

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra agroekosystémů

Studijní program: N4101 / Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie (navazující) – Péče o krajinu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Kvalifikace primární půdní organické hmoty podle rychlostní
konstanty oxidace v lesních půdách**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Marek Kopecký

Autor diplomové práce: Bc. Michaela Němcová

České Budějovice, 2018

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Michaela NĚMCOVÁ
Osobní číslo: Z16370
Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Agroekologie - Péče o krajinu
Název tématu: Kvalifikace primární půdní organické hmoty podle rychlostní konstanty oxidace v lesních půdách
Zadávající katedra: Katedra agroekosystémů

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. **Úvod:** Úvod do problematiky.
2. **Literární rešerše:** Shrnutí dosavadních poznatků o významu půdní organické hmoty a jejím rozdělení.
3. **Cíl práce:** Stanovení rychlostní konstanty oxidace primární půdní organické hmoty v půdách vybraných lesních porostů.
4. **Materiál a metodika:** Odběr vzorků lesní půdy z vybraných zalesněných ploch a jejich příprava k analýze. Stanovení rychlostní konstanty oxidace organické hmoty v půdních vzorcích.
5. **Výsledky a diskuse:** Zpracování výsledků získaných analýzou půdních vzorků a jejich vyhodnocení. Porovnání výsledků s údaji v odborné literatuře.
6. **Závěr:** Shrnutí výstupů závěrečné práce.
7. **Seznam použité literatury**

Rozsah grafických prací: dle potřeby (tabulky, grafy, fotografická příloha)

Rozsah pracovní zprávy: 30-50 stran včetně příloh

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Kolář L., Kužel S., Horáček J., Čechová V., Batt J., Peterka J. (2009): Labile fractions of soil organic matter, its quantity and quality. *Plant, Soil and Environment*, 55, 181-186.

Kolář L., Ledvina R., Kužel S., Klimeš F., Štindl S. (2006): Soil organic matter and its stability in aerobic and anaerobic condition. *Soil & Water Research*, 1, 2: 57-64.

Kolář L., Moudrý J., Kopecký M. (2015): *Kniha o humusu. Náměšř nad Oslavou: ZERA*, 25 s.

Kolář L., Vaněk V., Peterka J., Batt J., Pezlarová J. (2011): Relationship between quality and quantity of soil labile fraction of the soil carbon in Cambisols after limit during a 5-years period. *Plant, Soil and Environment*, 57, 193-200.

Kopecký M., Kolář L., Borová-Batt J. (2016): The new method of determination of the quantity and quality of primary soil organic matter and humus. In: *Proceedings from International Conference Soil - non-renewable environmental resource*. Brno: MENDELU, 135-142.

Váchalová, R., Kolář, L., Muchová, Z. (2016): Primary soil organic matter and humus, two components of soil organic matter. *Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, Slovakia*.

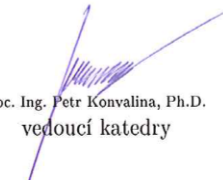
Vedoucí diplomové práce: Ing. Marek Kopecký
Katedra agroekosystémů

Datum zadání diplomové práce: 2. října 2017

Termín odevzdání diplomové práce: 15. dubna 2018


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Gleduriáská 1668, 370 05 Česká Budějovice


doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 20. března 2018

Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 10. 4. 2018

Bc. Němcová Michaela

Poděkování

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Marku Kopeckému za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce.

Abstrakt

Práce byla zaměřena na výzkum obsahu a kvality půdní organické hmoty vybraných lesních půd. V teoretické části práce byly podrobně popsány pojmy důležité pro pochopení daného tématu. V části praktické byly nejdříve vykopány půdní sondy a z jednotlivých horizontů odebrány vzorky půd. Kopání sond proběhlo ve dvou porostech s odlišným zastoupením dřevin (lesní typ 0P, revír Hodějov, Lesní správa Třeboň, vlastnictví Česká republika, právo hospodařit Lesy České republiky s. p.). V prvním případě se jednalo o porost listnatých dřevin (porost 356D12), ve druhém o porost se zastoupením dřevin jehličnatých (356E11).

V laboratoři Katedry agroekosystémů Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích byly vzorky půd upraveny a dále zkoumány z hlediska množství a kvality půdní organické hmoty. Novou metodou, navrženou kolektivem autorů Kopecký, Kolář, Borová – Batt (2016), bylo prostřednictvím stanovení rychlostní konstanty oxidace primární půdní organické hmoty provedeno porovnání kvality primární půdní organické hmoty v jednotlivých vzorcích. Dále byl stanoven obsah humusu a vypočten stupeň humifikace. Z výsledků vyplývá, že sledované parametry se v jednotlivých půdních horizontech značně liší. Značné rozdíly byly rovněž pozorovány při porovnání půd z jehličnatého a listnatého porostu. Markantní rozdíl lze spatřovat například v obsahu organického uhlíku ve vrchních horizontech. Například v horizontu Ah_e byl u jehličnaté půdy zjištěn obsah celkového organického uhlíku 39,71 %, zatímco ve stejném horizontu v listnaté půdě byl obsah tohoto uhlíku jen 7,06 %. Nejvyšší hodnota rychlostní konstanty k oxidace primární půdní organické hmoty, která značí její nejvyšší kvalitu, byla zaznamenána v horizontu E_p (hloubka 9–20 cm) u listnaté půdní sondy.

Klíčová slova: Humus, lesní půda, primární půdní organická hmota, stabilita

Abstract

The work was focused on the research of soil organic matter content and quality of selected forest soils. In the theoretical part of the thesis there were described in detail terms important to understand the given topic. In the practical part soil probes were excavated and soil samples were taken from individual horizons. The probing was carried out in two stands with a different representation of trees (forest type 0P, district Hodějov, Forest Management Třeboň, ownership of the Czech Republic, right to manage Forests of the Czech Republic, etc.). In the first case, it was a vegetation of deciduous trees (vegetation 356D12), in the second one with a vegetation of coniferous trees (356E11).

In the laboratory of the Department of Agroecosystems of the Faculty of Agriculture of the University of South Bohemia in České Budějovice soil samples were modified and further examined in terms of the quantity and quality of soil organic matter. A new method, proposed by the collections of authors Kopecký, Kolář, Borová-Batt (2016), was used to compare the quality of the primary soil organic matter in individual samples by determining the velocity constant of the oxidation of the primary soil organic matter. The humus content was then determined and the degree of humification was calculated. The results show that the monitored parameters differ considerably in individual soil horizons. Significant differences were also observed when comparing soils of coniferous and deciduous stands. A considerable difference can be seen, for example, in the organic carbon content at the top horizons. For example, at the Ahe horizon, the total organic carbon content was found to be 39.71 % for coniferous soil, while in the leafy soil the carbon content at the same horizon was only 7.06 %. The highest value of the velocity constant to oxidation of the primary soil organic matter, which indicates its highest quality, was recorded at the Ep horizon (9–20 cm depth) of the deciduous soil probe.

Key words: humus, wood soil, primary soil organic matter, stability

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Literární rešerše	10
2.1 Vznik půdy	10
2.2 Význam půdy	11
2.3 Rozdělení půdního fondu	11
2.4 Lesy a lesní půda	12
2.5 Lesnická typologie	14
2.6 Půdní organická hmota	18
3. Cíle a hypotézy	24
4. Materiál a metodika	25
4.1 Popis lokality	25
4.2 Příprava půdního vzorku	25
4.3 Potřeby.....	26
4.4 Příprava chemických roztoků	26
4.5 Postup pokusu.....	27
5. Výsledky a diskuze	29
5.1 Půdní sonda a fytoecnologický snímek	29
5.2. Půdní organická hmota	34
6. Závěr	39
7. Použitá literatura	40
8. Přílohy.....	52

1. Úvod

„Společnost, která ničí půdu, ničí sama sebe.“ (Winston Churchill)

Lesní půda je základní výrobní prostředek pro lesní hospodářství. Produkční schopnost půdy ovlivňuje lesník dřevinnou skladbou porostů a různými výchovnými zásahy. Organická hmota patří mezi důležitou a charakteristickou součást našich půd, a to včetně půd lesních. Působí na fyzikální, chemické, biochemické, biologické vlastnosti a do značné míry má velký vliv i na produkční schopnost půd.

Bohužel i dnes se setkáváme s nepřesným označováním látek organického původu nacházejících se v půdě. Často jsou souhrnně nazývány humusem. Tento zavádějící pojem je ovšem mezi laickou veřejností i řadou odborníků silně zažitý. V kapitole 2.4 Lesy a lesní půda tak bude často zmiňován humus jako pojem označující veškerou odumřelou půdní organickou hmotu. Protože se však v půdě nacházejí dvě skupiny organických látek, které mají zásadně odlišné vlastnosti i úlohu v půdě, měly by se od sebe tyto dvě skupiny zcela jasně rozlišovat. Rozdíly a charakteristiky těchto složek budou vysvětleny v kapitole 2.5 Půdní organická hmota.

Obecně využívané metody klasifikace půdní organické hmoty jsou založeny na hodnocení množství a kvality veškeré půdní organické hmoty. Při tomto procesu jsou tedy směřovány látky zhumifikované i nezhumifikované. Organické látky, které prošly humifikačními procesy však v půdě plní rozdílnou úlohu než látky, které těmito procesy rozkladu neprošly. Podstatný rozdíl mezi těmito složkami spočívá v jejich biodegradabilitě a schopnosti kationtové výměnné kapacity. Tyto skupiny organických látek by se tedy měly posuzovat odděleně.

2. Literární rešerše

2.1 Vznik půdy

Šimek (2005) definuje půdu jako dynamický přírodní útvar tvořený minerálním a organickým materiálem a živými organismy, ve kterém rostou rostliny. Jiný zdroj například pedologický slovník (Mathieu, Lozet, 2011) říká, že půda je produktem rozpadu, přeměny a uspořádání svrchních vrstev zemské kůry, který podléhá vlivu organismů, atmosféry a změn na daném místě. Vědním odvětvím zabývajícím se půdou je obor zvaný pedologie neboli půdoznalství, jehož základ tvoří řecké slovo pedon – země a latinské legos – věda (Bičík, 2009). Jedná se o vědu, která studuje utváření, vlastnosti, vývoj a prostorovou organizaci půdy (Vavříček, Kučera, 2015). Půda je vertikálně členěná, propojená se svým podložím a vzniká ze zvětralin nebo nezpevněných minerálních a organických sedimentů (Bičík, 2009). Vznik půdy neboli pedogeneze je charakterizována jako řada vzájemně se ovlivňujících a prolínajících obecných procesů, z nichž některé určují kvalitu procesu následného (Němeček et. al., 1990). Základem tvorby půd je zvětrávání horniny (Lhotský, 2006; Vopravil, 2009). Půda vzniká jako průnik dílčích zemských sfér (Vavříček, Kučera, 2015) z povrchových zvětralin zemské kůry a z organické hmoty (Šnobl et. al., 2005). Je to samostatný přírodně – historický útvar, který vzniká a vyvíjí se zákonitým procesem působením půdotvorných činitelů (Jandák et. al., 2010). Mezi půdotvorné faktory patří půdotvorný substrát, podnebí, biologický faktor, podzemní voda a vliv člověka (Tomášek, 1995). K podmínkám půdotvorného procesu přiřazujeme reliéf a stáří půd (Tomášek, 2007). Její existence je výsledkem přírodních sil a procesů (Dvorský, 2012). Udává se, že 1 cm půdy vzniká kolem 100 roků (Šnobl et. al., 2005).

Po fyzikální stránce půda zahrnuje tuhou (anorganickou i organickou část), kapalnou (půdní voda s roztokem živin) a plynnou (půdní vzduch) fázi (Kolář et al., 2014). Plynná a kapalná fáze je zastoupena v půdních pórech (Ledvina et. al., 2000). Nejčastější dělení půdy je na anorganickou složku (jílové částice, prach, písek, štěrk, kameny), organickou složku (edafon, humus), půdní vodu a půdní vzduch (plynná část), kde mezi těmito složkami dochází k neustálé výměně iontů a molekul (Vráblíková, Vráblík, 2006).

Z ekologického hlediska půdu charakterizujeme jako otevřený systém, skládající se ze dvou základních složek:

- neživou složka půdy, jež tvoří různé látky anorganického i organického původu, přičemž minerální podíl převládá,
- živá složka půdy, kterou tvoří půdními organizmy (rostlinného i živočišného původu). Významnou částí půdní živé hmoty jsou kořenové systémy vyšších rostlin. (Kolář et. al., 2014).

2.2 Význam půdy

Půda, jako jeden ze základních výrobních prostředků člověka a hlavních kamenů lidské civilizace vůbec, tvoří svrchní část pevného zemského povrchu – pedosféru (Tomášek, 2000), stává se tak nenahraditelným přírodním bohatstvím naší země, základním, omezeným a jen velmi pomalu obnovitelným zdrojem výroby potravin, krmných a ostatních užitkových rostlin, a tím je nedílnou součástí přírodního bohatství každé země (Vrba, Huleš, 2007). Půda je základní složka životního prostředí a nezastupitelná podmínka rostlinné a vůbec zemědělské a lesní výroby (Lhotský, 2006). Je nedílnou součástí agroekosystémů, lesních i travinných ekosystémů (Pokorný et. al, 2007). Člověk je od nepaměti závislý na půdě a na druhé straně i kvalita půdy je závislá na činnosti člověka (Šarapatka et. al., 2002), jelikož je zemědělská půda nerozmnožitelný živý organismus měl by s ní zemědělec zacházet citlivě (Wegscheider, 2006).

2.3 Rozdělení půdního fondu

Zákon ČNR č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon o ochraně ZPF“), vymezuje jeho definici § 1, odstavec 1, : *„Zemědělský půdní fond je základním přírodním bohatstvím naší země, nenahraditelným výrobním prostředkem umožňujícím zemědělskou výrobu a je jednou z hlavních složek životního prostředí.“* Můžeme ho rozdělit na pozemky zemědělsky obhospodařované, půdu dočasně neobdělávanou, rybníky s chovem ryb nebo vodní drúbeže a zemědělskou půdu potřebnou k zajišťování zemědělské výroby.

Celková výměra České republiky je 7 887 tis. ha. Celková výměra zemědělského půdního fondu (ZPF) ČR k 31. prosinci 2014 činí 4 216 tis. ha. Podíl zemědělské půdy (z. p.) představuje 53,6 % celkové rozlohy půdního fondu ČR (7 886 779 ha), z toho orná půda je na 38 % celkové výměry půdního fondu. Orná půda zaujímá 2 978 989 ha (tj. 38 % z celkové výměry půdního fondu), chmelnice 10 276 ha, vinice 19 611 ha, zahrady 163 601 ha, ovocné sady 45 920 ha a trvalé travní porosty (louky a pastviny) 997 225 ha. Lesní půdy zaujímají 2 666 376 ha (tj. 34 % z celkové výměry půdního fondu), vodní plochy 164 835 ha, zastavěné plochy a nádvoří 132 192 ha a ostatní plochy 707 755 ha (Situační a výhledová zpráva MZe, 2015).

Ochrana zemědělského půdního fondu, jeho zvelebování a racionální využívání jsou činnosti, kterými je se zajišťuje ochrana a zlepšování životního prostředí (Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu).

2.4 Lesy a lesní půda

Zákon č. 289/1995 Sb., Zákon o lesích definuje les následujícím způsobem: „*Lesem se rozumí lesní porosty s jejich prostředím a pozemky určené k plnění funkcí lesa.*“ Funkcemi lesa se rozumí přínosy podmíněné existencí lesa, které se člení na produkční a mimoprodukční.

Podle ustanovení zákona číslo 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů, jsou lesy významným krajinným prvkem, tedy ekologicky, geomorfologicky nebo esteticky hodnotnou částí krajiny, utvářející její typický vzhled nebo přispívající k udržení její stability.

Česká republika patří k zemím s vysokou lesnatostí – přibližně 34 % z celkové rozlohy státu (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství ČR, 2016). V roce 2015 se plocha lesních pozemků v ČR meziročně zvýšila o 2 016 ha na celkových 2,66 mil ha (UHÚL, 2018).

Lesy patří k nejsložitějším ekosystémům planety (Vašek, 2001). Celosvětově pokrývají třetinu souše, produkují nezbytný kyslík a jsou domovem pro mnohé druhy živočichů, rostlin i lidí (Hlaváček, 2016). Ukládají tolik uhlíku jako atmosféra (FAO, 2015).

Významnou složkou lesního ekosystému je půda. Pomáhá regulovat důležité ekosystémové procesy, jako příjem živin, rozklad látek a dostupnost vody. Z pohledu lesních ekosystémů půda představuje substrát, který umožňuje zakořenění vyšších rostlin (Vavříček, Kučera, 2015) a v porovnání s půdou zemědělskou je půda dlouhodobě ovlivňována trvalým rostlinným společenstvem, a to ve všech jeho vývojových stádiích a dlouhodobě zachovává své přirozené vlastnosti dané zejména typickým uspořádáním horizontů (Bičík, 2009). Lesní půdy jsou odlišné od půd zemědělských, představují odlišné typy a ekosystémy (Mackenzie, 2007) a také silněji reagují na změnu klimatu nežli půdy ostatních kategorií (Schimel, 1995). Obsah půdní organické hmoty se v přirozeném lesním ekosystému pohybuje okolo 20–30 % (Němeček, 2001). Lesní půda jako základní výrobní prostředek je základem našeho plánovaného lesního hospodářství. Produkční schopnost půd ovlivňuje dřevinná skladba porostů a hospodářská opatření (Pelíšek, 1964). Správné postupy hospodaření v lesích, včetně opatření pro zavedení nebo zachování lesního porostu na půdách náchylných k erozi a na odtokových cestách, pomohou omezit nebo snížit riziko eroze půdy a mělkých sesuvů půdy (FAO, 2015). Podle Pelíška (1964) lesní porost a ostatní rostlinná vegetace ovlivňuje tvorbu pokravného a pravého humusu a tím v podstatě humifikační procesy v lesních půdách, zvětrávací procesy (fyzikální a chemické) horninové hmoty a uvolňování živin do lesních půd, některé fyzikální vlastnosti, zejména strukturu a pórovitost, teplotní a vlhkostní poměry půd a mikrobiální činnost.

Množství opadu a organické hmoty v povrchovém humusu závisí především na věku porostní skupiny, půdní úrodnosti, hospodářském zásahu a vodním režimu (Šarman, 1990). Nadzemní biomasa lesa díky dlouhé době obmýtí roste až do doby obnovy porostu (Vavříček, Šimková, 2000). Druhovú skladbu porostu a stav nadložního humusu mají zásadní vliv na kvalitu humusu (Podrázský, 2001), proto je potřeba volit druhovou skladbu porostu tak, aby se co nejvíce blížila ekologii daného stanoviště. Lesní dřeviny tak jsou výraznou determinantou formování humusových forem i pedogeneze jako takové (Podrázský, Remeš, 2008). Jednostranně zvýšené nároky jednotlivých dřevin by měly být zohledněny při volbě stanoviště a tvorbě porostních směsí (Podrázský, Remeš, 2006).

Klimo (1982) zdůrazňuje význam opadu pro mikrobiální oživení lesních půd. Rychlost rozložitelnosti opadu závisí na obsahu taninů, pryskyřic, impregnačních látek, živin a asimilátů. Druh dřeviny určuje rozložitelnost listů. Rychlá rozložitelnost je u akátu, olše, habru, jasanu a lípy, naopak pomalá u topolu a buku. U jehličnanů se nejlépe rozkládá borové jehličí a nejpomaleji jedlové (Odpadové hospodářství, 2018). Všeobecně se opad z více dřevin rozkládá lépe než z jedné dřeviny (Poleno, Vacek, 2011). V porostech s kyselou lesní půdou převládá akumulace nad mikrobiální mineralizací a výsledkem je vyšší množství půdního organického uhlíku a převažují zde fulvokyseliny (Vavříček, Šimková, 2000). Z lesnického hlediska je zajímavé, že silice obsažené v opadaném jehličí mají záporný vliv na jeho rozklad. Mimoto silice obsahují jehlice blastokoliny – látky, které mohou zabránit klíčení semen (Využití stromové zeleně, 2018). Organismy podílející se na rozkladu opadu nazýváme saprofyty. Patří sem houby, mikroorganismy, prvoci a vyšší živočichové. V našich zeměpisných podmínkách trvá rozklad listů 1–3 roky, jehličí 8–10 let (Mikrobní ekologie, 2018).

2.5 Lesnická typologie

Lesnická typologie, jako základní disciplína hospodářské úpravy lesů, se zabývá klasifikací trvalých ekologických podmínek. Rozděluje lesy na segmenty s podobnými růstovými podmínkami, vyhodnocuje tyto podmínky a vyvozuje závěry pro vhodné lesnické hospodaření (UHÚL, 2018). Základní jednotkou typologie je lesní typ a vyšší jednotkou je soubor lesních typů. Vertikální členění je založeno na lesních vegetačních stupních a horizontální členění určují edafické kategorie, které se sdružují do ekologických řad (Plíva, 1987). Podle Zlatníka (1956) je lesní typ charakterizován význačnou kombinací druhů příslušné fytocenózy, půdními vlastnostmi, výskytem v terénu a potenciální bonitou dřevin. Vyšší typologickou jednotkou je soubor lesních typů, který spojuje lesní typy podle ekologické příbuznosti vyjádřené hospodářsky významnými vlastnostmi stanoviště. V ekologické (edafoklimatické) síti jsou soubory typů vymezeny půdními kategoriemi a lesními vegetačními stupni. Kategorie příbuzné vegetacím (lesním společenstvím), příp. stanovištěm (extrémnost polohy, ovlivnění vodou) tvoří ekologické řady (UHÚL, 2018).

Ekologická řada P – oglejená (pseudoglejový) – 14 %, HS – 27 (13)

Je vymezena především režimem půdní vody jako faktorem nejzávažnějším. Charakteristickou vlastností je střídavě zamokřená půda, tzn. v jarním období zamokřovaná, v létě vyschlá a značně ztvrdlá (zejména v nižších stupních). Špatně propustné, nedostatečně provzdušené, „chladné“ půdy posunují výšku vegetačních stupňů. Průběh humifikace (vždy + zpomalené) i složení fytoocenózy se řídí příslušnou kategorií. Pro celou řadu jsou významné druhy indikující střídavě vlhké půdy, zejména *Luzula pilosa*, *Carex brizoides*, *Potentilla erecta* a další (UHÚL, 1987).

Soubor lesních typů 0P – kyselý jedlodubový bor

Rozšíření je na písčitéch uloženinách permokarbonu, křídly, terciéru, pleistocénu (výjimečně i žuly), při snížené propustnosti půdy. Půda je hlinitopísčité až písčité (slabě jílnatá), typů podzol arenický oglejený, glejový, pseudoglej dystrický. Celý soubor 0P je prakticky jen souhrn přechodů mezi vyhraněnějšími soubory 0O a 0Q. Ohrožení – středně zamokřením, (i letním vysycháním), buření, mrazem. Přirozená druhová skladba – BO6, DB3, JD1, SM, BŘ. Cílová druhová skladba – BO7, DB1, SM1, JD1 (Viewegh,1995).

V roce 2001 byl zaveden pro Českou republiku tzv. taxonomický klasifikační systém půd ČR, který sjednotil zemědělské a lesní půdy. Celý systém je rozdělen do jednotlivých taxonomických kategorií (Němeček,2001):

- referenční třídy půd,
- půdní typy,
- půdní subtypy,
- půdní variety,
- ekologické fáze,
- degradační a akumulární fáze,
- půdní formy.

Půdní profil je indikátorem dějin a vývoje půd (Šály, 1978). Půdní horizont je horizontálně situovaná půdní vrstva na zemském povrchu, která je texturně, strukturně, barevně apod. jednotná a která vykazuje specifické vlastnosti oproti jiným vrstvám dané půdy (Vavříček, Kučera, 2015). Horizonty nadložního humusu lesních půd se člení na anhydrogenní horizont, hydrogenní a rašelinný horizont (Němeček, 2001).

Nadložní horizonty (O) lze odlišit takto:

- vrstva L (opad) – se skládá z listů, mechů, větví, kůry, pupenů, letorostů apod.,
- vrstva F (drť) – obsahuje částečně rozložené organické zbytky,
- vrstva H (měl) – je organickou vrstvou tmavě zbarvených organických látek v silném stupni rozkladu, takže jejich struktura není většinou rozeznatelná (UHÚL, 2018).

Po povrchovém humusu následuje zpravidla humózní horizont A (Rejšek, 1996).

Hlavní (genetické) půdní horizonty podle Vokouna a kol. (2002):

1. Organominerální povrchové horizonty

A – humózní horizonty

Jsou to povrchové minerální horizonty s biogenní, případně s antropickou akumulací humifikovaných organických látek do obsahu 20–30 % hm. Některé humusové látky tvoří vazby s minerálními koloidy. Množství nerozložených organických látek je většinou menší jak 5 %.

2. Podpovrchové horizonty

a) E – vysvětlené, jílem nebo oxidy Fe, Mn ochuzené horizonty

Jsou to v různém stupni ochuzené až vybělené (albické) horizonty, vzniklé buď vertikálním nebo laterálním transportem látek. Na povrchu pískových nebo prachových zrn chybí, nebo jsou vytvořeny jen velmi tenké povlaky. Jejich sorpční kapacita je nižší než u horizontů ležících nad nimi a pod nimi.

b) Kambické (metamorfické) horizonty

Představují metamorfické anhydromorfni (nanejvýš hydrogenně ovlivněné Bg) horizonty bez výrazné biogenní akumulace humusu a iluviace koloidů (na povrchu strukturních agregátů nejsou vytvořeny výraznější povlaky).

c) Spodické horizonty

Jsou silně sorpčně nenasycené, výrazně nasycené hliníkem, mají vysoký obsah mobilních organominerálních komplexů tvořených hlavně volným Fe a Al s fulvokyselinami. Je to výsledek procesu podzolizace v podmínkách silně kyselé reakce, tvorby moru a promyvného typu vodního režimu. Spodické horizonty jsou diagnostickými horizonty podzolů a kryptopodzolů.

d) Luvické, jílem obohacené horizonty

Jílem obohacené horizonty s iluviálními povlaky koloidů (argilany) na povrchu pedů, které se vytvořily v anhydromorfních podmínkách. Nasycenost sorpčního komplexu neklesá pod 20 %. Nad luvickým horizontem se nachází vysvětlený, lehčí, jílem ochuzený horiz. E.

e) Mramorované, redoximorfni horizonty

Jsou to periodickým převlhčením výrazně hydromorfně přetvořené kambické a luvické horizonty. K převlhčení dochází ve vrstvách půdy se sníženou nebo nízkou hydraulickou vodivostí.

f) Glejové, reduktomorfni horizonty

Vytvářejí se v půdní zóně dlouhodobě nasycené vodou. Nadbytek vody je většinou vyvolán vysoko položenou hladinou podzemní vody, někdy také stagnující srážkovou vodou na nepropustných půdních vrstvách. Převažují redukční procesy, směrem k povrchu půdy se někdy uplatňují i oxidační procesy. Jsou typické pro gleje.

g) Horizonty akumulace reoxidovaných oxidů Fe, Mn

Rezivě okrový anhydromorfni horizont vzniklý reziduální akumulací oxidů Fe a Mn, hlavně v polohách pod svahy.

h) Horizonty akumulace karbonátů a solí

Jsou relativně obohacené karbonáty či rozpustnými solemi.

i) Horizonty fosilní a pohřbené

Nacházejí se pod vrstvou půdy mladšího původu. Označují se písmenem f, které se předřazuje před znak horizontu (např. fAm – pohřbený humózní melanický horizont).

j) Substrátové horizonty a horizonty podložní horniny

Jsou málo ovlivněné nebo neovlivněné biologickou činností a mají nižší stupeň zvětrávání a přeměn ve srovnání s nadložními horizonty. S výjimkou podložní horniny (D) z nich vznikla minerální část půdy.

C – Vlastní půdotvorný substrát

Minerální horizont, který poskytl materiál pro tvorbu půdy a který nevytváří vrstevnaté souvrství.

2.6 Půdní organická hmota

Půdní organická hmota je klíčovou složkou půdy, příznivě ovlivňuje její fyzikální a chemické vlastnosti, je základním faktorem půdní úrodnosti a v převážné míře je podmínkou existence velmi bohaté a diversifikované půdní bioty. Je velmi významná pro půdní úrodnost a kvalitu půdy (Kubát et. al., 2008). Základní charakteristikou organické hmoty půdy je její ustavičná proměnlivost (Nováková, 1984). Podle Kögel – Knabcher (2002) obsahuje mono – polymerní molekuly organických látek, ligninu, proteinů, polysacharidů (celulózy, hemicelulóz, chitinu, peptidoglykenů), lipidů, vosků, a dalšího alifatického materiálu (mastných kyselin, kutinu, suberinu, terpenoidů aj. minoritních organických látek. Půdní organická hmota je důležitou složkou půdy (Sáňka, Materna, 2004), je to složitá heterogenní směs organického materiálu (Kolář et al., 2009) a je tvořena organickými zbytky rostlin, živočichů, živými organismy (bakterie, houby, červy) a humusem jako konečným produktem dekompozice (Sáňka, Materna, 2004). Zahrnuje zbytky rostlin a živočichů v různém stadiu rozkladu, buňky a tkáně půdních organismů a složky vytvořené půdní populací (Brady, Weil 2002).

Složení půdní organické hmoty se průběžně mění kvůli komplexní interakci biologických, chemických a fyzikálních procesů v půdě (Stewart, 1992).

Skládá se zejména z prvků C, H, O, N, P, S a slouží jako zásobárna energie a živin pro edafon a rostliny (Foth, 1990).

Půdní fauna se na dekompozici podílí tím, že ovlivňuje biodegradaci a humifikaci organických zbytků v půdě několika způsoby: (1) rozměňováním organických zbytků a zvětšováním povrchové plochy pro činnost mikroorganismů; (2) produkcí enzymů, které rozloží komplexní látky do jednodušších sloučenin a polymerizují sloučeniny pro tvorbu humusu; (3) zlepšením životních podmínek pro mikrobiální růst a interakce (Tian et al., 1997). Půdní mikrobiální biomasa je primárním zdrojem organického uhlíku v půdě (Spence et. al., 2011). Organická hmota v půdě je stabilizována komplexem mechanismů, které omezují míry rozkladu, z nichž některé nejsou založeny na kvalitě substrátu nebo půdních podmínkách, ale na biologii rozkládajících se půdních organismů (Ekschmitt et. al., 2005). Obsah a kvalita půdní organické hmoty souvisí s množstvím, diverzitou a aktivitou půdních organismů. Biologická aktivita ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti půd (Reicosky, 2001).

Hlavním komponentem půdní organické hmoty je organický uhlík (Sánka, Materna, 2004). Patří k celosvětově největší zásobárně uhlíku, obsahuje 3 x více uhlíku, než je obsaženo v atmosféře nebo suchozemské vegetaci (Schmidt et. al., 2011). Organická hmota půdy je jednou z největších rezervoárů aktivně cyklického uhlíku a hraje rozhodující roli v různých funkcích ekosystému (Pisani et.al., 2013). Tradiční modely rozkladu půdní organické hmoty předpovídají, že uhlík s půdou s vysokou chemickou stabilitou a velkou fyzickou strukturou jsou odolnější vůči degradaci než chemicky labilní a jemně zrnité materiály (Fox et. al., 2006). Výsledky Ghee et. al. (2013) ukazují, že dýchání dusíku zaplňuje CO₂ produkovaný řadou mineralizačních procesů půdní organickou hmotu, z nichž každá vykazuje výrazné teplotní citlivosti, a proto je zapotřebí přesně předpovídat citlivost půdní organické hmoty na rostoucí globální teploty a jejich vlastní variace. Některá půdní organická hmota přetrvává po tisíce let, zatímco jiná půdní organická hmota se snadno rozkládá, a to omezuje naši schopnost předpovědět, jak půdy reagují na změnu klimatu (Schmidt et. al., 2011). V poslední době se zvláště oceňuje význam půdní organické hmoty pro životní prostředí z hlediska akumulace organického uhlíku a jeho uvolnění do půdy a dále také z hlediska zachování ekologických funkcí půdy (Kubát et al., 2008). Se snižujícím se pH se zvyšuje půdní organický uhlík, ale zároveň se snižuje podíl huminových

kyselin ve svrchním organickém půdním horizontu a tím klesá hodnota kationtové výměnné kapacity (Billett et al., 1990, Blake et al., 1999).

Organická hmota pohlcuje vodu, je schopná zadržovat vodu o zhruba šestinásobku své vlastní hmotnosti, takže je životně důležitá pro vegetaci na přirozeně suchých a písčitých půdách. Rovněž zlepšuje strukturu půdy a tím snižuje její náchylnost půd ke zhutnění, erozi a sesuvům (Udržitelné zemědělství a ochrana půdy, 2009). Půdy, které obsahují více organického materiálu zadrží více vody ze srážek a učiní jí tak využitelnější pro rostliny (Emadodin et. al., 2009). Půdní organická hmota je důležitá při přípravě půdy a infiltraci vody do půdy (Franzluebbers, 2002). Infiltrace ovlivňuje vyplavování, odtok vody a dostupnost vody pro rostliny (význam půdních mikroorganismů pro produkční a mimoprodukční funkce půdy).

Organická hmota je považována za zásadně důležitou složku zdravé půdy a její úbytek vede k degradaci půdy (udržitelné zemědělství a ochrana půdy, 2009). Organické látky ovlivňují formování příznivých fyzikálně – chemických vlastností, vodo – vzdušného a tepelného režimu, sorpční schopnosti, oxidačně – redukčního režimu a chemizmu vůbec (Sotáková, 1982). Ze základní funkce organické složky půdy (podléhat mineralizaci) je zřejmé, že nejcennější jsou ty frakce, které jsou nejméně stabilní, tedy snadno rozložitelné a lze je považovat za významný indikátor půdní kvality (Haynes, 2005, Ghani et al., 2003). Obsah půdní organické hmoty je jedním z nejdůležitějších ukazatelů udržitelnosti půdy (Li et. al., 2015). Znalost využívání zdrojů fauny a vzájemné inhibice faunálních skupin lze využít k ekologickému hospodaření s půdou a ke stabilizaci půdní organické hmoty (Vetter et. al., 2004). Jednotlivé skupiny půdní organické hmoty (humusotvorný materiál, nescifické meziprodukty, humusové látky) působí v půdě odlišně a je třeba neustále udržovat jejich správné vzájemné proporce (Prát, 1964). Půdní organická hmota je hlavní prvek určující udržitelnost zemědělské produkce (Blair et al., 1995).

Velice důležitou funkcí půdy v koloběhu živin je adsorpce nebo výměna iontů. Díky organické hmotě se může zvyšovat ionto-výměnná kapacita půdy z 20 % na více než 70 % kapacity přítomných jílových minerálů a oxidů kovů. Organická hmota může díky své schopnosti adsorbovat rozpustné chemikálie snižovat toxicitu určitých prvků.

Valla et. al. (1980) dělí půdní organickou hmotu na:

- humusotvorný materiál (odumřelé zbytky rostlin, živočichů a mikroorganismů, které jsou dosud nepřetransformované),
- meziprodukty rozkladu a syntézy (mezistupně přeměněn humusotvorného materiálu, jedná se o látky nespecifické),
- humus – humusové látky (organická hmota transformovaná humifikačními pochody, jedná se o látky specificky půdní).

Jiní autoři tak jako Magdoff a Van Ess (2000) rozdělují půdní organickou hmotu do 3 frakcí na:

- živou (půdní mikroorganismy a makroorganismy),
- labilní (odumřelé organismy, rozkládající se kořeny rostlin a rostlinné zbytky),
- inertní (stabilizovaná půdní organická hmota nebo humus).

Při přeměně půdní organické hmoty dochází k mineralizaci, humifikaci, ulmifikaci a karbonizaci (Horáček et. al., 1999). Dle Kužela et. al. (2001) se fulvokyseliny tvoří v prvních stádiích humifikace organické hmoty.

Mineralizace je proces rozkladu organických látek vedoucí ke vzniku anorganických (minerálních) forem (Šimek, 2003), jedná se o exotermický proces, který je spojen s uvolněním energie. Je zdrojem energie pro půdní mikroorganismy a jeden ze základních faktorů půdní úrodnosti (Peterka, 2012).

Římovský (1994) charakterizuje humifikaci jako neúplný rozklad organické hmoty s následnou syntézou meziproduktů tohoto rozkladu, který probíhá částečně v anaerobních podmínkách, při dostatku dusíku a za účasti půdních mikrobů. Humus je významnou složkou zemědělských i lesních půd (Poděbinskij, Krečmer, 1984). Dle Němečka et. al. (1990) patří mezi vývojová stádia humifikace tyto formy humusu: surový humus, moder a mull.

Hraško et. al. (1991) popisuje humusové formy takto:

- mull – vzniká za nejpříznivějších podmínek pro rozklad pod listnatými až smíšenými porosty,
- mor – vzniká za nepříznivých podmínek pro rozklad pod jehličnatými porosty s kyselým opadem,
- moder – vzniká za méně příznivých podmínek pro rozklad, jedná se o přechodnou formu mezi morem a mullem.

Organické látky v půdě můžeme rozdělit a klasifikovat podle následujícího schématu vycházejícího z Drozd et al., 1996: organické látky v půdě dělíme na živé organismy a půdní organickou hmotu, která se dále dělí na primární organickou hmotu (nepřeměněné materiály, nehumusové látky) a humus (přeměněné produkty, humusové látky).

Položme si otázku, co je tedy vlastně půdní organická hmota?

Pojmy jako primární půdní organická hmota a humus se často zaměňují s výrazem půdní organická hmota nebo dokonce pojmem humus, a to vede k mnoha nedorozuměním (Kolář et al., 2009).

Proto si půdní organickou hmotu rozdělíme na dvě frakce:

1. Primární půdní organickou hmotu

Primární půdní organickou hmotu známe buď jako původní nebo rozloženou. Může být i přeměněná transformačními procesy. V tom případě u ní humifikační proces nebyl dokončen, a proto nemá výraznou iontovýmennou kapacitu. Může být tvořena labilními i stabilními organickými látkami a může rychle či pomalu mineralizovat. Některá primární půdní organická hmota mineralizuje snadněji (rychleji) a jiná zase velmi pomalu, a proto se primární organická hmota rozděluje na labilní (snadno rozložitelnou) a stabilní (špatně rozložitelnou). Můžeme říci, že pokud je vyšší obsah ligninu a menší obsah celulózy vede to vždy k větší stabilitě a stejně tak, pokud je částice suchá, tím více je stabilnější a vyšší obsah dusíku je labilnější (Kahuda, 2016). Primární organická hmota může zadržet až dvaceti

násobné množství vody vzhledem ke své hmotnosti (Reicosky, 2001) a dodává půdním mikroorganismům potravu ve formě uhlíku a energie (Brady, Weil, 2002).

2. Humus

Humus je jedna ze složek organické hmoty v půdě (Robert et al., 2004). Obsahuje produkty humifikace, fulvokyseliny, huminové kyseliny a huminy (Kolář et al., 2009), které mají schopnost iontové výměny a mineralizují. V našich půdách je se obsah humusu pohybuje v průměru 1,8–2,2 % (Šnobl, Pulkrábek et. al., 2005). Humus má na úrodnost půdy nižší vliv, protože je konečným produktem rozkladu, nicméně k úrodnosti půdy přispívá svým vlivem na půdní strukturu, orbu a výměnnou kapacitu kationtů (soil organic matter, 2008). Ukazatelem kvality humusových látek je stupeň humifikace (S_H) (Orlov, 1985). Stupeň humifikace charakterizuje intenzitu chemických a biologických přeměn humusových látek v půdě. Sparks (2003) uvádí, že kvalita a množství půdního humusu závisí na pěti půdotvorných procesech, kterými jsou: čas, klima, vegetace, mateřská hornina a topografie. Humus můžeme rozdělit na celkový humus, humus vlastní a humus povrchový (nadložní) (Šály, 1978). Velký význam pro lesní půdy má nadložní humus a to tím, že ovlivňuje vodní režim lesních půd, reguluje odtok srážkových vod v povodí, snižuje riziko povodní, zachytává velké množství srážkových vod korunami stromů, kterou pomalu propouští do podložních půdních vrstev a tím zvyšuje zásobu podzemní vody, ovlivňuje odtok, výpar a průsak vody. Dále reguluje teplotní výkyvy v půdách mezi dnem a nocí v určitých ročních obdobích (Pelíšek, 1964).

3. Cíle a hypotézy

Cílem práce je zhodnocení kvality a kvantity primární půdní organické hmoty a stanovení obsahu humusu v půdách vybraných lesních porostů.

Dílčí cíle

- 1) Vykopání půdních sond ve vytypovaných lokalitách a odběr půdních vzorků.
- 2) Stanovení množství primární půdní organické hmoty a humusu ve vzorcích.
- 3) Využití nové metody (Kopecký a kol., 2016) ke stanovení kvality primární půdní organické hmoty pomocí rychlostní konstanty její oxidace.
- 4) Zpracování a vyhodnocení výsledků.

Hypotézy

- 1) Listnatý opad je kvalitnější a uvolňuje se z něj více živin.
- 2) Jehličnatý opad je kyselější, méně bohatý na živiny a pomaleji se rozkládá.
- 3) Obsah uhlíku v lesních půdách má větší interval hodnot a stratifikaci než v zemědělských půdách díky větší diverzitě lesních půd a výskytu nadložního humusu.
- 4) Obsah půdního oxidovatelného uhlíku je v lesních půdách výrazně vyšší ve svrchních horizontech než v podložních horizontech.

4. Materiál a metodika

4.1 Popis lokality

Zájmové území se nachází v jižních Čechách v přírodní lesní oblasti 15 b – Třeboňská pánev na lesním hospodářském celku Třeboň. Půdní vzorky byly odebrány z lesních porostů. Jednalo se o dva typy porostů, v prvním případě šlo o porost se zastoupením listnatých dřevin a ve druhém o porost se zastoupením jehličnatých dřevin. V obou případech se jednalo o lesní typ 0P. Vzorky byly odebrány na konci vegetačního období, v září 2017 v porostu 356D12 a 356E11 v revíru Hodějov, k.ú. Mláka, který je ve správě Lesů České republiky s.p – lesní správa Třeboň.

Na místě výkopu proběhlo nejprve formou pochůzky seznámení s půdami daného území. Byly sledovány typy reliéfu, vegetační typy a typy geologického substrátu. Místa výkopu sond jsou vyznačena v Obr. 1 (Přílohy). Hloubení půdní sondy bylo provedeno pomocí rýče, lopaty, krumpáče a malé lopatky. Půdní sonda se nacházela na rovinatém terénu, a proto byla vykopána s čelem orientovaným na sever kvůli osvětlení sluncem. Sondy byly kopány do takové hloubky, aby byly zachyceny všechny půdní horizonty. Po popisu profilů půdních sond (viz. Příloha - Obr. 2), byly z očištěné stěny odebrány půdní vzorky pomocí malé lopatky a nože tak, aby nedošlo ke smíchání zeminy z jednotlivých horizontů. Získané vzorky půd byly vloženy do předem popsaných polyethylenových sáčků.

4.2 Příprava půdního vzorku

V první fázi byl každý vzorek půdy rozdroben a vysušen v termostatu po dobu 24 hodin při teplotě 105 °C. Za použití půdního mlýnu byla vytvořena jemnozem 1. řádu (<2 mm), která byla následně rozetřena v achátové misce a proseta sítem o průměru 0,25 mm.

4.3 Potřeby

Pokus probíhal v laboratoři Katedry agroekosystémů Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích s využitím následujících potřeb a chemikálií: automatická byreta s balonkem, automatická pipeta, difenylamin, laboratorní termostat, přístroj Skalár, stříčka s destilovanou vodou, achátová miska, kádinky (250 ml) s hodinovým sklíčkem, odměrné baňky (1000–2000 ml), stopky, kyseliny trihydrogenfosforečná 85% (orthofosforečná H_3PO_4), koncentrovaná kyselina sírová (12 M H_2SO_4), chromsírová směs: 0,4 mol/l, Mohrova sůl 0,1 n = 0,1 mol/l, dichroman draselný ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0,1 mol/l.

4.4 Příprava chemických roztoků

Příprava roztoku difenylaminu: 0,5 g difenylaminu bylo rozpuštěno ve 20 ml destilované vody a velmi pomalu a opatrně se postupně přidalo 100 ml koncentrované kyseliny sírové (H_2SO_4).

Příprava chromsírové směsi: 40 g dichromanu draselného ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) bylo rozpuštěno v 900 ml destilované vody a za stálého míchání a chlazení ve studené vodě bylo po stěně pomalu přidáno 1000 ml koncentrované (94%) kyseliny sírové (H_2SO_4). Po úplném ochlazení byl objem upraven na 2000 ml pomocí destilované vody.

Příprava Mohrovy soli: 40 g hexahydrátu síranu železnato – amonného [$(\text{NH}_4)_2 * \text{Fe} (\text{SO}_4)_2 * 6\text{H}_2\text{O}$] bylo rozpuštěno v 300 ml destilované vody, poté bylo přidáno 20 ml koncentrované kyseliny sírové a po ochlazení byl destilovanou vodou doplněn objem na 1000 ml. Nespotřebovaná Mohrova sůl byla uchovávána v tmavé láhvi. Před každým použitím se musel stanovit faktor její účinnosti.

Příprava dichromanu draselného: přesně 4,9037 g dichromanu draselného bylo rozpuštěno ve 200 ml destilované vody a kvalitativně převedeno do odměrné baňky o objemu 1000 ml a doplněno destilovanou vodou po risku.

4.5 Postup pokusu

A. Stanovení rychlostní konstanty oxidace primární půdní organické hmoty

Nejprve byl stanoven faktor f Mohrovy soli tak, že 20 ml předem připraveného roztoku dichromanu draselného (0,1 mol/l) bylo zředěno 60 ml destilované vody a přidáno 2,5 ml koncentrované kyseliny sírové, 2,5 ml kyseliny fosforečné a 5 kapek roztoku difenylaminu. Tato směs byla titrována roztokem Mohrovy soli až do bodu ekvivalence. Přes špinavě hnědou barvu se roztok dostával do fialové, a nakonec až do barvy šedé = bod ekvivalence. Dalším krokem bylo navážení vzorků do kádinek, které byly označeny 1–5. Naváženo bylo přesně 0,200 g půdy a přidáno 10 ml chromsírové směsi. Dále byly vytvořeny tři „slepé vzorky“ označené 3S, 4S, 5S, které obsahovaly pouze chromsírovou spalovací směs bez zeminy. Všechny kádinky byly vloženy do termostatu předehřátého na 60 °C. Po 10 minutách byla vyndána kádinka č. 1, ihned byla vložena do připravené studené vodní lázně a zalita cca 50 ml destilované vody (zastavení oxidace organické hmoty). To samé jsem opakovala u dalších kádinek v těchto časových intervalech:

- 20. minuta – kádinka č. 2
- 30. minuta – kádinka č. 3 a 3S
- 45. minuta – kádinky č. 4 a 4S

Ve 45. minutě byly přesunuty kádinky 5 a 5S do termostatu předehřátého na 100 °C. V 75. minutě byly i tyto kádinky vyjmuty a zchlazeny.

Zchlazené kádinky byly skrze fritu filtrovány prostřednictvím podtlakové filtrace. Do filtrátů bylo přidáno 2,5 ml kyseliny orthofosforečné (H_3PO_4) a 3–5 kapek roztoku difenylaminu. Nakonec byly všechny tyto vzorky titrovány roztokem Mohrovy soli do bodu ekvivalence. V kádince č. 5 byla zoxidována veškerá primární půdní organická hmota, jejíž obsah byl označen C_1 . Spotřeba roztoku Mohrovy soli byla zapsána do speciálně vytvořeného excelového souboru (viz. Příloha - Tab. 12), kde došlo k automatickému výpočtu hodnoty rychlostní konstanty oxidace primární půdní organické hmoty.

B. Stanovení obsahu celkového organického uhlíku (C₂), výpočet stupně humifikace a obsahu humusu

Obsah celkového organického uhlíku byl stanoven pomocí přístroje Skalár. Každý vzorek byl analyzován třikrát, výsledná hodnota byla průměrem těchto tří rozborů (hodnoty se nesměly lišit o více než 5%). Pomocí přístroje Skalár byl stanoven TC (total carbon) - celkový uhlík a IC (inorganic carbon) – anorganický uhlík. Přístroj automaticky vyhodnotil i obsah TOC (total organic carbon = C₂) – celkový organický uhlík. TOC = TC – IC. Obsah humusu H = C₂ – C₁ (%). Dále byl vypočten stupeň humifikace půdní organické hmoty, který je dán vztahem:

$$S_H = \frac{C_2 - C_1}{C_2} \times 100 (\%)$$

5. Výsledky a diskuze

5.1 Půdní sonda a fytoocenologický snímek

Z pedologického průzkumu vyplývá, že zásoba nadložního humusového horizontu pod jehličnatým porostem (jehličnatá sonda) a listnatým porostem (listnatá sonda) byla stanovena v cm, ve vrstvách L – opadanka, F – drť a H – měl. V tabulce č. 1 a 2. můžeme vidět hloubku horizontů jehličnaté a listnaté sondy. U horizontu jehličnaté sondy je horizont L_n 0–1 cm. Tento horizont tvořila nová opadanka, kde byl čerstvý a málo rozložený opad. Původní barva opadu byla změněná, ale struktura zde zůstala zachována. Horizont F_m byl 1–6 cm hluboký. Horizont drti byl prorostlý, soudržný a spojený rostlinnými zbytky mycelií hub a kořínky. Horizont H_h byl 6–10 cm hluboký. Organický materiál zde byl nestrukturní, kluzký a nechal se roztírat mezi prsty, které zanechal špinavé. U listnaté sondy byl horizont L_n – 0–1 cm. Horizont F_a byl 1–2 cm hluboký. Horizont H_h byl hluboký 2–3 cm. Mocnost u jehličnaté sondy byl: L_n – 1 cm, F_m – 5 cm, H_h – 4 cm a u listnaté sondy: L_n – 1 cm, F_a – 1 cm, H_h – 1 cm. Z těchto naměřených a zjištěných údajů vyplývá, že mocnost anhydrogenního horizontu nadložního humusu, tedy horizontu O, je vyšší u sondy jehličnaté, kde dosahuje mocnosti 10 cm, kdežto u listnaté sondy je pouze 3 cm. Tento fakt nám ukazuje, že u jehličnaté sondy dochází k nahromadění opadu a jeho pomalejšímu rozkladu. Jehličnatý opad je bohatší na fenoly a lignin, což jsou látky, které mnohonásobně zpomalují dekompozici.

Tabulka č. 1 – hloubka a mocnost horizontů jehličnaté sondy

Hloubka	Horizont	Mocnost
0–1	L_n	1
1–6	F_m	5
6–10	H_h	4

Tabulka č. 2 – hloubka a mocnost horizontů listnaté sondy

Hloubka	Horizont	Mocnost
0–1	L_n	1
1–2	F_a	1
2–3	H_h	1

Podle Příručky pro průzkum lesních půd (Němeček a kol., 2002) byl u obou sond stanoven detailní popis půdních horizontů z pohledu hloubky, mocnosti, skeletovitosti, frakcí, struktury, vlhkosti a konzistence (viz. Tabulka č. 3 a č. 4).

Tabulka č. 3 – Popis jehličnaté sondy

Hloubka	Horizont	Mocnost	Skelet	Struktura 1	Struktura 2	Vlhkost	Konzistence
10-12	A _{he}	2	bez skeletu	Agregovaná	krupnatá	čerstvě	Kyprá
12-20	E _p	8	bez skeletu	Agregovaná	krupnatá	čerstvě	Kyprá
20-32	B _{s_{g1}}	12	bez skeletu	elementární	zrnitá	čerstvě	Kyprá
32-38	B _{s_{g2}}	6	bez skeletu	elementární	zrnitá	čerstvě	Kyprá
38-56	BC _{g1}	18	5-10 % (šterk)	elementární	zrnitá	čerstvě	Kyprá
56-82	BC _{g2}	26	bez skeletu	elementární	zrnitá	čerstvě	Kyprá
82-100	C	18	bez skeletu	elementární	zrnitá	vlhká	Kyprá

Tabulka č. 4 – Popis listnaté sondy

Hloubka	Horizont	Mocnost	Skelet	Struktura 1	Struktura 2	Vlhkost	Konzistence
3-9	A _{he}	6	bez skeletu	agregovaná	krupnatá	čerstvě	Kyprá
9-20	E _p	11	bez skeletu	agregovaná	krupnatá	mírně	Kyprá
20-50	B _{s_g}	30	bez skeletu	agregovaná	krupnatá	čerstvě	Drobivá
50-78	D _g	28	bez skeletu	segregovaná	kostkovitá	čerstvě	Soudržná
78-100	C _g	22	5-10 % (šterková frakce)	elementární	zrnitá	čerstvě	Drobivá

Při popisu mezoreliéfu (viz. Tabulka č. 5 a 6.) byl tvar terénu v okolí jehličnaté a listnaté sondy určen jako typ plošina a z pohledu mikroreliefu jako tvar terénu zvlněný. Z klimatických vlivů patřila obě zkoumaná stanoviště k inverzním polohám. Geologické podloží bylo v tomto případě sedimentární horninou. U jehličnaté sondy byl humusovou subformou mor typický (Orm), kdežto u listnaté sondy byl moder typický (Odm). Půdní typ obou ploch byl určen jako podzol, půdní subtyp byl oglejený arenický s půdní varietou oligotrofní. Hydromorfismus obou lokalit byl oglejený. Speciální lesní typ (SLT) byl přiřazen k 0 – bory. Edafická kategorie daného stanoviště byla P – oglejená kyselá. Lesní typ u jehličnaté sondy byl 1 – borůvkový a u listnaté sondy byl lesní typ 2 – třtinový.

Celé to dohromady tvoří OP1 = kyselý jedlo(dubový) bor borůvkový (s bělomechem a bezkolencem), OP2 = kyselý jedlo(dubový) bor třtinový (s bezkolencem).

Tabulka č. 5 – popis stanoviště jehličnaté sondy

Plocha: 356E11	Datum: 3.9.2017
Stanoviště sondy	
mezoreliéf	plošiny
mikrorelief	zvlněný
klimat. vlivy	inverzní polohy
geolog. podloží	sedimentární horniny
humus. subforma	mor typický
půdní typ	podzol
půdní subtyp	oglejený, arenický
půdní varieta	oligotrofní
hydromorfismus	oglejený
1. číslo kódu SLT	0
edafická kategorie	P
lesní typ	1

Tabulka č. 6 – popis stanoviště listnaté sondy

Plocha: 356D12	Datum: 3.9.2018
Stanoviště sondy	
mezoreliéf	plošiny
mikrorelief	zvlněný
klimat. vlivy	inverzní polohy
geolog. podloží	sedimentární horniny
humus. subforma	moder typický
půdní typ	podzol
půdní subtyp	oglejený, arenický
půdní varieta	oligotrofní
hydromorfismus	oglejený
1. číslo kódu SLT	0
edafická kategorie	P
lesní typ	2

Po výkopu sondy byl proveden fytoocenologický snímek (10 x 10 m). Základem tohoto snímku je floristický soupis druhů, které se na zkoumaném území vyskytují. Na fytosnímku jehličnaté sondy (viz. Tabulka č. 7) se v mechovém patře nacházely *Leucobryum glaucum*, *Polytrichum formosum*, *Pleurozium schreberi*. Ze semenáčků byly na ploše *Picea abies*, z bylin a travin *Vaccinium myrtillus*, *Avellana flexuosa*, *Carex brizoides*, *Calamagrostis villosa*, z mladých dřevin do 0,2 m *Picea abies*, *Quercus robur*, v patře dřevin od 0,2 m až do vyšší podúrovně *Picea abies* a v úrovni až nadúrovně *Picea abies* a *Pinus sylvestris*.

Tabulka č. 7 – Fytosnímek jehličnaté sondy

Plocha: 10 x 10 m = 100 m ²	
Fytosnímek	
1 - patro úrovně a nadúrovně	30 - 40 %
SM	10 - 20 %
BO	10 - 20 %
2 - patro podúrovně – vyšší	20 - 30 %
SM	20 - 30 %
3 - patro podúrovně – nižší	0 - 10 %
SM	0 - 10 %
4 - patro dřevin 0,2 - 1,30 m	0 - 10 %
SM	0 - 10 %
5 - patro mladých dřevin do 0,2 m	0 - 10 %
SM	0 - 10 %
DB	0 - 10 %
6 - patro bylin a travin	40 - 50 %
<i>Vaccinium myrtillus</i>	20 - 30 %
<i>Avellana flexuosa</i>	1 - 5 %
<i>Carex brizoides</i>	1 - 5 %
<i>Calamagrostis villosa</i>	1 - 5 %
7 – semenáčky	0 - 10 %
SM	0 - 10 %
8 – mechy	20 - 30 %
<i>Leucobryum glaucum</i>	10 %
<i>Polytrichum formosum</i>	10 %
<i>Pleurozium schreberi</i>	10 %

U listnaté sondy (viz. Tabulka č. 8) se z mechů nacházely *Polytrichum formosum*, ze semenáčků *Picea abies*, z patra bylin a trav *Vaccinium myrtillus*, *Avellana flexuosa*, *Carex brizoides*, *Carex pilulifera*, z patra mladých dřevin do 0,2 m *Frangula alnus*, *Quercus petraea*, z patra od 0,2 m do nižší podúrovně *Picea abies* a v patře úrovně až nadúrovně *Quercus petraea* a *Quercus rubra*.

Tabulka č. 8 – Fytosnímek listnaté sondy

Plocha: 10 x 10 m = 100 m ²	
Fytosnímek	
1 - patro úrovně a nadúrovně	20 - 30 %
DBL	0 - 10 %
DBZ	10 - 20 %
2 - patro podúrovně – vyšší	
-	-
3 - patro podúrovně – nižší	0 - 10 %
SM	0 - 10 %
4 - patro dřevin 0,2 - 1,30 m	0 - 10 %
SM	0 - 10 %
5 - patro mladých dřevin do 0,2 m	0 - 10 %
DBZ	0 - 10 %
Frangula alnus	0 - 10 %
6 - patro bylin a travin	50 - 60 %
<i>Vaccinium myrtillus</i>	0 - 10 %
<i>Avellana flexuosa</i>	0 - 10 %
<i>Carex brizoides</i>	50 - 60 %
<i>Carex pilulifera</i>	0 - 10 %
7 – semenáčky	0 - 10 %
SM	0 - 10 %
8 – mechy	0 - 10 %
<i>Polytrichum formosum</i>	10 %

5.2. Půdní organická hmota

Z tabulky č. 9 lze vyčíst množství organického uhlíku, které zoxidovalo v jednotlivých vzorcích v daných časových intervalech. Zajímavým jevem u zkoumaných sond je změna rozmístění uhlíku dle hloubky a druhu dřeviny. V horizontech nadložního humusu v případě množství organického uhlíku dominuje jehličnatý porost. U mělce kořenících stromů, jako jsou jehličnany, se akumuluje uhlík v horizontu nadložního humusu a méně v minerálním horizontu (Jandl, 2007). Z tabulky je zřejmé také to, že ve všech časech zoxidovalo nejméně organického uhlíku ze vzorku listnaté sondy v horizontu C_g (78–100 cm) s hodnotou 0,19 %. U listnaté sondy je v horizontu D_g (50–78 cm) více C_{ox} , než v horizontu B_{sg} (20–50 cm). Stejný jev nastal u jehličnaté sondy, kdy horizont B_{sg} (20–38 cm) obsahuje více C_{ox} , než horizont E_p (11–19 cm). Poměrování uhlíku v jednotlivých lesních ekosystémech, ať se jedná o listnatý nebo jehličnatý les, je problematické. Množství uhlíku v půdě závisí na mnoha faktorech. Množství ovlivňuje především stáří lesa, půdní struktura, geologické podloží, půdní typ, půdní vlastnosti, eroze (např. sucho a napadení škůdci) a těžba lesa. Lal (2005) uvádí, že v prvních letech po těžbě klesá obsah uhlíku v půdě až o 50 %. Na výsledném množství se projeví klimatické podmínky, orientace svahu, množství srážek, teplota a druh dřeviny.

K získání hodnoty C_1 bylo třeba půdní vzorek vložit na dalších 30 minut do pece, která byla vyhřátá na 100 °C. Tato hodnota nám udává procentuální zastoupení primární půdní organické hmoty ve vzorku. I zde byl zjištěn největší obsah zoxidovaného organického uhlíku u vzorku jehličnaté sondy, a to nejvíce zastoupený v horizontu A_{he} (6–10 cm) s hodnotou 32,15 %. Nejnižší obsah zoxidovaného organického uhlíku byl opět u listnaté sondy a v horizontu C_g (78–100 cm). Rozpětí hodnot obou sond byl od 0,19 do 32,15 %.

Tabulka č. 9 - C_{OX} v % stanovený při oxidaci 0,4 mol/l $M K_2Cr_2O_7$ v 12 M H_2SO_4 při 60 °C za dobu 10, 20, 30 a 45 minut a C_{OX} (C_1), který byl stanoven po oxidování po dobu dalších 30 minut při teplotě 100 °C. Hodnoty v tabulce jsou uvedeny jako medián.

Jehličnatá sonda					
Horizont (cm)	C_{OX1} - 10 min	C_{OX2} - 20 min	C_{OX3} - 30 min	C_{OX4} - 45 min	C_1 - 75 min
A _{he} (6-10)	13,93	17,29	19,90	20,64	32,15
E _p (11-19)	0,67	0,83	1,05	1,13	1,74
B _{Sg} (20-38)	1,12	1,45	1,69	0,89	2,84
B _{Cg} (38-55)	0,65	0,79	1,00	1,15	1,91
Listnatá sonda					
Horizont (cm)	C_{OX1} - 10 min	C_{OX2} - 20 min	C_{OX3} - 30 min	C_{OX4} - 45 min	C_1 - 75 min
A _{he} (3-9)	3,02	3,79	4,21	4,45	6,60
E _p (9-20)	2,55	3,16	3,52	3,92	5,30
B _{Sg} (20-50)	0,93	1,22	1,55	1,63	2,61
D _g (50-78)	1,30	1,70	1,99	2,24	3,73
C _g (78-100)	0,19	0,28	0,32	0,38	0,75

Obsah celkového organického uhlíku (viz. tabulka č. 10) byl vyšší u jehličnaté sondy. Nejvíce ho obsahoval horizont A_{he} (6–10 cm) a naopak nejméně ho obsahoval horizont C_g (78–100 cm) u listnaté sondy. Z výsledků v tabulce vyplývá, že největší obsah humusu se nacházel opět u jehličnaté sondy v horizontu A_{he} a nejvyšší stupeň humifikace byl u listnaté sondy v horizontu E_p (9–20 cm). Nejmenší hodnoty obsahu humusu vykazovala listnatá sonda v horizontu C_g (78–100 cm) a nejnižší stupeň humifikace vykazovala jehličnatá sonda v horizontu E_p (11–19 cm). Při porovnání zjištěných údajů o celkovém organickém uhlíku jehličnaté sondy s tab. č. 11 vyjde, že obsah celkového organického uhlíku byl ve všech horizontech vysoký, u listnaté sondy je v horizontu C_g velmi nízký, u horizontu D_g a B_{Sg} střední a u horizontu E_p a A_{he} vysoký.

Tabulka č. 10: Obsah celkového organického uhlíku (TOC), obsah humusu a stupeň humifikace S_H

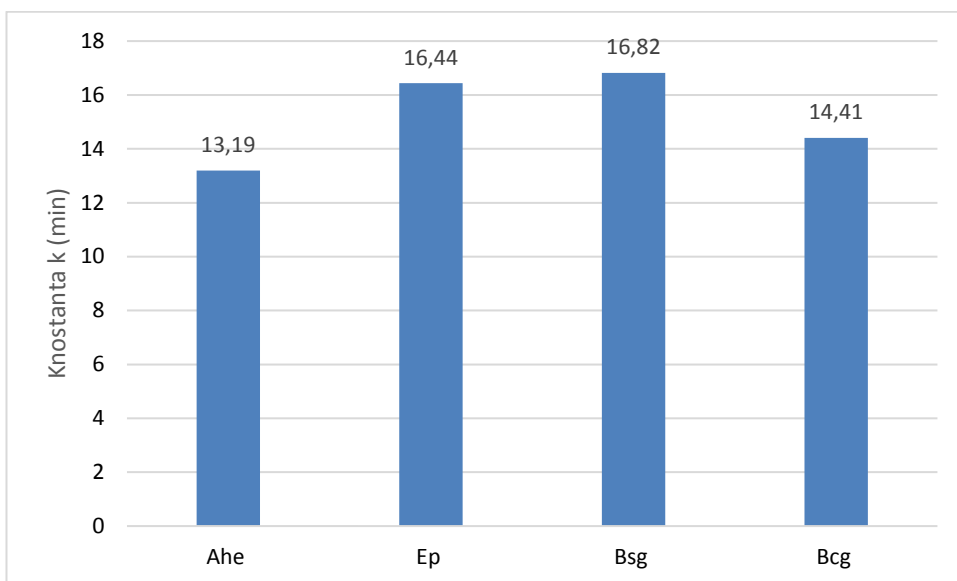
Jehličnatá sonda			
	TOC (%)	obsah humusu (%)	stupeň humifikace S_H (%)
Ahe (6-10)	39,71	7,56	19,03
Ep (11-19)	3,27	0,11	6,07
Bsg (20-38)	2,08	0,43	13,03
Bcg (38-55)	7,01	0,17	8,26
Listnatá sonda			
	TOC (%)	obsah humusu (%)	stupeň humifikace S_H (%)
Ahe (3-9)	7,06	0,46	6,56
Ep (9-20)	7,01	1,71	24,35
Bsg (20-50)	2,87	0,26	9,18
Dg (50-78)	4,18	0,45	10,73
Cg (78-100)	0,83	0,07	9,06

Tabulka č. 11: Hodnocení celkového obsahu organického uhlíku (TOC) podle EU (Zaujec a kol., 2009)

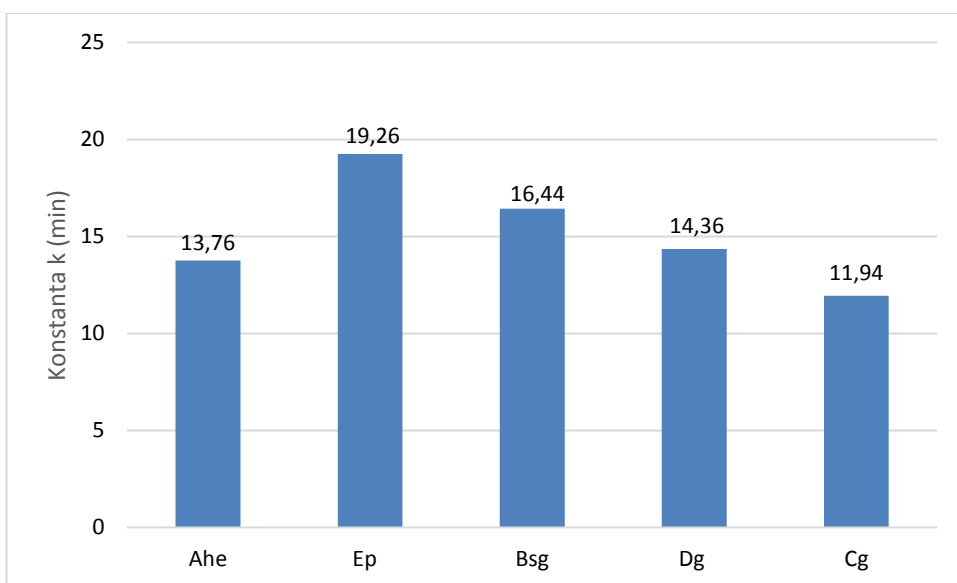
Hodnocení	TOC (%)
Velmi nízký	<1,0
Nízký	1,1 - 2,0
Střední	2,0 - 6,0
Vysoký	>6,0

Kvalitu primární půdní organické hmoty můžeme určit dle hodnoty rychlostní konstanty k její oxidace, kterou můžeme zjistit po stanovení reakční kinetiky oxidace půdního organického uhlíku. Čím je hodnota konstanty vyšší, tím je frakce méně stabilní, snadněji rozložitelná a tedy kvalitnější. V grafu č. 1 a 2 můžeme vidět, že nejvyšší konstanta a tím pádem i nejkvalitnější primární půdní organická hmota se nachází v listnaté sondě v horizontu E_p a tím se nám potvrzuje tvrzení, že opad listnáčů je kvalitnější a během dekompozice se z něj uvolňuje více živin, ale zároveň můžeme vidět, že jednotlivé hodnoty se od sebe zásadně neliší.

Graf č. 1: Rychlostní konstanta primární půdní organické hmoty jehličnaté sondy



Graf č. 2: Rychlostní konstanta primární půdní organické hmoty listnaté sondy



Z grafu č. 3 můžeme pozorovat, že test není důležitý ($t = 0,153$; $p = 0,879$). Rozdíl mezi skupinami není statisticky významný.

Graf č. 3: Porovnání hodnot konstanty k v listnaté a jehličnaté sondě pomocí Welchova nezávislého t – testu shody průměrů na hladině významnosti 5 % oboustranně.

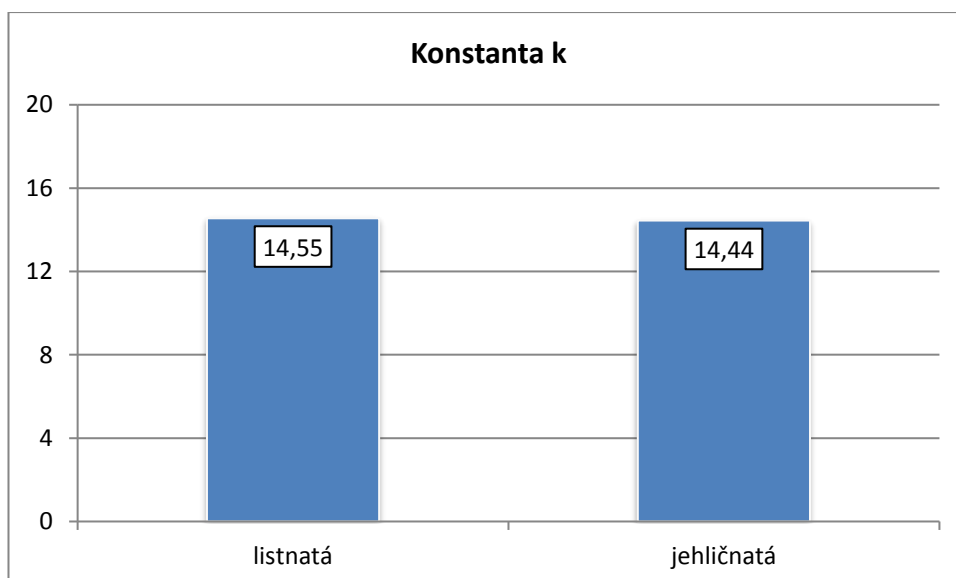
Porost	Průměr	Směrodatná odchylka	Počet
Listnatá sonda	14,55	2,98	24
Jehličnatá sonda	14,44	2,03	20

Test:

$$t = 0,153$$

$$df = 40,54$$

$$p = 0,879$$



6. Závěr

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části byly vysvětleny pojmy jako primární půdní organická hmota a humus. V části praktické bylo řešeno hodnocení kvality primární půdní organické hmoty prostřednictvím nové metody (Kopecký a kol., 2016), která používá stupeň degradability organické hmoty při oxidaci, vyjádřený rychlostní konstantou této oxidace. Dále byl sledován obsah humusu a vypočten stupeň humifikace půdní organické hmoty. Hodnoceny byly vzorky půd, které byly odebrány z jednotlivých půdních horizontů v listnatém a jehličnatém lesním porostu.

Organický uhlík v lesních půdách byl výrazně stratifikován. Míra rozvrstvení může být výrazně ovlivněna dřevinnou skladbou. Druhové složení dřevin ovlivňuje množství půdního uhlíku, má důležitý vliv na chemismus půd a druh opadu ovlivňuje vznik a vývoj humusové formy a půdní vlastnosti (např. aciditu). Organický uhlík se hromadí ve svrchních organominerálních horizontech a v horizontech nadložního humusu ve formě opadanky v různých stádiích rozkladu. Obsah Cox je v lesních půdách výrazně vyšší ve svrchních horizontech než v horizontech podložních.

Při měření obsahu celkového organického uhlíku (C_2), výpočtu stupně humifikace a obsahu humusu v půdě se jeví hloubka odběru vzorků jako klíčová. Pokud je hodnocena svrchní část půdního profilu (do 20 cm hloubky), je zjevné, že větší množství půdního uhlíku se nachází pod jehličnatým porostem. Obsah organického uhlíku klesá s hloubkou půdního profilu.

Závěrem můžeme shrnout nejdůležitější výsledky, které korespondují se stanovenými hypotézami. Listnatý opad je z hlediska schopnosti uvolňovat živiny kvalitnější. Nejlabilnější primární půdní organická hmota se nachází v listnaté sondě v horizontu E_p . Jehličnatý opad se oproti tomu rozkládá pomaleji.

Obsah organického uhlíku v lesních půdách má větší interval hodnot a stratifikaci než v zemědělských půdách. Rozpětí hodnot je od 0,19 do 32,15 %. Obsah půdního oxidovatelného uhlíku je v lesních půdách výrazně vyšší ve svrchních horizontech než v horizontech podložních.

7. Použitá literatura

- Bičík, I. (2009). Půda v České republice. Editor Ivo Hauptman, Zdeněk Kukul, Karel Pošmourný. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal *Consult*, s. 255. ISBN 80–903482–4–6.
- Billett, M. F., Parker – Jervis, F., Fitzpatrick, E. A. & Cresser, M. S. (1990). Forest soil chemical changes between 1949/50 and 1987. *Journal of Soil Science*. 41, pages 133–145. DOI: 10.1111/j.1365–2389.1990.tb00051.x.
- Blair, G., Lefroy, R. & Lise, L. (1995). Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, research 46(7), pages 1459–1466. DOI: 10.1071/AR9951459.
- Blake, L., Gouldin, K. W. T., Mott, C. J. B. & Johnston, A. E. (1999). Changes in soil chemistry accompanying acidification over more than 100 years under woodland and grass at Rothamsted Experimental Station, UK, *European Journal of Soil Science*, volume 50, pages 401–412. DOI: 10.1046/j.1365–2389.1999.00253.x
- Brady, N. C. & Weil, R. R. (2002). The nature and properties of soil, 13th edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, pages 960.
- Drozd, J., Gonet, S. S., Senesi, N. & Weber, J., (Eds.) (1996). The role of humic substances in the ecosystems and in environmental protection: proceedings of the 8th Meeting of the International Humic Substances Society, September 9–14, *Polish Society of Humic Substances, Polish Chapter of the International Humic Substances Society, 1997*, Wroclaw, Poland, pages 1002. ISBN: 8390640325, 9788390640327.
- Dvorský, J. (2012). Základní ekosystémy a jejich aplikace v praxi. Náměšť nad Oslavou: ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, ISBN 978-80-87226-14–8.

Ekschmitt, K., Liu, M., Vetter, S., Fox, O. & Wolters, V. (2005, September). Strategies used by soil biota to overcome soil organic matter stability — why is dead organic matter left over in the soil? [online], *Geoderma*, volume 128, issues 1-2, pages 167–176 [cit. 2018-01-01]. DOI: 10.1016/j.geoderma.2004.12.024. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016706104003325>>.

Emadodin I., Reiss S. & Bork H.R. (2009, Juli). A study of the relationship between land management and soil aggregate stability, [online], *ARPJN Journal of agricultural and biological science*, vol. 4, no. 4, pages 48–53. Dostupné z: <http://www.arpnjournals.com/jabs/research_papers/rp_2009/jabs_0709_143.pdf>.

FAO. (2015, May). Forests and forest soils: an essential contribution to agricultural production and global food security. Citováno 10. 4. 2018. Dostupné z: <<http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/en/c/285569/>>.

Foth, H. D. (1990). Fundamentals of soil science. 8th edition, *New York: Wiley*, pages 384. ISBN: 98–0–471–52279–9.

Fox, O., Vetter, S., Ekschmitt, K. & Wolters, V. (2006, June). Soil fauna modifies the recalcitrance-persistence relationship of soil carbon pools. [online]. *Soil Biology and Biochemistry*, volume 38, issue 6, pages 1353–1363. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0038071705004001>>.

Franzluebbers A. J. (2002). Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. [online]. *Soil and Tillage Research*, 66: pages 197–205. DOI: 10.1016/j.soilbio.2005.10.014. Dostupné z: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.546.1276&rep=rep1&type=pdf>>.

Ghani, A., Dexter, M. & Perrott, K. W. (2003, September). Hot-water extractable carbon in soils; a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. *Soil Biology & Biochemistry*. 35: pages 1231–1243. Dostupné z: <<file:///C:/Users/Admin/Downloads/Ghanietal2003HWC.pdf>>.

Ghee, C., Neilson, R., Hallett, P. D., Robinson, D. & Paterson, E. (2013, November). Priming of soil organic matter mineralisation is intrinsically insensitive to temperature. [online]. *Soil Biology and Biochemistry*, volume 66, pages 20–28. DOI: 10.1016/j.soilbio.2013.06.020. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0038071713002307>>.

Haynes, R. J. (2005). Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils. *Advances in Agronomy*, volume 85, pages 221–268. ISBN: 0–12–000783–5. Dostupné z: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211304850053?via%3DiHub>>.

Hlaváček, J. (2016, listopad). Management lesních ekosystémů. *background report, XXII, OSN, UNEA, 03*, Pražský studentský summit. Dostupné z: <https://www.amo.cz/wp-content/uploads/2016/11/UNEA_lesy_final.pdf>.

Horáček J., Ledvina R., Stach J. & et al. (1999): Posouzení fyzikálních vlastností půd při klasické a bezorebné technologii pěstování brambor. *Zemědělská technika*, 45 (3): s. 81–87.

Hraško, J. (1991). Morfogenetický klasifikační systém půd ČSFR. *VÚPÚ Bratislava*, s. 106.

Jandák, J., Prax, A. & Pokorný, E. (2010). Půdoznalství, vydání 3., přepracované. *Mendelova univerzita v Brně*. ISBN: 978–80–7375–445–7.

Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D., W., Minkinen, K. & Byrne, K. A. (2007). How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*. DOI: 10.1016/j.geoderma.2006.09.003, volume 137, issues 3–4, pages 253–268. Dostupné z: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.513.8816&rep=rep1&type=pdf>>.

Kahuda, V. (2016). Primární organická hmota a humus a jejich biodegradabilita. *Jihočeská univerzita, bakalářská práce*. Dostupné z: <https://theses.cz/id/2k4tw5/Bakal_sk_prce_Vclav_Kahuda_2016.pdf>.

Klimo, E. (1982). Koloběh elementů v lesních ekosystémech. Nauka o lesním prostředí. *Brno*, 41–06–9.

Kögel-Knabcher I. (2002). The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. *Soil biology and biochemistry*, Elsevier, volume 34, issue 2, pages 139–162. Dostupné z: <http://www.geo.uzh.ch/~mschmidt/angew_bodenkunde/downloads/K-K_SBB34_139.pdf>.

Kolář, L., Kužel, S., Horáček, J., Čechová, V., Borová-Batt, J. & Peterka, J. (2009). Labile fractions of soil organic matter, their quantity and quality. Agricultural Faculty, University of South Bohemia in České Budějovice, Czech Republic, *Plant soil and environment*. 55(6), pages 245–251. Dostupné z: <<https://pdfs.semanticscholar.org/77e2/0b6f0cc25c8bb84ea2c7d52c781f91363533.pdf>>.

Kolář, L., Moudrý, J. & Kopecký, M. (2014). Humus. Náměšť nad Oslavou: ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, o. s., ISBN: 978-80-87226-34-6.

Kubát, J., Cerhanová, D., Mikanová, O. & Šimon, T. (2008).

Kužel, S., Kolář, L., Ledvina, J., Povilaitis, A. (2001). Soil organic matter and humic substance – why to differentiate these terms in university education, In: Zaujec, A., Bielek, P., Gonet, S. S., sborník příspěvků ze 4. mezinárodní konference humic substances in ecosystems, Račková dolina 10. – 14.6. 2001, Slovensko, s. 75–78.

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, volume 123, issues 1–2, pages 1–22. DOI: 10.1016/j.geoderma.2004.01.032. Dostupné z: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706104000266>>.

Ledvina, R., Horáček, J. & Šindelářová, M. (2000). Geologie a půdoznalství: Interní studijní text pro 1. ročníky oborů "Všeobecné zemědělství" a "Pozemkové úpravy a převody nemovitostí". *Skriptum Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích*, s. 203.

Lesnická typologie. (2018, únor). Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. Citováno 1. 2. 2018. Dostupné z: <<http://www.uhul.cz/nase-cinnost/lesnicka-typologie>>.

Lhotský, J. (2006). Hodnocení škodlivého zhutnění půdy. *Farmář*, č. 8, *Profi Press*,

Lhotský, J. (2006). Minimum z pedologie 1. *Farmář*, č. 1, *Profi Press*, Praha, s. 74.

Lhotský, J. (2006). Minimum z pedologie 2. *Farmář*, č. 2, *Profi Press*, Praha, s. 84–85.

Li feng-Bo, Luguang-De, Zhouxi-Yue, Nihui-Xiang, Xuchun-Chun, Yuechao, Yangxiu-Mei, Fengjin-Fei & Fangfu-Ping (2015). Elevation and land use types have significant impacts on spatial variability of soil organic matter content in hani terraced field of Yuanyang county. China, *Rice science*, volume 22, issue 1, pages 27–34. DOI: 10.1016/j.rsci.2015.05.005. Dostupné z: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1672630815000062>>.

Mackenzie, Derek, M. (2007). Forest, range and wildland soils: Land use, land cover and soil sciences. *Encyclopedia of Life Support Systems. UNESCO Publications*. Dostupné z: <<http://www.eolss.net/sample-Chapters/C19/E1-05-07-11.pdf>>.

Magdoff F. & Van Es H. (2000). Building Soils for Better Crops. *Sustainable Agriculture Network handbook series*, Book 4, 2nd edition. Beltsville, Maryland, USA, SAN, page 240. Dostupné z: <<https://www.lienvirothon.org/pdf/Soils/030218bettersoils.pdf>>.

Mathieu, C. & Lozet, J. (2011). Dictionnaire encyclopédique de science du sol: avec index anglais – français. *Lavoisier*, page 733.

Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty v orných půdách. Metodika pro praxi, *Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.*, Praha – Ruzyně, ISBN: 978–80–87011–65–2.

Mikrobní ekologie. (2018). Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem. Citováno 2. 3. 2018. Dostupné z: <fzp.ujep.cz/~trogl/1MIKR8Ekologie.ppt>.

Nauka o lesním prostředí. (2018). Citováno 10. 4. 2018. Dostupné z: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:jHiCP1YiWjMJ:www.clarutnov.cz/index.php/en/skola/dokumenty/category/25-nauka-o-lesnim-prostredi%3Fdownload%3D176:nlp-formy-nadlozniho-humusu+%&cd=4&hl=cs&ct=clnk&gl=cz>>.

Němeček, J. (2001). Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha: *Česká zemědělská univerzita*, ISBN: 80–238–8061–6.

Němeček, J., Smolíková, L. & Kutílek, M. (1990). Pedologie a paleopedologie. Celostátní vysokoškolská příručka pro stud. přírodověd. fak., skupiny stud. oborů geologické vědy. Praha: *Academia*, ISBN: 80–200–0153–0.

Nováková, B. (1984). Půdní humus a možnost regulace jeho přeměn, s. 10.

Odpadové hospodářství. (2018, duben). Praktika z výživy, odpady ze zemědělství a lesnictví. Citováno 10. 4. 2018. Dostupné z: <http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=4416&typ=html>.

Orlov, D. (1985). *Chimija počv (Soil Chemistry)*. Moskva: *Izd. MGU*.

Pelišek, J. (1961). Atlas hlavních půdních typů ČSSR. Praha: *Státní zemědělské nakladatelství*, Lesnická knihovna (Státní zemědělské nakladatelství).

Pelišek, J. (1964). *Lesnické půdoznalství. 2., přepracované a doplněné vydání* Praha: *SZN*, Lesnická knihovna.

Peterka, J. (2012). Význam organické hmoty pro půdní úrodnost (habilitační přednáška, *Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích*, Zemědělská fakulta – katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií).

Pisani, O., Hills, K. M., Courtier-Murias, D., Simpson, A. J., Mellor, N. J., Paul, E. A., Morris, S. J. & Simpson, M. J. (2013). Molecular level analysis of long term vegetative shifts and relationships to soil organic matter composition. *Organic Geochemistry*, volume. 62, pages 7–16. DOI: 0.1016/j.orggeochem.2013.06.010. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0146638013001393>>.

PLÍVA K. (1987). Typologický klasifikační systém ÚHÚL, *ÚHÚL Brandýs n. L.* s. 52.

Poděbinskij, A. & Krečmer, V. (1984). Funkce lesů v ochraně vod a půdy. Praha: *Státní zemědělské nakladatelství*, Lesnictví, myslivost a vodní hospodářství.

Podrázský, V. & Remeš, J. (2006). Půdotvorná role význačných introdukovaných jehličnatých dřevin – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. In Neuhöferová, P. (ed.). Douglaska a jedle obrovská – opomíjení giganti. Sborník recenzovaných referátů, Kostelec nad Černými lesy, *ČZU Praha*, s. 43–49, ISBN: 80–213–1532–6.

Podrázský, V. & Remeš, J. (2008). Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky, *FLD ČZU Praha*, zprávy lesnického výzkumu, svazek 53, číslo 1/2008. Dostupný z: <<http://www.vulhm.cz/sites/File/ZLV/fulltext/174.pdf>>.

Podrázský, V. (2001). Humusové formy a jejich význam v lesních ekosystémech. *LF ČZU v Praze*, skripta.

Pokorný, E., Šarapatka, B. & Hejátková, K. (2007). Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku: metodická pomůcka. Náměšť nad Oslavou: *ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura*. ISBN: 80–903548–5–8.

Poleno, Z. (2007). Pěstování lesů II. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, s. 463.

Poleno, Z., Vacek, S. (2011). Pěstování lesů. 2., upravené a doplněné vydání, *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy. ISBN: 978–80–87154–99–1. Praha, s. 22–23.

Prát, S. (1964). Humus a jeho význam. Praha: *Nakladatelství Československé akademie věd*, s. 15–16.

Půdní oxidovatelný uhlík (Cox). (2018). Citováno 10. 2. 2018. Dostupné z: <http://gislib.upol.cz/moseso/file/karta_cox.pdf>.

Reicosky, D.C. (2001). Conservation agriculture: Global environmental benefits of soil carbon management. In: Garcia – Torres, L., Benites, J., Martinezvilela, A. (eds.): *Conservation agriculture, a worldwide challenge: Keynote contributions*. Madrid, Spain, XUL, pages 3–12.

Rejšek, K. (1996). Studium humusových látek – tradiční a současné přístupy, In Kalousková N. a Novák F.(ed.), *Metody studia půdní organické hmoty, ÚPB AV ČR Č. Budějovice*, 21. – 22. 2. 1960, s. 80–86.

Robert, M. & et al. (2004). Task group 1 on functions, roles and changes in soli organic matter, *Final report*.

Římovský K. (1994). Organické hnojení a úrodnost půdy. *Úroda*, 8: s. 8–9.

Sánka, M. & Materna, J. (2004). Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. Praha-*Ministerstvo životního prostředí*, Planeta (MŽp), s. 84.

Schimel, D. S. (1995). Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. *Global chance biology*, 1, pages 77–91.

Schmidt, M. W. I., Torn, M. S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I. A., Kleber, M., Kögelknabner, I., Lehmann, J., Manning, D. A. C., Nannipieri, P., Rasse, D. P., Weiner, R. S. & Trumbore, S. (2011, October). Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478, pages 49–56. DOI: 10.1038/nature10386. Dostupné z: <<http://www.nature.com/doifinder/10.1038/nature10386>>.

Situační a výhledová zpráva půda. (2015). Ministerstvo Zemědělství. Citováno 10. 3. 2018. Dostupné z: <http://www.apic-ak.cz/data_ak/16/v/PudaSVZ2015.pdf>.

Soil organic matter. (2008). Agronomy fact sheet series. fact sheet 41: Cornell University cooperative. Citováno 2. 4. 2018. Dostupné z: <<http://nmsp.cals.cornell.edu/publications/factsheets/factsheet41.pdf>>.

Sotáková, S. (1982). Organická hmota a úrodnost' půdy. Bratislava: *Príroda, vydavateľstvo kníh a časopisov*, 1. vydání, s. 234, ISBN: 64–115–82.

Sparks, D. L. (2003). Environmental Soil Chemistry. 2nd ed. Burlington: *Elsevier*, ISBN: 9780080494807.

Spence, A., Simpson, A. J., McNally, D. J., Moran, B. W., Mccaul, M. V., Hart, Paull, K.B. & Kelleher, B. P. (2011). The degradation characteristics of microbial biomass in soil. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, volume 75, issue 10, pages 2571–2581. DOI: 10.1016/j.gca.2011.03.012. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016703711001566>>.

Stewart, B. A. (1992). Advances in soil science, *Springer – Verlag New York*, volume 20, IX, pages 314, ISBN: 978–1–4612–7724–8. DOI: 10.1007/978–1–4612–2930–8. Dostupný z: <<http://www.springer.com/gp/book/9781461277248>>.

Šály, R. (1978). Pôda – základ lesnej produkcie, Bratislava, *Príroda*, s. 235.

Šarapatka, B., Dlapa, P. & Bedrna, Z. (2002). Kvalita a degradace půdy. Olomouc: *Univerzita Palackého*, ISBN: 80–244–0584–9.

Šarman, J. (1990). Dekompoziční procesy a mikroorganismy v lesních půdách ovlivněných antropickou zátěží a činností, závěrečná zpráva výzkumného úkolu, VÚ–VI–4–3/02–02d, *VŠZ Brno*, s. 66.

Šimek M. (2003). Základy nauky o půdě: 3. Biologické procesy a cykly prvků. České Budějovice, *Jihočeská univerzita*, Biologická fakulta, s. 151, ISBN: 80–7040–630–5.

Šimek, M. (2005). Základy nauky o půdě. 1. Neživé složky půdy. 2. upravené a rozšířené vyd. České Budějovice: *Biologická fakulta JU*, České Budějovice, s. 160, ISBN: 80–7040–747–6.

Šnobl, J., Pulkrábek, J. & a kol. (2005). Základy rostlinné produkce. *Skriptum České zemědělské univerzity v Praze*, s. 172.

Tian, G., Brussaard, L., Kang, B. T. & Swift, M. J. (1997). Soil faunamediated decomposition of plant residues under constrained environmental and residue quality conditions, pages 125–134. In: CADISCH, G., GILLER, K.E. (eds.): Driven by nature: Plant litter quality and decomposition. CAB International, Wallingford.

Tomášek, M. (1995). Atlas půd České republiky, 1. vydání Praha: *Český geologický ústav*, s. 36, s. 42. ISBN: 80–7075–198–3.

Tomášek, M. (2000). Půdy České republiky. 2. dopl. vyd. Praha: *Český geologický ústav*, ISBN: 80–7075–403–6.

Tomášek, M. (2007). Půdy České republiky, 4. vydání Praha: *Česká geologická služba*, ISBN: 978–80–7075–688–1.

Typologický klasifikační systém UHÚL. (2018). Ing. Karel Plíva, Brandýs nad Labem (1987), Citováno 1. 4. 2018. Dostupné z: <http://www.uhul.cz/images/typologie/Typologicky_klasifikacni_system_UHUL_Pli_va_1987.pdf>.

Udržitelné zemědělství a ochrana půdy. (2009). Procesy degradace půdy. Citováno 3. 4. 2018. Dostupné z: <<http://agrilife.jrc.ec.europa.eu/documents/CZFactSheet-03.pdf>>.

UHÚL. (2018). Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. Citováno 10. 2. 2018. Dostupné z: <www.uhul.cz>.

Valla M., Kozák J. & Drbal J. (1980). Cvičení z půdoznaectví – II. Praha, *Vysoká škola zemědělská*, s. 72-74.

Vašek, Z. (2001). Vývoj základních systémů exploatace krajiny. Dostupné z: <<http://www.akademon.cz/source/epl.htm#l>>.

Vavříček, D. & Kučera, A. (2015). Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně. Ústav geologie a pedologie, *Mendlova univerzita v Brně*. Dostupné z: <https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady_lesnicke_pedologie.pdf>.

Vavříček, D. & Šimková, P. (2000). Půdní prostředí přirozených smrčín 8. LVS Krkonoš, *Opera Corcontica*, 37, s. 156–165.

Vetter, S., Fox, O., Ekschmitt, K. & Wolters, V. (2004). Limitations of faunal effects on soil carbon flow: density dependence, biotic regulation and mutual inhibition. *Soil Biology and Biochemistry*, volume 36, issue 3, pages 387–397. DOI: 10.1016/j.soilbio.2003.10.012. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0038071703003390>>.

Viewegh, J. (1995). Klasifikace rostlinných společenstev (se zaměřením na lesní společenstva), *Česká zemědělská univerzita v Praze – Lesnická fakulta*.

Vokoun a kol. (2002). Taxonomický klasifikační systém půd ČR (Jan Němeček a kol.) v lesnické praxi. Příručka pro průzkum lesních půd. *Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem*. Dostupné z: <http://ldf.mendelu.cz/ugp/wp-content/ugp-files/attachment/prirucka_pro_puzkum_lesnich_pud.pdf>.

Vopravil, J. & a kol. (2009-2011). Půda a její hodnocení v ČR. 1. vyd. Praha: *Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy*, 2 sv. ISBN: 978–80–87361–02–3.

Vráblíková, J. & Vráblík, P. (2006). Základy pedologie. *Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem*, Fakulta životního prostředí. ISBN: 80-7044-805-9.

Vrba, V. & Huleš, L. (2007). Humus – půda – rostlina. *Humus a půda*. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda>>.

Využití stromové zeleně. (2018). Přidružená lesní výroba. Citováno 10. 4. 2018. Dostupné z: <https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/inovace/Pridruzena_lesni_vyroba/Stromova_zelen_Inobio.pdf>.

Význam půdních mikroorganismů pro produkční a mimoprodukční funkce půdy. (2018). Infiltrace, akumulace a retence vody. Citováno 10. 4. 2018. Dostupné z: <http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=4008&typ=html>.

Wegscheider, Z. (2006). Přesel na půdoochranné technologie. *Časopis Mechanizace zemědělství*. Dostupné z: <<http://mechanizaceweb.cz/presel-na-pudoochranne-technologie/>>.

Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích.

Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů.

Zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

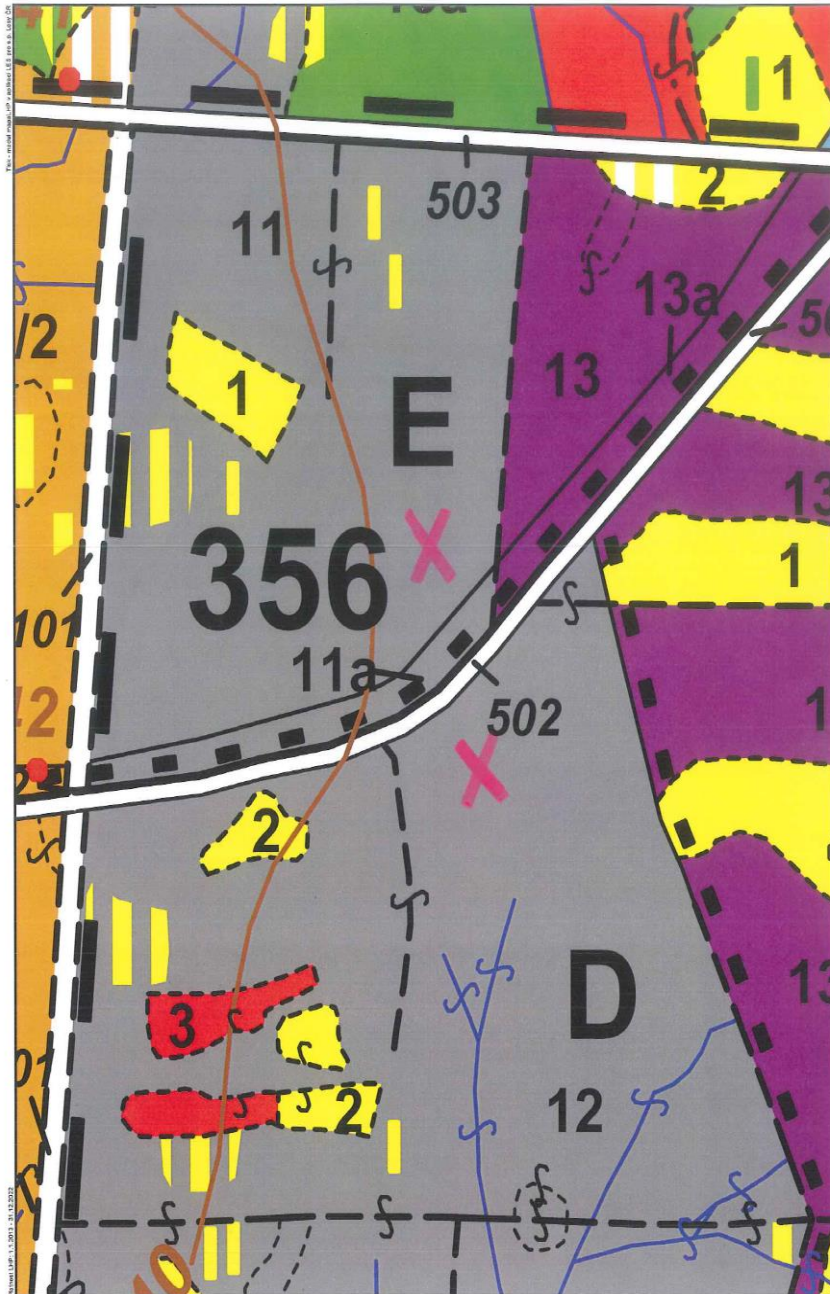
Zaujec A., Chlpik J., Nádášský J., Szombathová N. & Tobiašová E., (2009). *Pedologia a základy geologie*. Nitra, *SPU*, s. 399.

Zlatník A. (1956). Nástin lesnické typologie na biogeocenologickém základě a rozlišení československých lesů podle skupin lesních typů. *Pěstění lesů III. Státní zemědělské nakladatelství Praha*. s. 317–401.

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky. (2016). Praha: Ministerstvo zemědělství. Citováno 10. 2. 2018. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/567452/Zprava_o_stavu_lesa_2016.pdf>.

8. Přílohy

Obr. č. 1: Porostní mapa (místa výkopu sond)



LS Třeboň - Hodějov
LHC TŘEBOŇ

1 : 2 000 Přehledová mapa

LESYČR P

Obr. č. 2: Profil půdní sondy



Tab. č. 4: Výpočet rychlostní konstanty primární půdní organické hmoty a grafické znázornění průběhu oxidace primární půdní organické hmoty

1. Stanovení faktoru f				C _{ox} (skalár)			
Spotřeba Mohra (ml) = a	20,1						
Faktor Mohra	0,995024876						
b	20						
2. Výpočet C _{ox}							
	Spotřeba Mohra (ml)	Skutečná navážka (g)	C _{ox1, 2, 3, 4}				
1	22,4	0,2	3,01492537				
2	16,5	0,2	3,89552239				
3	15,1	0,2	4,10447761			7,27	
3S	42,6					6,83	
4	12,5	0,2	4,49253731			7,08	
4S	42,6						
S (C ₂) - veškerá POPH	31,5	0,05	6,62686567				
5S	42,6						
3. Příprava pro výpočet k							
			log				
C ₂ - C _{ox1}	3,611940299		0,55774056				
C ₂ - C _{ox2}	2,731343284		0,43637629				
C ₂ - C _{ox3}	2,52238806		0,4018119				
C ₂ - C _{ox4}	2,134328358		0,32926123				
Konstanta k							
Obsah humusu (%)	0,433134328						
Stupeň humifikace S _H (%)	6,1	Číslo vzorku	Čas (min)	log	Protnutí	tg α	konst. k
		1	10	0,557741	x	-96,4244	0,006146
		2	20	0,436376	y	0,592632	14,15425
		3	30	0,401812			Úhel [°]
		4	45	0,329261	Směrnice	-0,00615	0,35214

