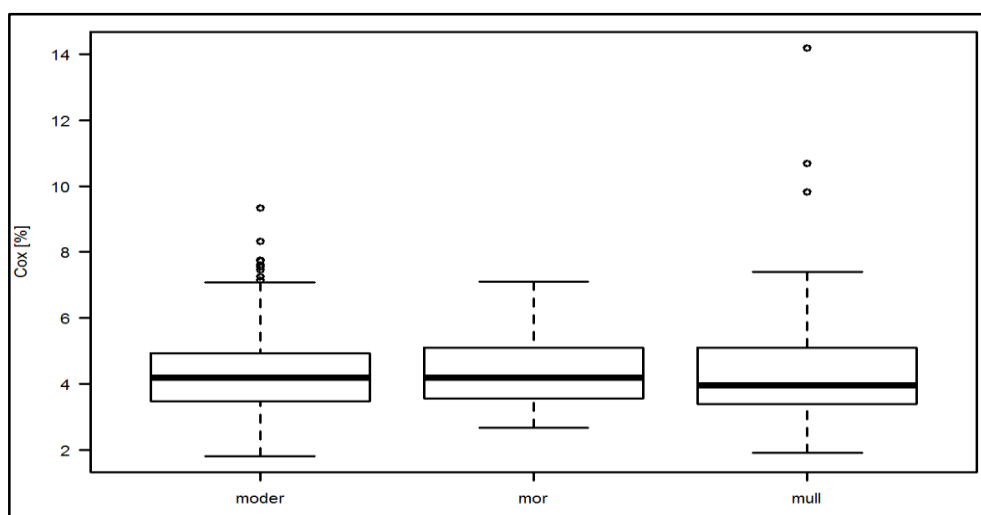
### 5.2.3. Oxidovatelný uhlík

Tab. 13 Množství oxidovatelné uhlíku na všech gapech

	Cox [%]	Sm. odch.
<b>Gap 1</b>	4,66	1,26
<b>Gap 2</b>	3,97	1,23
<b>Gap 4</b>	4,34	1,16
<b>Všechny gapy</b>	4,48	1,25

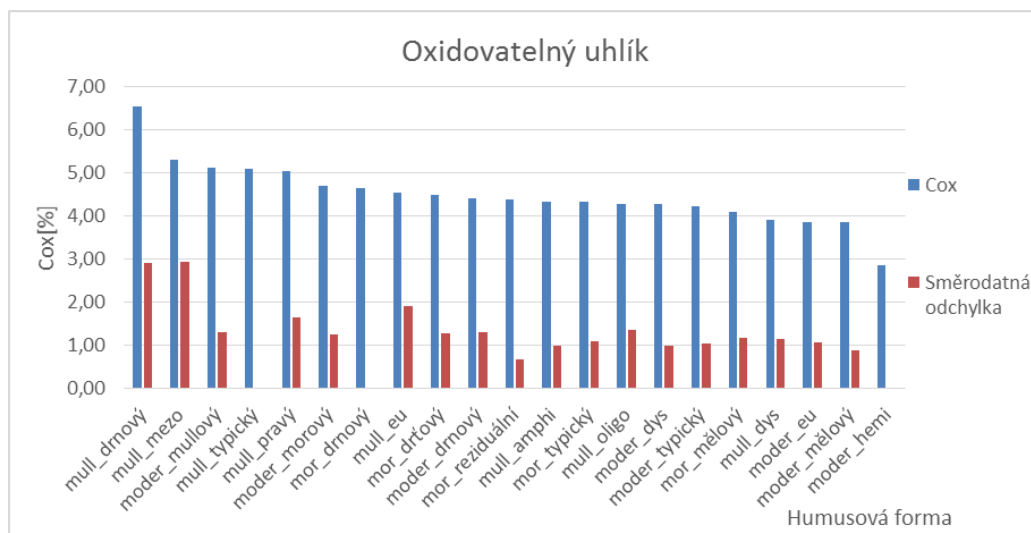
Tab. 13 zobrazuje průměrné hodnoty množství oxidovatelného uhlíku na jednotlivých stanovištích a jejich směrodatné odchylky. Množství uhlíku dosahovalo nejvyšší hodnoty na gapu 1, kde jeho průměrná hodnota byla 4,66 %. Průměrná hodnota na gapu 4 byla 4,34 % a nejnižší hodnota 3,97 % byla zjištěna na gapu 2. Směrodatné odchylky nabývají na

všech gapech velmi podobných hodnot - variabilita dat na jednotlivých gapech je srovnatelná.



Obr. 23 Množství oxidovatelného uhlíku v jednotlivých humusových formách

Obr. 23 zobrazuje statistické vyhodnocení dat o množství oxidovatelného uhlíku v jednotlivých humusových formách. Množství uhlíku v jednotlivých humusových formách se výrazně neliší. Nejvyšší množství uhlíku však mají humusové formy morové, nejnižší formy mullové. Medián všech humusových forem se pohybuje kolem hodnoty 4 %. Stejně jako mediány všech tří forem, tak i interkvantilové rozpětí a rozsah neodlehklých hodnot jsou u všech tří forem velmi podobné. U humusové formy moder a mull se vyskytuje několik odlehklých hodnot.



Obr. 24 Oxidovatelný uhlík

Obr. 24 ukazuje závislost množství oxidovatelného uhlíku na humusové subformě. Nejvyšší obsah oxidovatelného uhlíku, 6,53 %, byl zjištěn u humusové subformy drnový mull. Nejmenší množství uhlíku bylo zjištěno u humusové subformy hemimoder, konkrétně 2,85 %.

Tab. 14 Množství oxidovatelného uhlíku

Oproti předcházejícím grafům nevykazuje tento žádný trend ve smyslu závislosti množství uhlíku na humusové formě. Velmi podobné hodnoty obsahu uhlíku mají humusové subformy morové, moderové i mullové. Celkově jsou hodnoty množství oxidovatelného uhlíku ve všech humusových formách vyrovnané. Oproti tomu se vylišují dvě humusové subformy, drnový moder a hemimoder. Jedná se o hodnoty s největší a nejmenším množstvím uhlíku. Vyjma těchto hodnot je rozdíl mezi největším a nejmenším množstvím oxidovatelného uhlíku 1,5 %. Konkrétní hodnoty pro jednotlivé humusové subformy zobrazuje Tab. 14.

Humusová forma	Cox [%]	Směrodatná odchylka
mull_drnový	6,53	2,91
mull_mezo	5,30	2,92
moder_mullový	5,12	1,28
mull_typický	5,09	0,00
mull_pravý	5,02	1,63
moder_morový	4,68	1,24
mor_drnový	4,63	0,00
mull_eu	4,53	1,90
mor_drťový	4,49	1,27
moder_drnový	4,39	1,28
mor_reziduální	4,38	0,66
mull_amphi	4,31	0,99
mor_typický	4,31	1,09
mull_oligo	4,27	1,34
moder_dys	4,25	0,98
moder_typický	4,22	1,03
mor_mělový	4,09	1,17
mull_dys	3,89	1,12
moder_eu	3,85	1,05
moder_mělový	3,84	0,88
moder_hemi	2,85	0,00

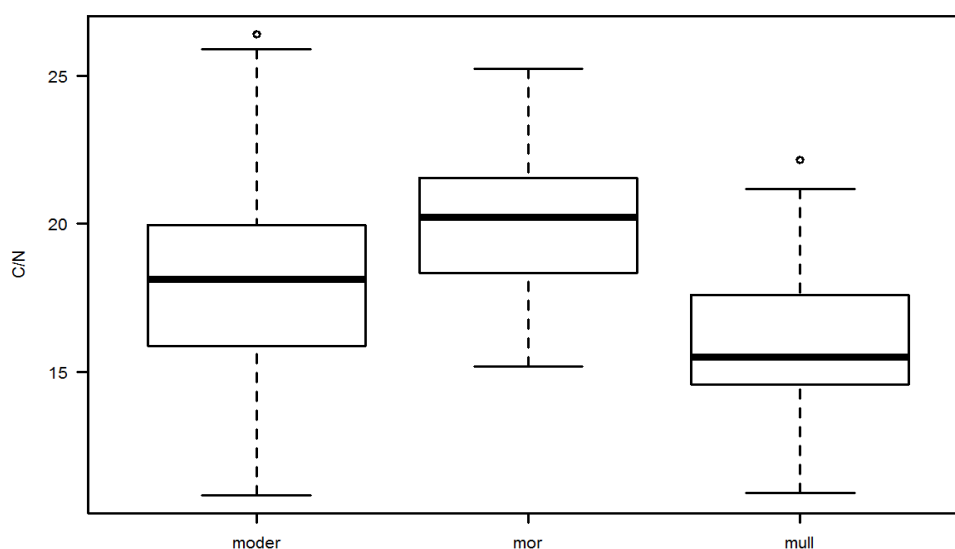
#### 5.2.4. Poměr C:N

Tab. 15 Poměr C:N - gapy

	C:N	Sm. odch.
<b>Gap 1</b>	18,81	2,53
<b>Gap 2</b>	15,45	2,15
<b>Gap 4</b>	19,21	2,33
<b>Všechny gapy</b>	17,89	2,89

Tab. 15 zobrazuje průměrné hodnoty poměru C:N za jednotlivé gapy a průměrné směrodatné odchylky hodnot na těchto gapech. Nejnižší hodnota poměru C:N, 15,45, byla zjištěna na gapu 2. Na gapu 1 byla zjištěna hodnota 18,81 a hodnota nejvyšší, 19,21 byla zjištěna na gapu 4.

Směrodatné odchylky se poměrně různí. Největší směrodatná odchylka, tudíž i největší míra variability dat, byla zjištěna na gapu 1 (2,53). Hodnota směrodatné odchylky dat na gapu 4 byla 2,33, v případě gapu 2 činila 2,15.



Obr. 25 Poměr C:N humusových forem

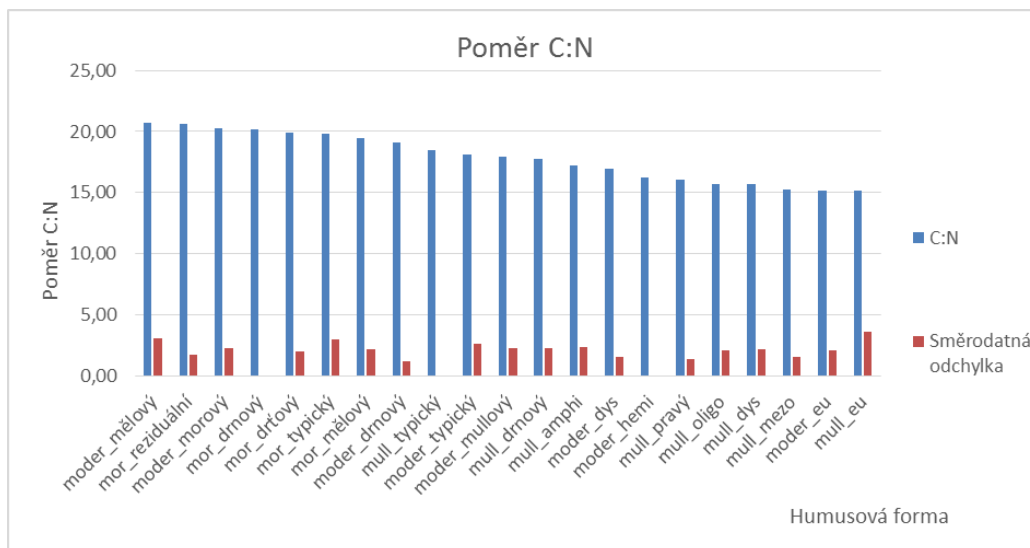
Jak je z obrázku 25 patrné, nejvyšší poměr C:N mají morové humusové formy, naopak mullové humusové formy mají tento poměr nejmenší.

V případě moderových humusových forem je medián 18, interkvartilové rozpětí dosahuje hodnot od 16 do 20 a rozsah nevybočujících hodnot je 11–26. přítomna je jedna odlehlá hodnota. Rozdělení mírně levostranné.

U morových humusových forem je medián 20, interkvartilové rozpětí v hodnotách 18,5–21, rozsah nevybočujících hodnot 15–25. Rozdělení mírně levostranné

Medián mullových humusových forem je 15, interkvartilové rozpětí 15–18, rozsah nevybočujících hodnot 11–21 a je přítomna jedna vzdálená hodnota. Rozdělení pravostranné.





Obr. 26 Poměr C:N

Obr. 26 popisuje vztah mezi poměrem C:N a jednotlivými humusovými subformami. Humusové subformy jsou v grafu seřazeny dle hodnoty C:N od nejvyšší po nejnižší. Nejvyšší hodnotu C:N, 20,75, má humusová subforma mělový moder. Nejnižší hodnota, 15,12, byla zjištěna pro eumull. Žádná z hodnot ostatní nijak výrazně nepřevyšuje a rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou je 5,63. Taktéž se z tohoto grafu dá určit, že morové humusové subformy mají vyšší poměr C:N než moderové, moderové humusové subformy jej mají vyšší než mullové. Konkrétní hodnoty jsou zobrazeny v Tab. 16.

Tab. 16 Poměr C:N – humusové subformy

Humusová forma	C:N	Směrodatná odchylka
moder_mělový	20,75	3,10
mor_reziduální	20,60	1,73
moder_morový	20,24	2,26
mor_drnový	20,17	0,00
mor_drťový	19,93	2,03
mor_typický	19,82	3,02
mor_mělový	19,44	2,15
moder_drnový	19,08	1,23
mull_typický	18,46	0,00
moder_typický	18,09	2,66
moder_mullový	17,97	2,30
mull_drnový	17,78	2,26
mull_amphi	17,22	2,36
moder_dys	16,98	1,58
moder_hemi	16,25	0,00
mull_pravý	16,07	1,38
mull_oligo	15,73	2,10
mull_dys	15,69	2,14
mull_mezo	15,23	1,55
moder_eu	15,15	2,10
mull_eu	15,12	3,62

### 5.3. Souhrn zjištěných vlastností humusových subforem

Tab. 17 Zastoupené humusové subformy a jejich vlastnosti

Humusová forma	pH H <sub>2</sub> O	Sm. odch.	pH KCl	Sm. odch.	Nt [%]	Sm. odch.	Cox [%]	Sm. odch.	C:N	Sm. odch.
moder_drnový	3,82	0,17	3,10	0,13	0,23	0,07	4,39	1,28	19,08	1,23
moder_dys	4,00	0,21	3,34	0,17	0,25	0,06	4,25	0,98	16,98	1,58
moder_eu	4,27	0,28	3,62	0,27	0,26	0,06	3,85	1,05	15,15	2,10
moder_hemi	4,16	0,00	4,49	0,00	0,18	0,00	2,85	0,00	16,25	0,00
moder_mělový	3,74	0,19	3,11	0,19	0,18	0,03	3,84	0,88	20,75	3,10
moder_morový	3,78	0,24	3,07	0,23	0,23	0,06	4,68	1,24	20,24	2,26
moder_mullový	4,09	0,41	3,37	0,39	0,29	0,07	5,12	1,28	17,97	2,30
moder_typický	4,00	0,30	3,29	0,29	0,24	0,06	4,22	1,03	18,09	2,66
mor_drnový	3,72	0,00	2,91	0,00	0,23	0,00	4,63	0,00	20,17	0,00
mor_dřůvový	3,70	0,13	3,04	0,09	0,23	0,06	4,49	1,27	19,93	2,03
mor_mělový	3,72	0,10	3,00	0,08	0,21	0,05	4,09	1,17	19,44	2,15
mor_reziduální	3,72	0,12	3,01	0,13	0,21	0,03	4,38	0,66	20,60	1,73
mor_typický	3,73	0,17	3,05	0,17	0,22	0,05	4,31	1,09	19,82	3,02
mull_amphi	4,20	0,32	3,45	0,28	0,25	0,06	4,31	0,99	17,22	2,36
mull_drnový	4,03	0,15	3,39	0,22	0,36	0,15	6,53	2,91	17,78	2,26
mull_dys	4,30	0,36	3,59	0,35	0,25	0,06	3,89	1,12	15,69	2,14
mull_eu	4,82	0,87	4,15	0,84	0,29	0,06	4,53	1,90	15,12	3,62
mull_mezo	4,76	0,54	4,05	0,60	0,35	0,17	5,30	2,92	15,23	1,55
mull_oligo	4,43	0,47	3,73	0,42	0,27	0,08	4,27	1,34	15,73	2,10
mull_pravý	4,73	0,71	4,19	0,74	0,31	0,10	5,02	1,63	16,07	1,38
mull_typický	3,64	0,00	3,00	0,00	0,28	0,00	5,09	0,00	18,46	0,00

Tab. 17 zobrazuje humusové subformy a jejich vlastnosti zjištěné při laboratorních analýzách. Jsou zde uvedeny průměrné hodnoty ze všech vzorků pro danou humusovou subformu a směrodatné odchylky těchto hodnot.

## 6. Diskuse

V dané lokalitě se vyskytují všechny tři humusové formy (mor, moder, mull), které jsem zde očekával na základě předběžného šetření (Klimo, 2003; Němeček et al., 2001; Vavříček, Kučera, 2015). Tyto rozdíly v zastoupení jednotlivých humusových forem, především zastoupení morových a mullových humusových forem, přikládám rozdílům v druhových strukturách porostů na jednotlivých plochách. Jak ukazují fotografie, viz přílohy 7–10, porosty na 1 a 4 gapu jsou si vizuálně velmi podobné, avšak porost gapu 2 je na první pohled odlišný.

Z celkového počtu determinovaných humusových subforem bylo 8 humusových subforem určeno podle Francouzského klasifikačního systému (Brêthes et al. 1995). 13 humusových subforem bylo určeno podle Taxonomického klasifikačního systému půd České republiky (Němeček et al., 2001). Množství determinovaných humusových subforem na relativně malých plochách je výsledkem velmi pečlivého přístupu ke klasifikaci humusových subforem během terénního šetření. S klasifikací humusových forem se bude v rámci zpracování dat dále pracovat a je pravděpodobné, že některé formy budou statisticky vyhodnoceny jako slučitelné s jinými. Z mého pohledu je pro determinaci humusových forem v lesnické praxi používání Taxonomického klasifikačního systému půd České republiky dostačující. Pro podrobnější zkoumání humusových subforem je však nutno využívat více klasifikačních systémů, které budou lépe přizpůsobené pro klasifikaci daného stanoviště. Druhou alternativou je vytvoření nového klasifikačního systému, který bude lépe popisovat i rozdílné lesní porosty.

Mocnost opadu, respektive mocnost jednotlivých horizontů povrchového humusu, je jedním ze základních kritérií pro klasifikaci humusových forem (Němeček et al., 2001; Vavříček, Kučera, 2015). Mocnost opadu je však velmi variabilní hodnota jak tato práce potvrdila a činit závěry o humusové formě pouze na základě této hodnoty, jak se v praxi mnohdy stává, je špatné. Vždy je třeba ji brát v kontextu se složením a biologickou aktivitou jednotlivých horizontů (Vavříček, Kučera, 2015). V případě humusových subforem drnový mor, drnový moder a drnový mull je možné považovat za základní faktor pro klasifikaci hodnotu prokořenění.

Dle základního dělení látek podle pH, vykazovaly všechny půdní vzorky reakci kyselou (Mařan, Káš, 1948). Na základě kritérií pro klasifikaci půdní reakce, viz Tab. 3 (Vavříček, Kučera, 2015) mohu charakterizovat půdu všech třech gapů jako silně

kyselou. Stejně jako v případě zastoupení humusových forem i v případě půdní reakce je zřejmá podobnost hodnot půdní reakce aktuální i výměnné mezi gapem 1 a gapem 4. Průměrná hodnota půdní reakce, ač je tato klasifikována stejně, dosahuje oproti oběma průměrným hodnotám gapu 1 i 4 vyšší hodnoty. Jelikož jednotlivé gapy jsou poměrně blízko u sebe a panují na nich stejné abiotické podmínky, trůfám si tento rozdíl přisoudit rozdílné druhové struktuře porostu. Oporou pro tento závěr mi je tvrzení Pelíška (1964), který říká, že pod porosty jehličnatými se tvoří převážně kyselý humus, listnaté a smíšené lesní porosty dávají vzniknout především mírně kyselému humusu.

Podle Vavříčka a Kučery (2015) existuje pravidlo, že v půdách mírného klimatického pásu je  $\text{pH}/\text{H}_2\text{O} > \text{pH}/\text{KCl}$  a to zpravidla o 0,3–1 stupeň pH. Toto platí i v případě našich zkusných polygonů. Jedinou výjimkou byly zjištěné hodnoty půdních reakcí pro hemimoder, kdy byla hodnota  $\text{pH}/\text{KCl} > \text{pH}/\text{H}_2\text{O}$ . V tomto případě usuzuji na špatné změření hodnoty půdní reakce výměnné, jelikož hodnota půdní reakce aktuální nijak nevybočovala z trendu hodnot půdní reakce aktuální. Naopak hodnota půdní reakce výměnné pro tuho humusovou subformu se od tohoto trendu lišila.

Další humusovou subformou, která se lišila od popsanému trendu byla subforma typický mull. Jelikož tato humusová subforma byla determinována na lesní lince, kde lze předpokládat změněné podmínky vlivem pohybu mechanizace.

Podle Pelíška (1964) kolísá množství dusíku v našich půdách v rozmezí 0,1–0,3 %, přičemž v některých humusových vrstvách dosahuje až 0,5 %. Množství dusíku zjištěné na našich plochách tomuto plně odpovídá, kdy nejnižší zjištěná hodnota byla 0,18 % a nejvyšší 0,36 %.

Podle tabulky pro hodnocení obsahu dusíku v půdě (Vavříček, Kučera, 2015) hodnotím obsah uhlíku na gapu 1 a 4 jako střední, na gapu 2 jako vysoký.

Podle kritérií pro hodnocení obsahu organické hmoty (Vavříček, Kučera, 2015) mohu o gapu 1 a 4 říci, že se jedná o plochy s vysokým obsahem organické hmoty, na gapu 2 je obsah organické hmoty dobrý.

Šály (1978) uvádí, že v humusu lesních půd je poměr C:N většinou v rozmezí 8–20. Na našich zkusných plochách se průměrná hodnota C:N pohybovala v rozmezí 15,12 a 20,75. Podle Vavříčka a Kučery (2015) existuje mezi poměrem C:N a pH záporný korelační vztah. V našich datech byla např. hodnota  $\text{pH H}_2\text{O}$  3,74 a hodnota C:N 20,75. Naopak u subformy mezomull byla hodnota  $\text{pH H}_2\text{O}$  4,76 a poměr C:N 15,23.

Zajímavá je odlišnost všech zjištěných průměrných hodnot na gapu 2, oproti gapům 1 a 4. Jediným rozdílem tohoto gapu oproti ostatním je dřevinná skladba, kdy gap 2 je téměř bukovou monocenózou a na gapech 1 a 4 jsou dominantní jehličnaté dřeviny, převážně smrk a modřín.

S dosažením cílů jsem spokojen a jsem přesvědčen, že jsem dosáhl všech pěti vytyčených cílů. Při jejich plnění jsem se nesetkal s nijak významným problémem. Asi nejtěžší částí pro mě bylo sestavení literárního přehledu, který bude korespondovat se smyslem celé práce.

Metodika terénních i laboratorních prací byla od začátku práce nastavena velmi dobře a nebylo ji třeba v průběhu nijak měnit. Z pohledu samostatného pedologického výzkumu by určitě nebyl vhodný takto zvolený schematický přístup k odběru dat na přesně stanovených bodech v porostu. Při takto zvoleném způsobu odběru dat jsme byli nuceni odebírat vzorky v podmínkách, které neposkytují relevantní informace o daném místě. Takovými místy byly například vyklizovací linky, místa u pat stromů či v místě vývratu. Počet takto, z pohledu pedologického výzkumu, „nevhodně“ umístěných vzorkovaných ploch však tvoří zanedbatelnou část z celkových 693 vzorků.

Z pohledu přirozené obnovy jsou však data získaná tímto způsobem velmi cenná, jelikož velmi podrobně vystihují variabilitu půdních vlastností, které jsou velmi důležitým faktorem pro přirozenou obnovu lesa. Významným faktorem pro úspěšnou přirozenou obnovu je pH (Šály, 1978).

Další výhodou takto zvoleného přístupu vidím v možnosti opakovat celý proces sběru a analýzy dat za určitý čas, kdy bude možné hodnotit změny těchto vlastností na stejných místech v souvislosti s probíhající obnovou lesních porostů.

Za největší přínos této práce pro celý řešený projekt považuji především odebrání a zpracování půdních vzorků a jejich analýzu. Toto byla časově nejnáročnější část celé práce. Výsledky této práce jsou pouze první úrovní analýzy získaných dat, se kterými se bude v rámci projektu nadále pracovat.

## 7. Závěr

Tato práce se zabývala determinací humusových forem a subforem na vybraných lokalitách a jejich následnou charakteristikou prostřednictvím informací zjištěných v terénu - mocnost opadu, textura, prokořenění a informací z laboratorních analýz - půdní reakce, množství uhlíku a dusíku v půdě, poměr C:N. V rámci 3 porostních mezer (gapů) jsme determinovali 693 humusových subforem a odebrali stejný počet směsných půdních vzorků organominerálního horizontu, které jsme dále zpracovávali.

Nejvíce zastoupenou humusovou formou ze všech ploch byl moder (71 %), druhý v pořadí mull (20 %) a mor (9 %). Zastoupení forem na jednotlivých plochách se různí, ale moder je vždy výrazně dominantní.

Zastoupení humusových subforem na všech plochách bylo následující: typický moder - 35 %; morový moder - 11 %; eumoder - 11 %; dysmull - 8 %; mullový moder 6 %. Ostatní humusové subformy měly zastoupení nižší.

Mocnost opadu je v rámci humusové subformy velmi variabilní vlastnost. V rámci všech humusových subforem se pohybovala v rozmezí 0–25 cm, přičemž humusové subformy moderové mají větší mocnost než mullové a menší než morové.

Střední hodnota prokořenění u drnového mullu byla 200 ks/dm<sup>2</sup>, u drnového moderu 350 ks/dm<sup>2</sup> a u drnového moru 280 ks/dm<sup>2</sup>. Střední hodnoty prokořenění u ostatních subforem jsou v rozmezí 20–100 ks/dm<sup>2</sup>.

Eumull, mezo mull a pravý mull je možno charakterizovat jako humusové subformy se středně kyselou půdní reakcí. U ostatních humusových subforem byla zjištěna reakce silně kyselá.

Humusové subformy drnový mull, mezomull, pravý mull, eumull, mullový moder, typický mull a oligomull mají obsah dusíku vysoký, ostatní humusové subformy mají obsah dusíku střední.

Z pohledu obsahu uhlíku v půdě je drnový mull subforma s velmi vysokým obsahem uhlíku (5,8–7,3 %), hemimoder, moder mělový, eumoder a dysmull subformy s obsahem uhlíku dobrým (2,6–4,0 %). Ostatní humusové subformy mají obsah uhlíku vysoký (4,0–5,8 %). Poměr C:N všech u všech humusových subforem je příznivý se hodnotami 15,12–20,75.

Z výsledků vyplývá poměrně značná variabilita vlastností forem nadložního humusu, se kterou je nutné při hospodaření v lesních porostech počítat, zvláště ve vztahu k přirozené obnově lesa.

## 8. Summary

One of the main topic of this thesis was determination of humus form and sub form which were characterized through a basic soil characteristics as thickness of litterfall, texture, mass of roots, pH, amount of carbon and nitrogen and ratio of carbon to nitrogen. We worked in three gaps, where we dug 693 of small soil pits out. We took a same number of soil sample out of organo-mineral soil horizon. We modified a soil samples and put them to the lab analysis.

Humus form composition was 71 % moder, 20 % mull and 9 % mor, when moder is dominant humus form in each of gaps.

Properties of humus form and sub form are variable. Knowledge about characteristic of humus form is very important for forestry practices especially for natural regeneration.

## 9. Seznam literatury

Brêthes A., Brun J.J., Jabiol B., Ponge J.F., 1995, Classification of forest humus forms: a French proposal, Annales des Sciences forestières

Brtnický et al., 2015. Půdoznalství v kostce. Mendelova Univerzita, 80 s.

Culek, M., 1996. Biogeografické členění České republiky. Praha: Enigma, 347 s., příl

Grunda, B., 1992. Lesnická pedologie a mikrobiologie lesních půd: (Příručka pro cvičení). Brno: VŠZ, 72 s.

Jandák, J., Pokorný, E., Prax, A., 2001, Půdoznalství. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 140 s.

Klimo, E., 2003. Lesnická pedologie. Brno: VŠZ, 259 s.

Lesnický naučný slovník. II. díl, 1995. Praha: Agrospoj, 683 s.

Mařan, B., Káš, V., 1948. Biologie lesa. První díl, Pedologie a mikrobiologie lesních půd. Praha: Melantrich, 596 s.

Němeček, J., Smolíková, L., Kutílek, M., 1990. Pedologie a paleopedologie. Praha: Academia, 546 s.

Němeček, J., 2001. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha: Česká zemědělská univerzita, 79 s.

Pelíšek, J., 1964. Lesnické půdoznalství. Praha: SZN, 486 s.

Šály, R., 1977. Lesnícke pôdoznalstvo. Zvolen: Vysoká škola lesnícka a drevárska, 380 s.

Šály, R., 1978. Pôda základ lesnej produkcie. Bratislava: Príroda, 235 s.



Šarapatka, B., 2014. Pedologie a ochrana půdy. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 232 s.

Šimek, M., 2005. Základy nauky o půdě. 1., Neživé složky půdy. 2., upr. a rozš. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 158 s.

Tomášek, M., 2007. Půdy České republiky. 4. vyd. Praha: Česká geologická služba, 67 s.

Válek, B., 1954. Reakce půdy. In Praktikum fytoecologie, ekologie, klimatologie a půdoznalství (J. Klika, V. Novák a A. Gregor, Eds.), Nakladatelství Československé akademie věd, Praha. s. 520-532

Vavříček, D., Šimková, P., 2014. Atlas lesních půd ČR. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 77 s.

Vavříček, D., Kučera, A., 2015. Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně. Mendelu v Brně, [online] citováno 10. 3. 2016. Dostupné na [https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady\\_lesnicke\\_pedologie.pdf](https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady_lesnicke_pedologie.pdf).

[1] Nahlížení do katastru nemovitostí

(<http://nahliznidokn.cuzk.cz>) [cit. 25. 3. 2016]

[2] Geologická mapa

([http://mapy.geology.cz/geocr\\_50/](http://mapy.geology.cz/geocr_50/)) [cit. 25. 3. 2016]

[3] Mapový server ŠLP Křtiny

(<http://mapserver-slp.mendelu.cz/map.phtml?config=slp>) [cit. 25. 3. 2016]

[4] Půdní mapa

(<http://mapy.geology.cz/pudy/>) [cit. 25. 3. 2016]

[5] Katalog mapových informací UHUL (mapové aplikace OPRL a Informace o lese)

(<http://geoportal.uhul.cz/OPRLMapNew/>) [cit. 25. 3. 2016]

# Přílohy

## Seznam příloh

Příloha 1 Plánek situace na gapu

*Příloha 2 Zastoupení humusových forem*

Příloha 3 Zastoupení humusových forem gap 4

Příloha 6 Zastoupení humusových subforem na všech Gapech

Příloha 4 Zastoupení humusových subforem Gap 2

Příloha 5 Zastoupení humusových subforem Gap 1

*Příloha 7 Porost - Gap 1*

*Příloha 8 Porost - Gap 1*

*Příloha 9 Porost - Gap 4*

*Příloha 10 Porost - Gap 2*

*Příloha 11 Zákopek - typický moder*

*Příloha 12 Zákopek - morový moder*

*Příloha 13 Zákopek - typický mor*

*Příloha 14 Zákopek - dřevý mor*

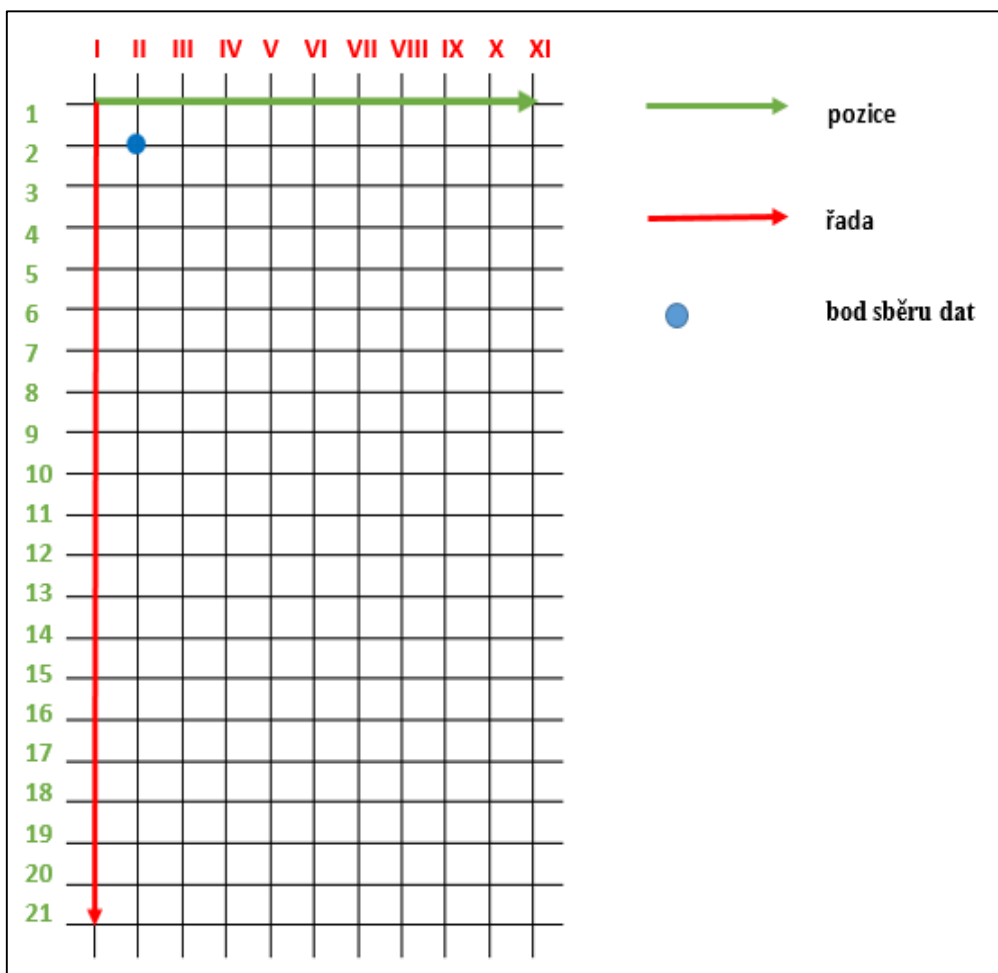
*Příloha 15 Zákopek - drnový moder*

*Příloha 16 Zákopek - reziduální mor*

*Příloha 17 Zákopek - dysmull*

*Příloha 18 Zákopek - amphimull*

*Příloha 19 Zákopek - oligomull*



Příloha 1 Plánek situace na gapu

	Gap 1		Gap 2		Gap 4		Všechny gapy	
	četnosti	%	četnosti	%	četnosti	%	četnosti	%
<b>mor</b>	19	8	7	3	38	16	64	9
<b>moder</b>	183	79	146	63	163	71	492	71
<b>mull</b>	29	13	78	34	30	13	137	20

Příloha 2 Zastoupení humusových forem

Gap 1		
	četnosti	%
moder_typický	97	42
moder_morový	42	18
moder_mullový	35	15
mull_dys	11	5
moder_mělový	8	3
mor_typický	7	3
mor_reziduální	7	3
mull_pravý	6	3
mull_drnový	4	2
mor_drťový	4	2
mull_mezo	3	1
mull_amphi	3	1
mull_oligo	2	1
moder_drnový	1	0
mor_mělový	1	0

Příloha 6 Zastoupení humusových subforem Gap 1

Gap 2		
	četnosti	%
moder_eu	58	25
moder_typický	55	24
mull_dys	33	14
mull_oligo	24	10
moder_dys	14	6
moder_morový	11	5
mull_amphi	9	4
mull_mezo	8	3
moder_mullový	5	2
mor_typický	3	1
mull_eu	2	1
moder_mělový	2	1
mor_drťový	2	1
mor_reziduální	2	1
mull_typický	1	0
mull_pravý	1	0
moder_hemi	1	0

Příloha 5 Zastoupení humusových subforem Gap 2

Gap 4		
	četnosti	%
moder_typický	94	41
moder_morový	36	16
moder_mullový	18	8
moder_drnový	15	6
mor_typický	15	6
mull_dys	14	6
mor_reziduální	10	4
mor_drťový	7	3
mull_amphi	5	2
mor_mělový	5	2
mull_oligo	4	2
mull_drnový	3	1
mull_eu	2	1
mull_mezo	2	1
mor_drnový	1	0

Příloha 3 Zastoupení humusových forem gap 4

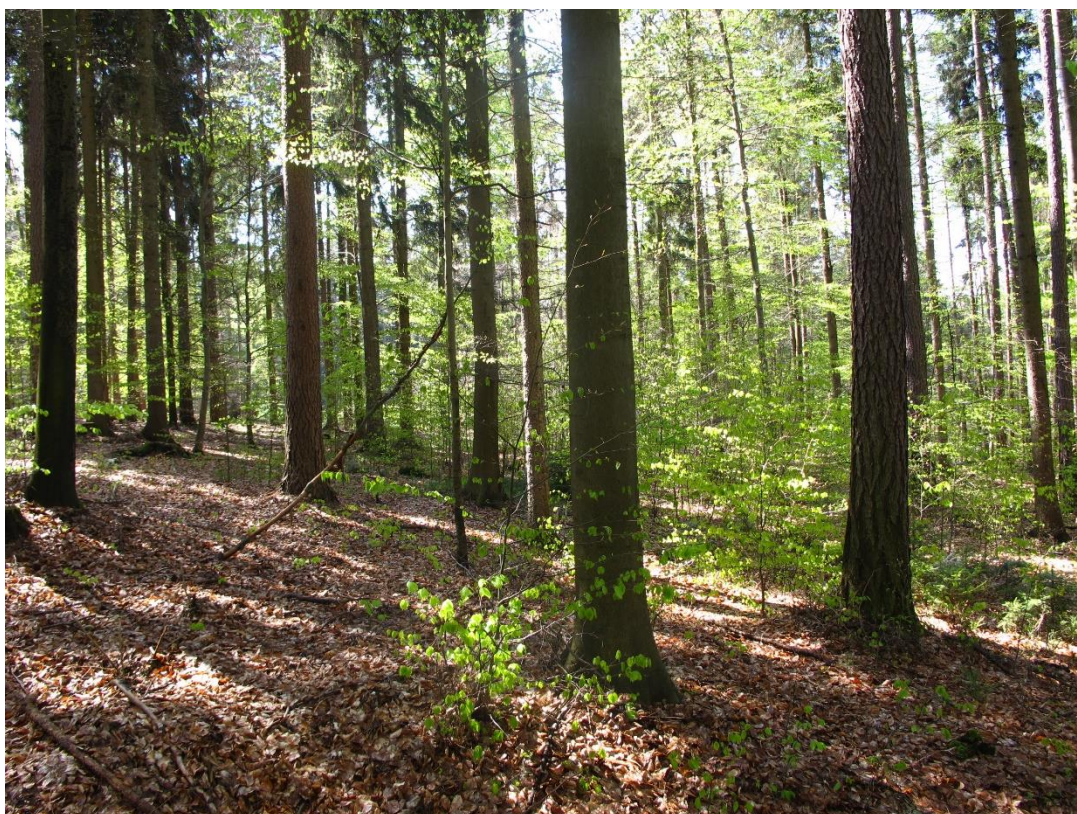
Všechny Gapy		
	četnosti	%
moder_typický	246	35
moder_morový	78	11
moder_eu	74	11
mull_dys	58	8
moder_mullový	42	6
mull_oligo	30	4
moder_dys	25	4
mor_typický	25	4
mor_reziduální	19	3
mull_amphi	17	2
moder_drnový	16	2
mor_drťový	13	2
mull_mezo	13	2
moder_mělový	10	1
mull_drnový	7	1
mull_pravý	7	1
mor_mělový	6	1
mull_eu	4	1
moder_hemi	1	0
mor_drnový	1	0
mull_typický	1	0

Příloha 4 Zastoupení humusových subforem na všech Gapech





*Příloha 7 Porost - Gap 1*



*Příloha 8 Porost - Gap 1*





*Příloha 9 Porost - Gap 4*



*Příloha 10 Porost - Gap 2*





*Příloha 11 Zákopek - typický moder*



*Příloha 12 Zákopek - morový moder*



Příloha 13 Zámepek - typický mor



Příloha 14 Zámepek - drťový mor





Příloha 15 Zákopek - drnový moder



Příloha 16 Zákopek - reziduální mor



*Příloha 17 Zákopek - dysmull*



*Příloha 18 Zákopek - amphimull*





Příloha 19 Zároveň - oligomull