

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2016

Bc. RENÁTA RAŠKOVÁ

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra pedologie a ochrany půd

**Porovnání zásoby organického uhlíku v půdách
s různým způsobem využití**
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Luboš Borůvka

Diplomant: Bc. Renáta Rašková

2016

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. Dr. Ing. Luboše Borůvky, a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne:

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu mé diplomové práce prof. Dr. Ing. Luboši Borůvkovi a Ing. Antonínu Nikodemovi, Ph. D., za jejich ochotu, trpělivost a cenné rady při metodickém vedení práce.

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce bylo zjistit a porovnat zásoby organického uhlíku na vybraných lokalitách.

Byly vybrány tři lokality v okrese Vyškov, z nichž každá obsahovala čtyři typy využití půdy: lesní porost, ornou půdu, trvalý travní porost a půdu městskou. Z těchto půd byly odebrány vždy čtyři vzorky, které od sebe byly vzdáleny 10 m. Vzorky byly odebrány pomocí půdního vrtáku z hloubky 0 až 40 cm v měsíci listopad 2015. Odebraný půdní materiál byl následně vysušen a zpracován do požadované jemnozeme. Dále probíhalo stanovení obsahu humusu modifikovanou Tjurinovou metodou. Z těchto výsledků byl vypočítán obsah a zásoba organického uhlíku na jednotlivých lokalitách a typech využití půd. Následně byly tyto výsledky porovnávány mezi sebou.

Přínos mojí práce spočívá zejména v potvrzení či vyvrácení hypotéz – *„Zásoba uhlíku v půdách pod lesním porostem je vyšší než v půdách se zemědělským využitím. Zásoba uhlíku v zemědělských půdách je vyšší než v městských půdách.“*, čímž poskytnu další informace v této oblasti.

Obsah půdního organického uhlíku byl v lesní půdě největší, avšak u zásoby tomu tak nebylo. Z těchto výsledků tedy vyplývá, že vedle způsobu využití půdy má na zásobu uhlíku v půdě rozhodně vliv také způsob hospodaření.

Klíčová slova: půdní organický uhlík, organická hmota, zásoba uhlíku, využití půdy

ABSTRACT

The aim of this thesis was to determine and compare the carbon stocks in selected locations.

Three localities were selected in Vyškov region. In each locality four types of soil according to their use were examined - forest, arable land, grass land and urban soil. From each type of soil four samples were taken which were located 10 meters from each other. Samples were taken by soil auger from 0 to 40 cm depth in November 2015. All samples were dried, ground and sieved. Consequently humus content was determined in samples by the Tyurin method. From these results content and stocks of organic carbon were calculated in each locality and each type of land use and all results were compared with each other.

Contribution of this thesis was to confirm or disprove hypothesis: „*The stock of carbon in forest soil is higher than in arable land. The stock of carbon in arable land is higher than in urban soils.*“ and to provide helpful information on Vyškov region.

The highest content of SOC was in forest soils and the highest stock of organic carbon was in arable land. Results show that the stock of carbon in soil is affected by land use and also by the way of management.

Key words: soil organic carbon, organic matter, carbon stocks, land use

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	CÍLE A HYPOTÉZY PRÁCE	9
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	10
3.1	Půda.....	10
3.1.1	Vznik půdy (pedogeneze).....	11
3.1.2	Složení půdy	13
3.1.3	Funkce půdy.....	14
3.1.4	Využití půdy	14
3.1.5	Degradace půdy	15
3.1.6	Ochrana půdy.....	16
3.2	Půdní organická hmota (SOM).....	18
3.2.1	Zdroje půdní organické hmoty.....	19
3.2.2	Složení půdní organické hmoty	20
3.2.3	Přeměny půdní organické hmoty	20
3.2.4	Humifikace a humus.....	21
3.2.5	Půdní organický uhlík (SOC)	22
3.2.6	Význam organického uhlíku.....	23
3.2.7	Formy půdního uhlíku.....	23
3.2.8	Koloběh uhlíku.....	24
3.2.9	Ztráty půdní organické hmoty.....	26
3.2.10	Důsledky ztrát půdní organické hmoty	28
3.2.11	Podpora množství půdního organického uhlíku	29
4	MATERIÁL A METODIKA	31
4.1	Charakteristika okresu Vyškov	31
4.2	Charakteristika odběrových míst	33
4.3	Metodika odběru půdních vzorků	35
4.4	Zpracování půdních vzorků	35
4.5	Stanovení obsahu humusu modifikovanou Tjurinovou metodou	35
4.6	Výpočet obsahu organického uhlíku v profilu.....	37
4.7	Výpočet celkové zásoby organického uhlíku v profilu (Cpool)	37
4.8	Výsledné zpracování dat.....	37

5	VÝSLEDKY	39
5.1	Vyhodnocení obsahu organického uhlíku	39
5.1.1	Lokalita Vyškov	39
5.1.2	Lokalita Dědice	40
5.1.3	Lokalita Drnovice	41
5.1.4	Porovnání obsahu SOC jednotlivých lokalit	42
5.2	Vyhodnocení celkové zásoby organického uhlíku.....	44
5.2.1	Lokalita Vyškov.....	44
5.2.2	Lokalita Dědice.....	45
5.2.3	Lokalita Drnovice	46
5.2.4	Porovnání zásoby SOC jednotlivých lokalit.....	47
5.3	Vyhodnocení jednotlivých výsledků v návaznosti na druhy využití půdy	49
6	DISKUZE	50
7	ZÁVĚR	53
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	54
9	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	59

1 ÚVOD

Půda je nejvýznamnějším zadržovatelem uhlíku v suchozemských ekosystémech. Půdní organický uhlík je hlavní složka půdní organické hmoty a univerzální ukazatel půdní kvality (Barančíková a kol. 2012). Určení zásoby organického uhlíku v půdě je nezbytné pro výpočet budoucích klimatických scénářů a detekování potencionálních emisí (Wiesmeier a kol. 2012). Organický uhlík v půdě má velký význam také v globálním koloběhu uhlíku, je oporou pro strukturu půdy a zlepšuje její fyzikální vlastnosti umožňující kořenům pronikat do půdy (Yu a kol. 2007).

Díky těmto vlastnostem vědci z celého světa postupně zahájili mnoho studií týkajících se skladování půdního organického uhlíku. Vyplyvá z nich, že zásoba uhlíku v půdě závisí na mnoha faktorech, mimo jiné na způsobu využití půdy. Abychom byli schopni určit, do jaké míry zásoba uhlíku závisí právě na využití půdy, je potřeba většího počtu výzkumů v této oblasti. Bohužel těchto studií je nedostatek, proto bych ráda svými výsledky přispěla v tomto bádání.

Ve své diplomové práci jsem zjišťovala a porovnávala zásoby organického uhlíku na vybraných lokalitách a typech využití půdy.

Pro svůj výzkum jsem si vybrala své bydliště, tedy okres Vyškov.

2 CÍLE A HYPOTÉZY PRÁCE

Hypotézy:

Zásoba uhlíku v půdách pod lesním porostem je vyšší než v půdách se zemědělským využitím.

Zásoba uhlíku v zemědělských půdách je vyšší než v městských půdách.

Cíle:

Zjistit a porovnat na vybraném území zásoby organického uhlíku v půdách pod lesním porostem, v půdách zemědělských a v půdách ve městech.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Půda

Půda je nepostradatelný přírodní zdroj a základní výrobní prostředek zemědělství a lesnictví (Jůva a kol. 1975).

V zásadě jde o neobnovitelný zdroj, jehož degradace je velmi rychlá, naopak jeho tvorba či regenerace vyžaduje dlouhý čas (Kozák a Němeček 2009).

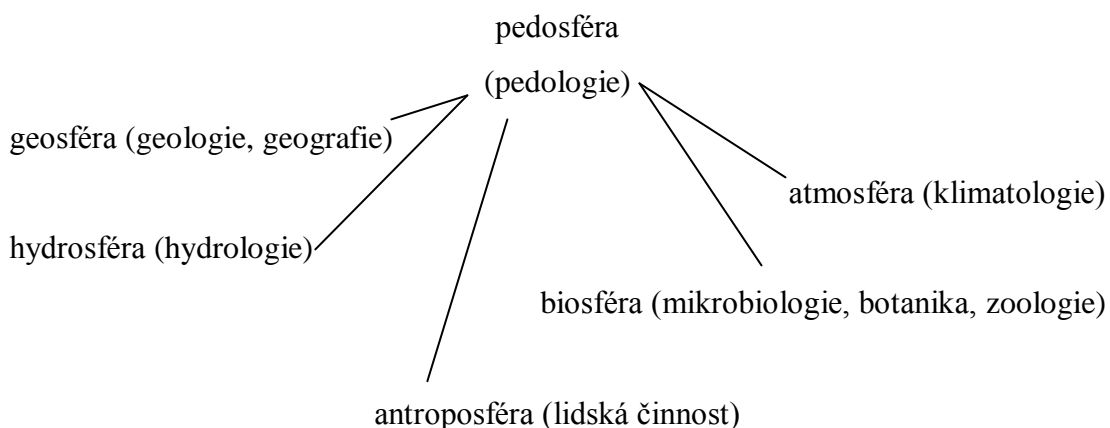
Aby lidé měli co jíst, potřebují úrodnou půdu. Úrodnost udává zejména množství a kvalita humusu a přítomnost půdních organismů. Na půdy tedy můžeme nahlížet jako na živý organismus, který může být zdravý, nemocný, živý i mrtvý. Na kvalitě půdy jsou závislé naše potraviny a tím pádem i sám člověk (Hradil 2015).

Je tedy jasné, že bez půdy by život na Zemi nemohl nikdy existovat, protože právě ona zásadně ovlivňuje veškeré živé dění (Kutílek 2012).

Tvoří specifickou spojnici mezi atmosférou, hydrosférou, biosférou a litosférou. Díky této vlastnosti je v ní mnohokrát větší biodiverzita než na zemském povrchu (Chapin 2002).

Skládá se ze tří fází: pevné, kapalné a plynné. Jejich vzájemný poměr je závislý na vlastnostech a způsobu využití i na vývoji počasí. Vlastnosti půdy se proto mění jak v prostoru, tak v čase. Právě dynamika tohoto třífázového systému podporuje shromažďování mikroorganismů, zejména když je v půdě dostatek organických rozložitelných látek (Brady a Weil 2002; Kozák a Němeček 2009).

Vzledem k výše uvedenému výčtu o půdě, je nutné ji chránit nejen pro současnou dobu, ale ještě více do budoucna pro další generace (Vrbacký a kol. 2009).



Obrázek č. 1: Postavení pedologie a oblasti jejího zájmu pedosféry v systému jednotlivých přírodovědných disciplín (Tomášek 2003).

3.1.1 Vznik půdy (pedogeneze)

Půda se nerodí na svět náhle jako živočichové či klíčení semínka, proto ji nemůžeme v tomto smyslu srovnávat s živými organismy (Kutílek 2012).

Půda vzniká postupnou a dlouhodobou přeměnou mateční horniny. Tato přeměna se skládá ze tří souběžně jdoucích procesů. Prvním z nich je fyzikální zvětrávání horniny, dále pak probíhá chemická proměna a uvolňování živin a v konečné fázi vzniká půdotvorným procesem samotná půda (Šarapatka a Urban 2006).

Půdotvorné faktory a podmínky nejsou na Zemi všude stejné, mění se podle regionů, ale také s časem a v posledních několika tisíciletích jsou ovlivněny lidskou činností (Kutílek 2012).

Půdotvorné faktory a podmínky (Šarapatka a Urban 2006):

- Mateční hornina

Půda přejímá spoustu vlastností od mateřské horniny, ze které vznikla. Tyto vlastnosti ovlivňují její úrodnost. Příkladem může být zrnitostní složení, které určuje, zda půda bude spíše písčité, hlinitá či jílovitá.

- Klimatické poměry

Nejvýznamněji vývoj půdy ovlivňuje poměr mezi množstvím srážek a výparu. Jejich výsledkem je pak množství vody v půdě, které ovlivňuje fyzikální, chemické a biologické procesy.

- Biologický činitel

Tento faktor je často uváděn jako jeden z nejdůležitějších pro vývoj půdy. Zahrnuje veškerou vegetaci a organismy v půdě a na ní. Rostliny si berou pro svůj růst nebytné živiny z půdy, naopak když uhynou, živiny se opět navrátí do půdy.

- Podzemní voda

Pokud se hladina podzemní vody nachází blízko povrchu půdy, může zabraňovat kořenovému růstu a zmenšovat mocnost půdy. Na druhou stranu pokud je hladina nízko a kořeny na ní nedosáhnou, tak je vegetace odkázána výhradně na atmosférickou vodu v podobě srážek.

- Reliéf terénu

Reliéf je půdotvorná podmínka, která má vliv na intenzitu působení výše uvedených faktorů. Pojem reliéf terénu zahrnuje nadmořskou výšku, sklon svahů a jejich expozici ke světovým stranám. Pravidlem bývá, že čím je terén členitější, tím různorodější půda se tam vyskytuje.

- Stáří krajiny

Tato podmínka nám říká, jak dlouho nerušeně působily půdotvorné faktory.

- Činnost člověka

V důsledku stále se zvyšujícího zpracování, hnojení a meliorací půd, se i člověk a jeho činnosti stali součástí přírodních faktorů ovlivňujících vznik půdy.

Půdotvorné procesy

Reakce mateční horniny a půdotvorných faktorů označujeme jako půdotvorné procesy. Vedou ke vzniku půdních horizontů a důležitým charakteristikám jednotlivých půdních taxonů. Zatímco půdotvorné faktory jsou vnímány jako vnější síly ovlivňující vznik půdy, půdotvorné procesy jsou jakési vnitřní děje, které působí na toky a přeměny látek v půdě (Vopravil a kol. 2010):

Nárůst půdní hmoty

- Kumulace minerálů a organických látek (obohacování)
- Zasolování půdy (salinizace)

Ztráta půdní hmoty

- Vymývání rozpustných látek z půdy (vyluhování)
- Povrchový odnos látek (eroze)
- Odsolování půd (desalinizace)

Přemístění půdní hmoty

- Pohyb látek z určitého místa v půdním profilu (eluviace)
- Pohyb a akumulace látek do určitého místa v půdním profilu (illuviace)
- Ochuzování či obohacování o uhličitán vápenatý (dekalifikace a kalcifikace)
- Přemístění drobných minerálních částecek do spodnějších vrstev půdního profilu (illimerizace)
- Fyzikální a biologické promíchávání půdy (pedoturbace)
- Chemické přemístění hliníku a železa (podzolizace)
- Migrace kyseliny křemičité z půdního profilu (laterizace)

Přeměna látek v půdě

- Vznik nových minerálních a organických látek (dekompozice)
- Vznik humusu (humifikace)
- Vznik rašeliny (rašelinění)
- Rozptyl železa z minerálů (hnědnutí)
- Hromadění železa vlivem redukce a oxidace (oglejení)
- Snížení množství železa v bezkyslíkovém prostředí (glejizace)

3.1.2 Složení půdy

Půdu se skládá ze tří druhů skupenství (Šarapatka a Urban 2006):

- Pevná fáze

Skládá se ze dvou částí, minerální a organické. První z nich obsahuje zbytky hornin a minerálů z mateční horniny a také jílové minerály. Organická část je pat utvořena z rostlin a živočichů ať už živých (edafon) nebo mrtvých (humus).

- Kapalná fáze

Jedná se o půdní vodu či roztok, jehož složení se mění například vlivem roční doby, srážek a biologické aktivity.

- Plynná fáze

Tento půdní vzduch se může skládat z dusíku, oxidu uhličitého, vodní páry a zejména kyslíku.

Tyto tři fáze jsou společně propojeny a díky tomu mezi nimi probíhá neustálá výměna, z toho vyplývá, že jejich poměr a složení jsou velmi proměnlivé (Kozák a Němeček 2009). Co se týká orné půdy, tak ve většině případů převládá pevná fáze,

kteřá tvořĩ až 50 %, dále se pak o druhé místo dělí plynná a kapalná fáze, kde se obě jejich hodnoty pohybují mezi 20-30 % (Brady a Weil 2002).

3.1.3 Funkce půdy

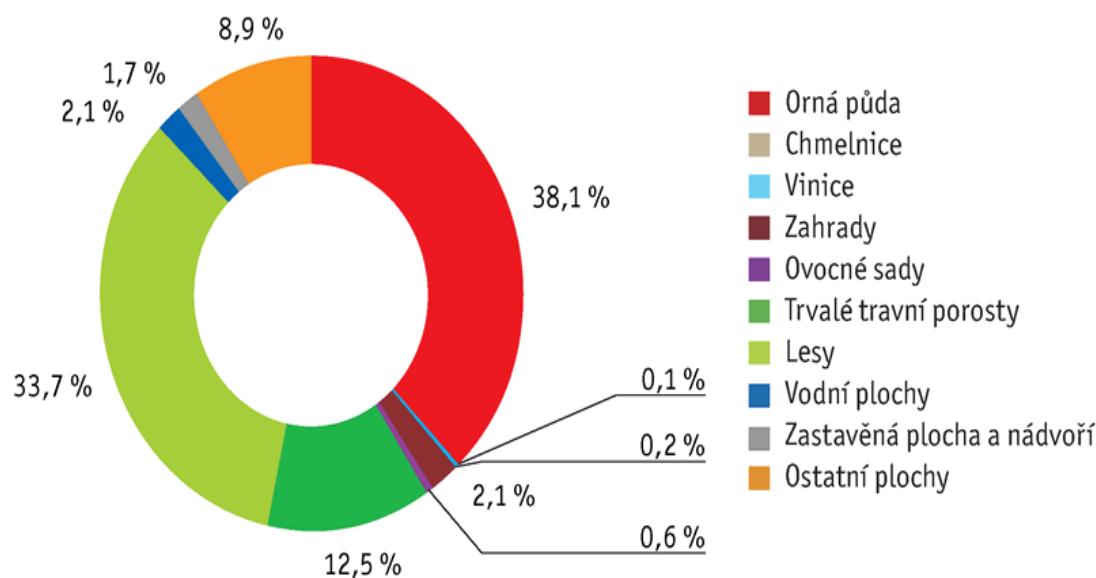
Na prvním obrázku můžeme vidět, že pedosféra hraje důležitou spojnicí v systému jednotlivých přírodovědných disciplín. Vzhledem k této skutečnosti nelze stanovit jednu nejdůležitější funkci půdy. Půda plní nezastupitelnou úlohu v plnění těchto funkcí (Kutílek 2012):

- Produkce biomasy (potravin, krmivo)
- Zásobárna biodiverzity (druhy, geny)
- Kotviště a výživa rostlin
- Zadržovatel vody v krajině
- Zásobárna živin (C, N, P, K)
- Biotop mikroorganismů
- Biologický filtr
- Produkce CO₂
- Transport sluneční energie

3.1.4 Využití půdy

Celková výměřa ČR je 7,9 mil. ha. Více než polovinu (54 %) využíváme k zemědělské činnosti, tedy k produkci potravin, krmiv, technických a energetických plodin. Tuto zemědělskou činnost provádíme na orné půdě, v sadech, vinicích, chmelnicích a trvalých travních porostech (louky a pastviny). Všechny tyto plochy nazýváme pojmem zemědělský půdní fond, který se rozkládá přibližně na 4,3 mil. ha naší země (Sdružení pro ochranu půdy 2013).

Podle obrázku č. 2 v České republice mají nejvyšší podíl orné půdy (38 %) a les (33,7 %). Vývoj území je u nás charakterizován dvěma typy změn. Prvním z nich je extenzivní využívání odlehlých a méně atraktivních oblastí, vedoucí ke snižování výměřy orné půdy a zvětšování oblastí s trvalým travním porostem a lesem. Tento proces je z krajinně ekologického hlediska spíše pozitivní. Druhým typem změny v ČR je intenzifikované využívání hlavních zemědělských oblastí a urbanizačních center. Tato intenzifikace má jednoznačně negativní vliv na krajinu. V rámci zemědělského půdního fondu dochází k postupnému nárůstu podílu trvalých travních porostů na celkové zemědělské půdě (Deník veřejné správy 2012).



Obrázek č. 2: Grafické znázornění využití území v ČR (%) v roce 2010 (Deník veřejné správy 2012).

3.1.5 Degradace půdy

Půda není stabilní, jde o prostředí, které se stále utváří. V současné době půdy nejvíce ovlivňuje člověk ať už svojí přímou nebo nepřímou činností. Nejen v České republice, ale i po celém světě je velkým problémem degradace půd a to v mnoha svých formách. Degradaci chápeme jako poškození jejich funkcí, zejména jde o snížení produkčních a mimoprodukčních vlastností. Každý typ půdy má samozřejmě rozdílnou odolnost k degradaci, právě vzhledem ke svým vlastnostem (Vopravil a kol. 2010).

Aby tedy půda mohla plnohodnotně vykonávat své funkce, musíme ji chránit před těmito degradačními procesy. Tato myšlenka je zakotvena i ve směrnici EU pro ochranu půd (Kozák a Němeček 2009).

Typy degradačních procesů (Kozák a Němeček 2009):

- Ztráta organické hmoty (dehumifikace)
- Ztráta biodiverzity
- Nepochůdný kryt půdy (sealing)
- Zhoršení fyzikálních vlastností
- Eroze (větrná, vodní)

- Kontaminace
- Zasolení
- Acidifikace

3.1.6 Ochrana půdy

Ochrana půdy se postupně dostává do popředí zájmu jak vlády, tak i široké veřejnosti. Hlavním předmětem ochrany je její produkční a ekologická funkce a jedním z nejdůležitějších cílů ochrany je udržování a zlepšování zásoby půdního organického uhlíku (Barančíková a kol. 2012).

Při ochraně půdy musíme vždy harmonicky navázat na nástroje společné zemědělské politiky EU. I díky těmto vazbám patří ochrana půdy k těm nejsložitějším právním otázkám současnosti. V České republice chráníme půdu pomocí nástrojů veřejné politiky, které zahrnují nejrůznější činnosti a postupy. Nejdůležitějším nástrojem veřejné politiky jsou zákony a vyhlášky (Voltr 2011).

Zákon o ochraně ZPF č. 334/1992 Sb.

Tento zákon vysvětluje pojem zemědělský půdní fond a vymezuje nástroje jeho ochrany. Dále pak určuje principy odnímání zemědělské půdy ze zemědělského půdního fondu, vymezuje jeho orgány ochrany, upravuje výkon státní správy, stanovuje pokuty za správní delikty a stanovuje MŽP k vydání prováděcích předpisů a vyhlášek.

Od 1. dubna 2015 vstoupila v platnost dlouho očekávaná novela (č. 41/2015 Sb.). Mezi hlavní změny patří zohlednění ochrany půdy před erozí a dalšími degradačními procesy. Mezi zásady ochrany zemědělské půdy patří zejména zákaz způsobovat ohrožení zemědělské půdy erozí překračováním přípustné míry jejího erozního ohrožení. Zásady protierozní ochrany půdy se promítají i do změny využití zemědělské půdy při přeměně kultury trvalý travní porost na ornou půdu. Dále je zakázáno znečišťovat zemědělskou půdu vnášením cizorodých látek a poškozovat fyzikální, chemické nebo biologické vlastnosti zemědělské půdy jejím zhutňováním, zamokřováním, vysoušením, překrýváním nebo narušováním erozí. Novela se také zaměřila na problematiku používání sedimentů na zemědělské půdě. Zcela nově je ošetřena oblast týkající se pořizování a evidence informací o kvalitě půdy a evidence odnětí zemědělské půdy. Novela věnuje velkou pozornost podmínkám odnětí zemědělské půdy ze zemědělského půdního fondu včetně odvodů za toto

odnětí. Dále pak upravuje povinnosti a pravomoci orgánů ochrany zemědělského půdního fondu a posuzování porušení zásad ochrany zemědělského půdního fondu.

Stavební zákon č. 183/2006 Sb.

Upravuje cíle, úkoly, nástroje a soustavu orgánů územního plánování. Vyhodnocuje vlivy na udržitelný rozvoj území a stanovuje postupy posuzování vlivů záměrů na životní prostředí. Stanovuje podmínky a požadavky pro územně plánovací činnost.

Zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb.

Smyslem tohoto zákona je prostřednictvím příslušných krajů, obcí, vlastníků a správců pozemků přispět k udržení a obnově přírodní rovnováhy v krajině, k ochraně biodiverzity, přírodních hodnot a krás a k šetrnému hospodaření s přírodními zdroji. Dále pak vytváří v souladu s právem Evropských společenství v České republice soustavu Natura 2000.

Zákon o životním prostředí č. 17/1992 Sb.

Tento zákon vymezuje základní pojmy, zásady a povinnosti ochrany životního prostředí. Vychází z principu trvale udržitelného rozvoje.

Lesní zákon č. 289/1995 Sb.

Účelem tohoto zákona je stanovit předpoklady pro zachování lesa, péči o les a obnovu lesa jako národního bohatství, tvořícího nenahraditelnou složku životního prostředí, pro plnění všech jeho funkcí a pro podporu trvale udržitelného hospodaření v něm.

Veškeré pozemky určené k plnění funkcí lesa musí být účelně obhospodařovány podle tohoto zákona. Jejich využití k jiným účelům je zakázáno. O výjimce z tohoto zákazu může rozhodnout orgán státní správy lesů na základě žádosti vlastníka lesního pozemku nebo ve veřejném zájmu.

Každý si musí počínat tak, aby nedocházelo k ohrožování nebo poškozování lesů, jakož i objektů a zařízení sloužících hospodaření v lese. Vlastník lesa je povinen usilovat při hospodaření v lese o to, aby nepoškozoval zájmy jiných

vlastníků lesů a funkce lesa byly zachovány (plněny rovnoměrně a trvale) a aby byl zachován (chráněn) genofond lesních dřevin.

Zákon o zemědělství č. 252/1997 Sb.

Vytváří podmínky pro schopné české zemědělství a tím zabezpečuje primární výživu obyvatel. Podporuje mimoprodukční funkce zemědělství, které přispívají k ochraně složek životního prostředí. Podmiňuje tvorbu společné zemědělské politiky a politiky rozvoje venkova Evropské unie.

Zákon č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a o změně zákona č. 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku

Upravuje řízení o pozemkových úpravách a působnost Státního pozemkového úřadu při tomto řízení.

Dalšími nástroji veřejné politiky jsou (Voltr 2011):

- Služby (činnost policie, vzdělávání)
- Finanční dávky (veřejné zakázky, platy úředníků)
- Daně (ekologická daň)
- Dotace a půjčky (zemědělské dotace)
- Osvěta (kampaň pro ochranu půdy)

3.2 Půdní organická hmota (SOM)

Z anglické literatury se ujala její zkratka SOM, což znamená Soil Organic Matter (Hu a kol. 2007). Do současné doby zatím neexistuje shodná a ucelená definice půdní organické hmoty. Rozdíly nastávají zejména v pohledu na biomasu živých organismů a látek tvořeným odpadem nebo rostlinnými zbytky. Dá se ale zjednodušeně říci, že půdní organická hmota je součet všech neživých látek rostlinného či živočišného původu, které jsou na povrchu nebo v půdě samotné (Kozák a Němeček 2009).

Půdní organická hmota je jedním z nejdůležitějších ukazatelů kvality půdy, je to také klíčová složka pro udržitelnou úrodnost půdy a je největším zásobníkem

organického uhlíku. Pokud pochopíme její variabilitu v čase a prostoru, tak dokážeme odhadnout strategii pro udržitelné využívání půdy (Hu a kol. 2007; Wiesmeier a kol. 2012).

3.2.1 Zdroje půdní organické hmoty

Mezi zdroje půdní organické hmoty počítáme kořenové metabolity, odumřelé zbytky rostlinného a živočišného původu, posklizňové zbytky, hnůj, zelené hnojivo a kompost. Tyto zdroje se v půdě nehromadí, ale jsou přeměňovány pomocí mikroorganismů, proto je důležité jejich pravidelné doplňování. Například travní porosty mají kořeny hluboko v půdě a díky tomu jsou pro vznik půdní organické hmoty významné. Lesní půda pak organickou hmotu získává rozkladem hrabanky. Zemědělská půda má více nadzemní biomasy, proto je její distribuce organickou hmotou spjata s obhospodařováním a obsahem posklizňových zbytků (Randusová 2014).

Zdroje uhlíku nejsou statické, naopak dochází k jejich příjmům (poutání) a ztrátám (uvolňování). Tato nestabilita je závislá na rostlinách a činnosti mikroorganismů. Zásoby půdního uhlíku (humusu) jsou závislé na ztrátách, které musí být pravidelně kompenzovány dávkou organické hmoty. Půda obsahuje dvakrát více uhlíku než atmosféra. Nejvíce uhlíku však můžeme nalézt v oceánech (Šarapatka 2014).

Evropská půda obsahuje okolo 75 miliard tun organického uhlíku. Nicméně tyto odhady jsou velmi nejisté do značné míry z důvodu chybějících údajů pro mnoho regionů (Yu a kol. 2007).

Mezi globální centra uhlíku počítáme těchto pět (Lal 2004):

- Oceánské
- Geologické
- Pedologické
- Biotické
- Atmosférické

Tato centra jsou vzájemně propojená a uhlík mezi nimi koluje. Koncentrace SOC se pohybuje od minima v suchých oblastech, přes vysoké hodnoty v půdách oblastí mírného pásma, až po extrémně vysoký obsah v rašelinových půdách.

Koncentrace SOC se také výrazně liší mezi ekoregiony. Je obecným faktem, že obsah SOC je vyšší v chladných a vlhkých oblastech než v teplých a suchých (Lal 2004).

3.2.2 Složení půdní organické hmoty

Organickou hmotu vstupující do půdy (humusový materiál) tvoří tyto sloučeniny (Šarapatka 2010):

- Cukry a škroby 5 %
- Polyfenoly 2 %
- Bílkoviny 8 %
- Hemicelulóza 18 %
- Celulóza 45 %
- Tuky a vosky 2 %
- Lignin 20 %

Z 90 % se tedy jedná o čtyři základní prvky, jakými jsou kyslík, vodík, dusík a zejména uhlík (Šarapatka 2010). Uhlík je v rostlinách přítomen v organické vazbě, kde tvoří asi polovinu sušiny (Baier 1969). Každá z výše uvedených sloučenin má odlišnou odolnost proti rozkladu. Jejich výčet je řazen podle doby rozkladu, od nejrychleji se rozkládajících až po ty, které odolávají nejdelší dobu. SOM také obsahuje produkty humifikace, jako je humus a další látky (Šarapatka 2010).

3.2.3 Přeměny půdní organické hmoty

Přeměnu půdní organické hmoty ovlivňují půdní faktory a kvalita organické hmoty a to do té míry, že transformace SOM může trvat několik dnů, ale až roků. V tomto ohledu mezi půdní faktory počítáme například pH prostředí, vlhkost, provzdušnění a teplotu. Kvalitou organických látek se rozumí jejich zapravenost do půdy, velikost částic a poměr C:N. Samotné tvorbě humusu předcházejí rozkladné procesy organické hmoty v různých podmínkách (Šarapatka 2010; 2014):

Mineralizace v aerobním prostředí

Probíhá zejména v půdách s dobrou propustností a poměrem vody a vzduchu. Vlivem působení aerobních bakterií dochází k enzymatické oxidaci uhlíkatých sloučenin za vzniku oxidu uhličitého, vody, energie a rozkládající se biomasy. Jsou

uvolňovány či imobilizovány dusík, fosfor a síra. Dále jsou vytvářeny sloučeniny odolné proti rozkladu. Bílkoviny, které jsou součástí organické hmoty, se rozkládají a vznikají z nich aminokyseliny.

Uvolňují se i kationty a anionty -NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} . Půdní edafon napomáhá rozkládat lignin a syntetizovat stabilní půdní organickou hmotu. Hodnota pH udává rychlost procesu, v neutrálních až alkalických půdách je dostatek mikroorganismů a mineralizace probíhá mnohem rychleji než v kyselém prostředí, kde převažují houby.

Rozklad v anaerobním prostředí

V půdě mohou také nastat podmínky s malým či vůbec žádným obsahem kyslíku (anaerobní prostředí), což je příčinou mnohem delší doby rozkladu a hromadění částečně nebo úplně nerozložené organické hmoty. Uplatňují se zde anaerobní bakterie. Výsledkem tohoto rozkladu jsou organické kyseliny, alkoholy nebo methan.

3.2.4 Humifikace a humus

Humifikace je biochemický, mikrobiální a enzymatický proces. Značnou část tohoto procesu zabezpečuje činnost půdního mikroedafonu. Výsledkem této složité přeměny organické hmoty je zejména vlastní humus. Humus je soubor organických látek, které se rodí z odumřelých rostlin a živočichů. Samotné slovo humus pochází z latiny a původně označovalo celistvou úrodnou zemi jako takovou. Chápání pojmu humus se postupně vyvíjelo. V 18. a 19. století se zemědělské vědci snažili o izolaci humusu z půdy a následnou analýzu, aby zjistili jeho přesné složení. Průkopníkem ve zkoumání humusové teorie byl švédský vědec Johan Gottschalk. Říkal, že pro růst rostlin jsou třeba stejné látky, jako ty které jsou v nich již obsažené. Tyto své závěry sepsal do knihy s názvem Chemické základy zemědělství 1761. Dalším velice významným evropským představitelem humusové teorie byl Němec Albrecht Daniel Thaer, který je ve své zemi označován za zakladatele zemědělské vědy. Tento titul si vysloužil zejména díky tomu, že založil první německou zemědělskou akademii, kde si prakticky ověřoval své poznatky. Ty pak sepsal do čtyřdílné knihy s názvem Zásady racionálního zemědělství 1809-1812. Dnes chápeme humus jako součást půdy, na které závisí její úrodnost, protože právě humus spolu s vodou je zdrojem výživy rostlin. Humus je tedy produktem života, ale i jeho podmínkou. Je dáno, že čím více života v půdě je, tím více je humusu a výživy pro život (Hradil 2015).

Humus můžeme dělit na (Šarapatka 2010):

- Živný humus

Tvoří ho lehce rozložitelné látky, jakými jsou například fulvokyseliny a látky nehuminové povahy.

- Trvalý humus

Je tvořen huminovými kyselinami a huminem, tyto látky jsou rezistentní proti mikrobiálnímu rozkladu.

Dle obsahu humusu můžeme půdy rozdělit na (Vopravil a kol. 2010):

1. humózní (do 20 % organických látek)
2. humusové (nad 20 % organických látek), ty pak dále dělíme na:
 - Slabě humózní < 1 % humusu
 - Mírně humózní 1-2 % humusu
 - Středně humózní 2-3 % humusu
 - Silně humózní 3-5 % humusu
 - Velmi silně humózní > 5 % humusu

Předběžně je možné stanovit obsah humusu i podle intenzity zbarvení půdy. Pravidlem bývá, že půdy s nízkým podílem humusu mají světle hnědou barvu, naopak půdy s velmi vysokým a kvalitním humusem jsou až černé (Šarapatka 2010).

3.2.5 Půdní organický uhlík (SOC)

Půdní organický uhlík je hlavní složka půdní organické hmoty a univerzální ukazatel půdní kvality (Barančíková a kol. 2012).

Chemická značka uhlíku je C a na Zemi patří mezi běžné a hojné prvky. Atomy uhlíku se velmi dobře spojují a vytváří tak nejrůznější sloučeniny s velmi různorodými vlastnostmi. Této schopnosti využívají všechny živé organismy, a to tím způsobem, že sloučeniny uhlíku jsou v jejich tělech základními životními látkami. Příkladem mohou být rostliny, které jako jediné dovedou CO₂, tedy jednoduchou sloučeninu uhlíku vestavět do organických látek a těmi pak následně obdarovávat vše živé na Zemi (Nátr 2006).

Celkový obsah uhlíku může v různých typech půd výrazně kolísat. Nejvíce organického uhlíku obsahují rašelinné půdy (Jurčík 1978).

Během rozkladu půdní organické hmoty se do půdy akumuluje pouze 10-30 % uhlíku ve formě humusu a až 60-80 % uhlíku odchází pryč ve formě CO₂ do ovzduší (Brady 1990).

3.2.6 Význam organického uhlíku

Organický uhlík v půdě má velký význam v globálním koloběhu uhlíku, je také oporou pro strukturu půdy a zlepšuje její fyzikální vlastnosti umožňující kořenům pronikat do půdy. Zásoba uhlíku v půdě je jedna z nejdůležitějších zásob uhlíku na celém světě a má velký potenciál ovlivnit globální klima. Díky těmto významným vlastnostem je uhlík a jeho skladování předmětem mnoha studií. Obsah SOC je závislý na místních klimatických podmínkách, typu využití půdy, lidských zásazích, změnách ve využívání půdy a hospodařením (Yu a kol. 2007).

Abychom mohli vypočítat budoucí klimatické scénáře a určit potencionální emise, musíme nejprve určit výši zásob SOC (Wiesmeier a kol. 2012).

Například městské parky tvoří velkou část zeleně v městských oblastech a do budoucna se očekává, že jejich hustota se zvýší a to zejména díky rostoucí urbanizaci, ale také lidské touze po příjemnějším životě ve městě. Městské parky a v nich uložený uhlík mají pozitivní vliv na zmírnění emisí skleníkových plynů v atmosféře. Dle studie uskutečněné v Koreji bylo zjištěno, že množství zásob SOC jsou podřízena zejména historii využívání půdy a managementu v jednotlivých parcích (Bae a Ryu 2015).

3.2.7 Formy půdního uhlíku (Šarapatka 2014):

- Volný uhlík

Neváže se na žádné minerály a ani se nespojuje s minerálními agregáty.

- Stabilní uhlík

Obsažen ve specifických humusových látkách, huminových kyselinách, a fulvokyselinách. Odolný proti mineralizaci a biodegradaci.

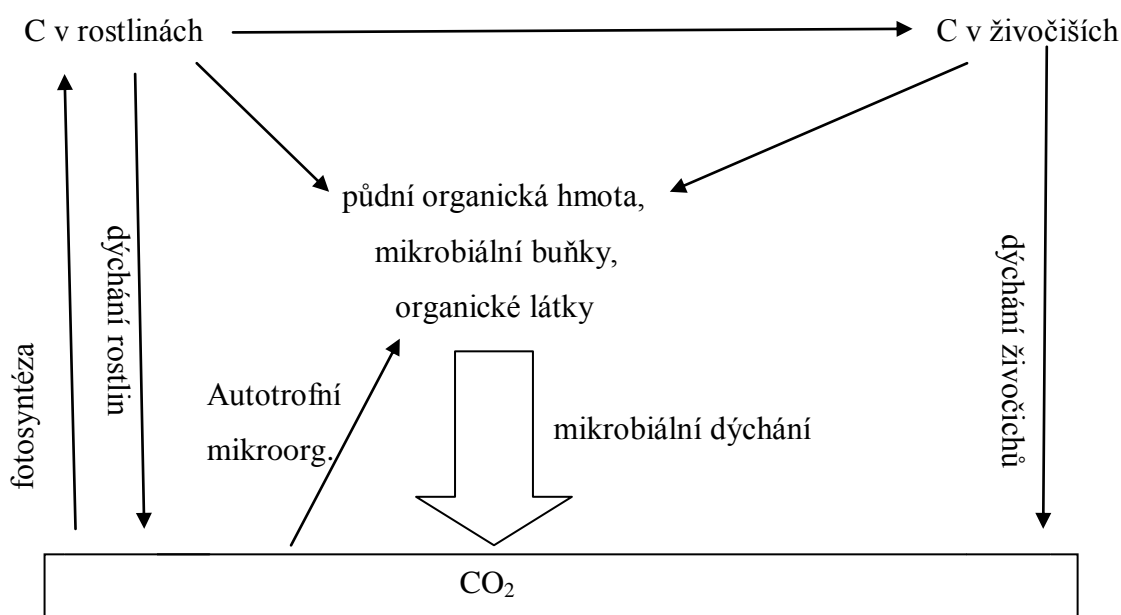
- Aktivní (labilní) uhlík

Je tvořen snadno rozložitelnými sloučeninami, a proto lehce metabolizuje. Podléhá oxidaci, která vede ke snížení množství humusu v půdě.

3.2.8 Koloběh uhlíku

Koloběh uhlíku má své základy svázané s pionýrskými rostlinami. Tyto rostliny v dávné minulosti získaly novou zásadní vlastnost a začaly získávat energii ze slunečního záření. Jak můžeme vidět na obrázku č. 3, tuto energii následně použily pro přeměnu přijímaného CO_2 a vody na organické sloučeniny. Tyto organické látky byly potravou pro první suchozemské živočichy a zdrojem energie mikroorganismů, které je rozkládaly, přičemž se do atmosféry opět uvolňoval CO_2 . Prvotním zdrojem organické hmoty je tedy fotosyntézou akumulovaný uhlík. Tomuto procesu dnes říkáme koloběh uhlíku (Kutílek 2012).

Cyklus uhlíku je v první řadě geologický cyklus trvající miliony let, ale i biologicko-fyzikální, který se pohybuje v rozpětí od několika dní až po tisíce let. Když se na koloběh uhlíku podíváme z globálního hlediska, tak zjistíme, že jsou do něj zapojeny čtyři významné zdroje. Obsahuje půdu, atmosféru, suchozemskou biotu a oceán (Šarapatka 2014).



Obrázek č. 3: Znázornění koloběhu uhlíku v půdě (Ankela.mendelu 2014).

Významnou roli v uhlíkovém cyklu zastávají bakterie při rozkladných procesech. Likvidují odpadní produkty rostlin i živočichů a navrací zpět do koloběhu právě ty důležité živiny a prvky, jako je třeba uhlík. V dnešní době se odhaduje, že v důsledku změn obhospodařování půdy, vypalování lesů a tlením biomasy se do ovzduší uvolní 1-5 Gt uhlíku ročně, což ve sloučenině s kyslíkem dělá 4-18 Gt CO_2 .

Když k tomuto číslu započítáme i CO₂ vzniklý vlivem spalování fosilních paliv, dostaneme se až k 29-43 Gt CO₂ emitovaného do ovzduší za rok. Téměř polovina tohoto ohromného množství zůstává v ovzduší a tím zvyšuje jeho koncentraci v atmosféře. Zbylá půlka pak stупuje do oceánů a moří, kde se hromadí, ale také spotřebovává pro tvorbu uhličitánů (Schnitzer a Khan 1978).

Intenzivní zemědělství výrazně negativně ovlivňuje tento koloběh uhlíku. Panenské půdy bez intenzivního obhospodařování mají nižší aeraci, hypotermické pochody a mineralizaci v půdě a tím pádem intenzivnější tvorbu humusu z organických zbytků (Vopravil a kol. 2010).

Lesní půda a uhlík

Na lesní půdy dnes nahlížíme jako na významný zásobník uhlíku (Liski a kol. 2002). Sušina rostlin je až z 50 % tvořena uhlíkem, který pochází z CO₂. Kmeny a větve stromů v sobě ukrývají ohromnou zásobu uhlíku, která zůstává až po desítky let téměř v nezměněném stavu. Tuto vlastnost využíváme pro snížení obsahu CO₂ z atmosféry, tím způsobem, že volné plochy zalesňujeme (Nátr 2006).

Lesní půdy se díky své velké ploše významně podílejí na regionálním až globálním koloběhu uhlíku. Zejména přeměna lesa na zemědělský ekosystém ovlivňuje několik půdních vlastností, ale hlavně obsah SOC, který může klesnout o 20-50 %.

Zájem o schopnosti lesních půd izolovat atmosférický CO₂ vzniklý hlavně ze spalování fosilních paliv se velmi zvýšil a to zejména kvůli hrozbě klimatické změny. Právě pochopení mechanismů a dynamiky SOC v lesních půdách je důležité pro efektivní zmírnění změny klimatu (Lal 2005).

Jde však jen o přechodné opatření, protože když lesy dosáhnou dospělosti, CO₂ přestanou poutat, ba naopak při jejich rozkladu se stejné množství uvolní zpět do atmosféry. Zalesňování je tedy bráno jako jakýsi čas navíc, během kterého bychom měli vymyslet nové technologie pro trvalé snížení obsahu CO₂ (Nátr 2006).

Kirschbaum (2003) tuto skutečnost potvrdil i ve svém pokusu. Zjistil, že zvětšení plochy lesní a zemědělské půdy má pouze dočasný účinek v zadržování CO₂ a dokonce, že tato dlouhodobá kalkulace může způsobit až pokles absorpce celkového CO₂ za určité období.

Dle Poeplauna a Dona (2013) můžeme zalesňování brát jako jedno z opatření pro znovuzískání SOC, avšak několik studií se prokázalo, že zalesňování luk a pastvin může naopak vést k jeho vyčerpání.

3.2.9 Ztráty půdní organické hmoty

Organická hmota je zásadní pro zdravou půdu, její úbytek vede k degradaci půdy. K úbytku organické hmoty dochází vlivem sníženého obsahu rozkládajících se organismů či zvýšené rychlosti jejich rozkladu. Změny obsahu půdní organické hmoty zahrnují složité a dlouhodobé procesy, tudíž i jejich studium je náročné a dlouhodobé. Obsah půdní organické hmoty má vliv na biologické, fyzikální a chemické procesy podílející se na kvalitě, úrodnosti a trvalé udržitelnosti v systémech hospodaření (Hu a kol. 2007; Randusová 2014).

Porovnáním historických studií bylo zjištěno, že dochází k výraznému snižování organického uhlíku v půdách. Výsledkem tohoto jevu je zvýšení emisí oxidu uhličitého a celková degradace půdy, jako je například ztráta schopnosti zadržovat živiny a vodu, odolnost proti erozi a infiltrační schopnosti (Edmondson a kol. 2014).

Nízký obsah SOC je závažný problém, který se týká téměř poloviny evropské půdy, proto je tento jev politicky vnímán jako vážná hrozba z hlediska kvality a funkčnosti půdy, ale i celého životního prostředí (Randusová 2014).

Tato problematika je tématem mnoha diskuzí často s rozporuplnými stanovisky. Volt ve své knize (2011) uvádí, že intenzivní zemědělské hospodaření markantně snižuje obsah humusu, děje se tomu tak vlivem mineralizace. Vlivem obdělávání půdy do ní totiž vmícháváme kyslík. Následkem toho je urychlené rozkládání organické hmoty. Ke ztrátám organických látek také dochází vlivem eroze, kdy je odplavena ornice a humus. Je tedy dáno, že pěstováním zemědělských plodin vracíme do půdy celkově méně organických látek než přirozená vegetace (Randusová 2014).

V důsledku kolísání hladiny SOC mohou nastat vážné problémy environmentálních procesů, jako jsou například snížená úrodnost půdy, eroze a tok skleníkových plynů. Tato omezená schopnost půdy poskytovat živiny pro udržitelnou rostlinnou výrobu může v důsledku znamenat méně potravy pro půdní organismy, a tedy snížení půdní biodiverzity. I výnosy a hodnota půdy značně

klesne. Náprava této situace je možná, ale také velmi nákladná a dlouhodobá (Barančíková a kol. 2012; Randusová 2014).

Proto schopnost odhadnutí změn zásob SOC má zásadní význam pro evropskou a celosvětovou environmentální politiku. Informace o půdní kvalitě a zásobách SOC jsou nezbytné pro jakékoliv rozhodování o plodině a hospodaření s půdou. Vhodným nástrojem pro jejich získávání je modelování (Barančíková a kol. 2012).

V Evropě existuje vedle sebe několik typů využívání půdy, které vedou ke ztrátě SOC nebo k jeho akumulaci. Nicméně, je zde nedostatek studií pokrývajících všechny hlavní typy a tím pádem i nedostatek kvalitních výstupů pro efektivní využívání půdy vzhledem k obsahu SOC (Poeplau a Don 2013).

Německá studie z roku 2006 však došla k závěru, že obsah SOC mnohem více souvisí s rozdíly v základním materiálu půdy či poloze svahu, než s využíváním půdy (Breuer a kol. 2006).

Od roku 1750 došlo ke zvýšení atmosférické koncentrace oxidu uhličitého o 31%, zejména v důsledku spalování fosilních paliv a změn ve využívání půdy. Tento stav vyžaduje správnou strategii pro zmírnění hrozby globálního oteplování. Příčinami emisí v důsledku změn ve využívání půdy jsou tyto činnosti: odlesňování, spalování biomasy, přeměna přirozených zemědělských ekosystémů, odvodňování mokřadů a špatné obdělávání půdy. Všechny tyto změny snižují obsah půdního organického uhlíku a jeho strukturální stabilitu. Také zvyšují náchylnost půdy k odtoku vody a erozi, narušují cykly vody, uhlíku, dusíku, fosforu, síry a dalších prvků. Nepříznivě působí i na biomasu, biodiverzitu a celkově na životní prostředí (Lal 2004).

Výčet faktorů ovlivňujících množství SOM (Randusová 2014):

- **Klima**

Rozklad SOM je rychlejší při vyšších teplotách, to znamená, že půdy teplejších oblastí obecně obsahují méně SOM než ty chladnější.

- **Zrnitost půdy**

V půdách s jemnou texturou je obecně více SOM, lépe zadržují živiny a vodu, což je dobré pro růst rostlin. Naproti tomu hrubé půdy, mají větší obsah kyslíku a to vede k rychlejšímu rozkladu organické hmoty.

- **Půdní hydrologické poměry**

Pro rozklad organické hmoty je potřeba kyslík; pokud je půda vlhká a obsahuje málo kyslíku, tak dochází k hromadění organické hmoty.

- **Globální hledisko**

Rozkladem organické hmoty se uvolňuje oxid uhličitý do atmosféry a obráceně při jejím vzniku je CO₂ z atmosféry odebírán. Tento fakt hraje významnou roli v otázkách globálního oteplování. Z několika předpovědí vyplývá, že právě globální oteplování urychlí rozklad organické hmoty a to poté vyústí ještě k většímu uvolňování CO₂ a zesílení změn klimatu. Celkově to tedy může vést k rozšíření desertifikace směrem na sever. To znamená, že uhlík, který je teď uložený v chladných a vlhkých půdách, se uvolní do atmosféry. Stejný problém nastává při odvodňování mokřadů a těžbě rašeliny. Pokud by se pokračovalo v odvodňování zbývajících evropských rašelinišť, tak by to mohlo znamenat uvolnění až 30 milionů tun uhlíku za rok. Toto množství odpovídá neuvěřitelným 40 milionům automobilů na evropských silnicích.

Faktory podílející se na ztrátách SOM (Kozák a Němeček 2009; Vopravil a kol. 2010):

- Větrná a vodní eroze
- Zvýšená mineralizace po odvodnění
- Zvýšená aerace po rozorání pastvin a luk
- Nedodávání organické hmoty při intenzivní produkci
- Přeměny přirozené vegetace na ornou půdu
- Intenzivní orba, kultivace, vápnění
- Aplikace velkého množství dusíkatých hnojiv
- Plodiny s nedostačujícím množstvím jetelotráv
- Odvodnění a hnojení rašelinných půd

3.2.10 Důsledky ztrát půdní organické hmoty

Pokud nebudeme množství SOM alespoň udržovat vhodnými agrotechnickými praktikami či stabilně doplňovat organickou hmotu do půdy mohou nastat tyto situace (Voltr 2011):

- Ztráta stabilní struktury půdy
- Větší náchylnost na vodní a větrnou erozi
- Nižší odolnost proti zhutnění půdy a tvorba půdní krusty
- Snížení pufrací schopnosti, zvýšení zranitelnosti k acidifikaci
- Snížení infiltrace a retence vody
- Snížení počtu půdních organismů
- Zvýšení mobility kontaminujících látek a jejich vstupů do rostlin
- Snížení poutání živin, horší výživa rostlin
- Celkové snížení produkce půdy

3.2.11 Podpora množství půdního organického uhlíku

Uhlík nahrazujeme v půdě prakticky každým hnojením organickými hnojivy, jejímž dodáním se zvýší biologická činnost půdy (Jurčík 1978).

Půdu ochuzenou o SOC lze obnovit například za pomoci regenerační způsobů ve využívání půdy, obděláváním půdy s krycími plodinami a využitím kompostu a hnoje (Lal 2004).

Dle výzkumu Kadlece a kol. (2012) mají statková hnojiva jako vstupující organická látka do půdy pozitivní vliv. Přispívají ke snížení povrchového odtoku a půdních ztrát. Také snižují emise oxidu uhličitého tím, že ho ukládají do půdy. Tyto kladné vlivy vedou v konečném důsledku k vyšším výnosům, bohužel živočišná výroba neustále klesá, a proto neprodukuje nezbytné množství hnoje.

Změny ve využívání půdy jsou sice uznávány jako jedno z opatření pro zmírnění změn klimatu, ale musí být dobře zvoleny, protože jakákoliv manipulace se SOC může významně ovlivnit koncentraci atmosférického CO₂ a to buď kladně či negativně. Musíme si uvědomit, že SOC se skládá z několika částí, které se liší svými fyzikálně-chemickými vlastnostmi, stupněm jejich stabilizace a změny v čase. Odhadnout vliv změny ve využívání půdy na celkovou SOC zásobu je rozhodující (Poeplau a Don 2013).

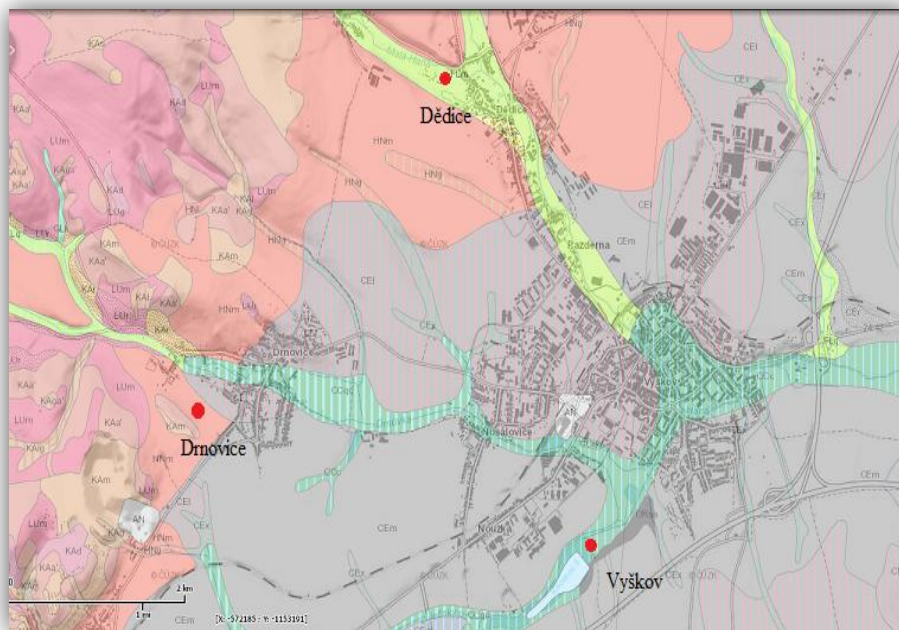
Studie zemědělské půdy ukázala, že zvýšení obsahu uhlíku v zemědělských půdách vyžaduje trvalou změnu řízení. A to zejména realizaci koncepcí upravených tak, aby byly přizpůsobeny na místní půdy a klima. Mezi nejlepší opatření pro ornou půdu patří například (Freibauer a kol. 2004):

- Podpora organických vstupů namísto travních porostů (posklizňové zbytky, krycí plodiny, kompost, statková hnojiva)
- Permanentní ozelenění (zalesňování, zavedením vytrvalých komponentů)
- Podpora ekologického zemědělství, zalesňovací dotace, ochrana půdy, řízení pastvin
- Prosazovat trvale mělké podzemní vody
- Nulová orba

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Charakteristika okresu Vyškov

Byly vybrány tři lokality (obr. č. 4), tak aby se nacházely v podobných podmínkách (geologické podloží, reliéf, klima aj.). Na každé lokalitě byly vytipovány čtyři druhy půdního využití: půdy lesní, orné, městské a s travním porostem. Všechny tři lokality se nacházejí v okrese Vyškov.



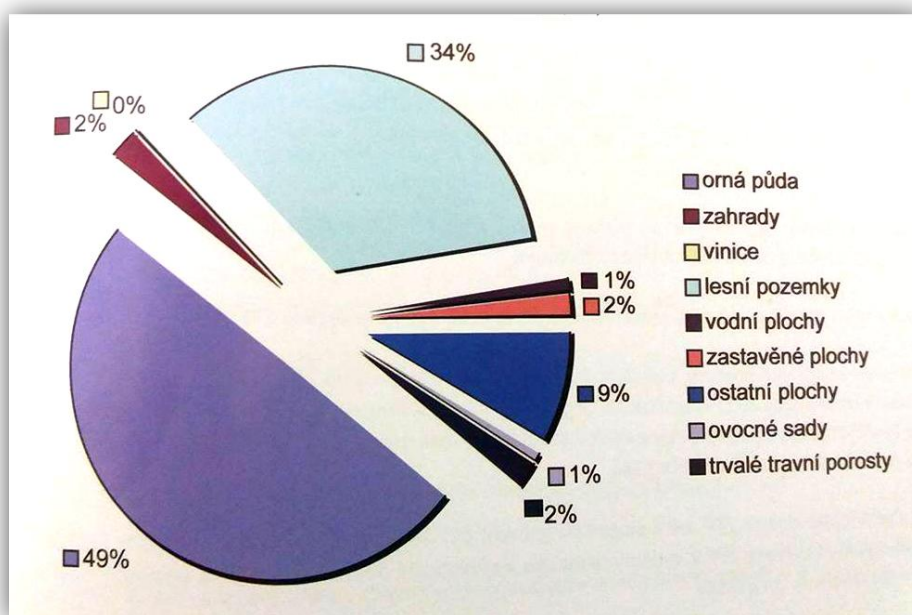
Obrázek č. 4: Půdní mapa Vyškovského okresu (1: 50 000) s vyznačenými lokalitami (ČGS 2016).

Geomorfologie

Okres Vyškov je tvořen dvěma ve střední Evropě významnými geologickými celky. Na západě je to Český masív v oblasti Dražanské vrchoviny a na východě Karpatská soustava. Mezi nimi se rozprostírá údolní niva v povodí řeky Hané, kterou nazýváme Vyškovský úval či Vyškovská brána. Dnešní větší část Vyškovského okresu spadá pod Karpatskou geologickou soustavu, která je součástí geologicky malé alpínské horské soustavy. Toto geologické složení není příliš pestré vzhledem k tomu, že zde nenajdeme vyvěřelé a přeměněné horniny, avšak geologické části regionu jsou dobře odlišeny složením a stářím usazených hornin. Nadmořská výška okresu Vyškov se pohybuje v rozmezí 250 – 300 metrů (Gregor 1965; Tlusták 1980).

Podnebí

Vyškovsko se nachází v přechodu oceánského a kontinentálního podnebí. Prostředí je zde velmi zdravé a to díky pravidelným přínosům čerstvého vzduchu z lesů Dražanské vysočiny. Dražanská vysočina spadá klimatologicky do oblasti Českomoravské vrchoviny. Zemědělství zde má optimální teplotní i srážkové podmínky pro pěstování náročnějších plodin (ječmen, cukrovka). Vyškovsko má poměrně malou větrnost, průměrná roční rychlost větru se pohybuje okolo 3,2 m/s. Zima je zde krátká (krátké trvání sněhové pokrývky), mírně teplá a velmi suchá. Průměrná roční teplota Vyškova je 9,1 °C a průměrná roční hodnota srážek se pohybuje od 500 – 600 mm/rok. Srážkových dnů je okolo 120 ročně, z toho asi jedna čtvrtina jsou srážky sněhové. Srážkové maximum je v červnu či červenci (Gregor 1965; Klvač 2004).



Obrázek č. 5: Grafické znázornění využití půdy okresu Vyškov z roku 2007 (Vrbacký a kol. 2009).

Pedologické poměry

Vyškovské půdy jsou velmi rozmanité, je to dáno zejména geologickou stavbou území, reliéfem terénu, porostem, klimatem, výškou hladiny podzemní vody i lidskou činností. Nejvíce se zde můžeme setkat s hnědozemí a černozemí (Okres Vyškov 1990). Vyškovský okres má již od nepaměti zemědělský charakter.

Podle obrázku č. 5 z celkové rozlohy okresu připadá na ornou půdu až 49% (Vrbacký a kol. 2009).

4.2 Charakteristika odběrových míst

Lokalita Vyškov (obr. č. 6)

Půdní typ - černice karbonátová

Lesní porost - jednalo se o náletový listnatý porost dřevin jasanů, bříz, jilmů, habrů a topolů.

Půda s trvale travním porostem - jednalo se o plochu trvale zatravněnou, která byla pravidelně kosena.

Orná půda – v době odběru se na poli pěstovala pšenice.

Městská půda - tato půda byla převážně zatravněná sloužící jako estetický prvek mezi stavbami a komunikacemi. Posekaná tráva byla často ponechávána na povrchu půdy.



Obrázek č. 6: Lokalita Vyškov

Lokalita Dědice (obr. č. 7)

Půdní typ - fluvizem modální

Lesní porost - tento převážně listnatý porost obsahoval buky, duby, javory, lípy, vrby místy i borovice a smrky.

Půda s trvale travním porostem - jednalo se o plochu trvale zatravněnou, která byla pravidelně kosena, docházelo zde i ke spásání husami.

Orná půda – pole byla často hnojena statkovými hnojivy z místní farmy, v době odběru se zde pěstovala pšenice.

Městská půda - tato půda byla převážně zatravněná sloužící jako estetický prvek kolem parkoviště. Posekaná tráva byla často ponechávána na povrchu půdy.



Obrázek č. 7: Lokalita Dědice

Lokalita Drnovice (obr. č. 8)

Půdní typ - hnědozem modální

Lesní porost - jednalo se převážně o listnatý porost dubů s jedinci borovic a bříz.

Půda s trvale travním porostem - jednalo se o plochu trvale zatravněnou, která byla pravidelně kosena.

Orná půda - v době odběru se na poli pěstovala pšenice.

Městská půda - tato půda byla převážně zatravněná sloužící jako estetický prvek kolem autobusové zastávky. Posekaná tráva byla často ponechávána na povrchu půdy.



Obrázek č. 8: Lokalita Drnovice

4.3 Metodika odběru půdních vzorků

Každá lokalita obsahovala 4 typy využití půd (lesní, orná, městská a travní porost). Z každé půdy byly odebrány 4 vzorky, které od sebe byly vzdáleny 10 m. Vzorky byly odebrány pomocí půdního vrtáku ($r = 2,5$ cm) z hloubky 0 až 40 cm v měsíci listopadu 2015.

4.4 Zpracování půdních vzorků

Jednotlivé půdní vzorky byly vysušeny při pokojové teplotě, poté z nich byly odstraněny velké částice skeletu, rostlinné a živočišné zbytky. Tyto vysušené vzorky byly zpracovány do požadované jemnozeme a to tím způsobem, že byly rozdrčeny a následně přesáty přes síto o průměru ok 0,25 mm.

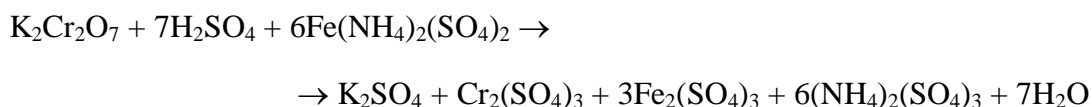
4.5 Stanovení obsahu humusu modifikovanou Tjurinovou metodou

Princip metody

Organická hmota je zoxidována přebytkem chromsírové směsi (dichroman draselný v kyselině sírové) podle rovnic:



Nespotřebované množství dichromanu draselného je stanoveno titrací Mohrovou solí (síran železnato-amonný) podle následující rovnice; konec titrace je indikován potenciometricky (titrace do mrtvého bodu).



Potřeby a zařízení

Síto, třecí miska, sušárna, magnetická míchačka s míchadlem, galvanometr s platinovými elektrodami, 100ml kádinky, hodinová skla, automatická pipeta, byreta 50ml.

Příprava činidel

Chromsírová směs (0,4N = 0,0667M $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$):

19,6148g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ rozpustit ve 400 ml destilované vody, za stálého chlazení postupně přidávat 500 ml koncentrované H_2SO_4 a doplnit na 1000 ml destilovanou vodou.

Mohrova sůl (0,1N = 0,1M $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$):

Rozpustit 39,21 g $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ v asi 300 ml destilované vody okyselené 20 ml koncentrované H_2SO_4 a doplnit na 1000 ml destilovanou vodou.

Postup stanovení

Do 100 ml kádinek bylo naváženo 0,2 až 0,3 g jemnozeme a následně do každé přidáno pomocí automatické pipety 10 ml chromsírové směsi. Kádinky bylo nutné zakrýt obráceným hodinovým sklem. Před tím než se vzorky vložily do předem rozehráté pece (125°C), jimi bylo třeba promíchat krouživým pohybem kádinky. Po 45 minutách byly vzorky vyjmuty z pece. Zásadní chvíle při stanovení organického uhlíku nastává, když vychladnou kádinky (vzorky). Každý jednotlivý vzorek si přelijeme do větší kádinky (300ml) a opláchneme destilovanou vodou hodinové sklíčko, kterým byla kádinka přiklopena, a také nezapomeneme opláchnout i stěny vzorkové kádinky. Do vzorku teď už ve 300ml kádince vložíme magnet a umístíme na magnetickou míchačku, na které si nastavíme 300 otáček. Poté potenciometricky titrujeme Mohrovou solí do mrtvého bodu (až se objeví trvalá výchylka ručičky na ukazateli). Výsledné množství spotřebované soli si zapíšeme a poté dosazujeme do vzorce pro výpočet celkové zásoby organického uhlíku.

4.6 Výpočet obsahu organického uhlíku v profilu (Zbiral 2004):

Faktor Mohrovy soli:	$f = 40 / a$
Obsah oxidovatelného uhlíku:	$C_{ox} = (12 - 0,3 * S * f) * 100 / N \quad [\%]$
Obsah humusu:	$\% \text{humusu} = 1,724 * C_{ox}$

f ... faktor Mohrovy soli

a ... spotřeba při titraci slepého vzorku [ml]

S ... spotřeba při titraci vzorku [ml]

N ... navážka vzorku v mg

1,724 ... Welteho koeficient

4.7 Výpočet celkové zásoby organického uhlíku v profilu (Cpool)

Výpočet zásoby uhlíku na jednotku plochy byl proveden na základě znalosti dat o hloubce horizontu, poloměru půdního vrtáku, objemové hmotnosti a množství organického uhlíku.

$V = \pi * r^2 * h$	[cm ³]
$\rho_d = m / V$	[g/cm ³]
$M = \rho_d * h * 10$	[kg/m ²]
$C_{pool} \text{ (do hloubky 40 cm)} = C_{ox} * M / 100$	[kg/m ²]

m ... hmotnost odebraného vzorku [g]

h ... hloubka horizontu [cm]

r ... poloměr půdního vrtáku [cm]

ρ_d ... objemová hmotnost [g/cm³]

C_{ox} ... množství organického uhlíku [%]

M ... hmotnost půdy na ploše 1 m² [kg/m²]

4.8 Výsledné zpracování dat

Pro každou lokalitu a využití půdy byl stanoven průměr, minimum, maximum, směrodatná odchylka a variační koeficient. Pro další zpracování byla použita analýza rozptylu (ANOVA), kde p hodnota určuje významný či nevýznamný rozdíl mezi

vzorky. Pokud je p hodnota větší než 0,05, nebyl zjištěn mezi testovanými vzorky statisticky průkazný rozdíl. Pokud je naopak p hodnota menší než 0,05, mezi testovanými vzorky existuje statisticky průkazný rozdíl a pokud je hodnota menší než 0,01, tak je mezi vzorky vysoce průkazný rozdíl.

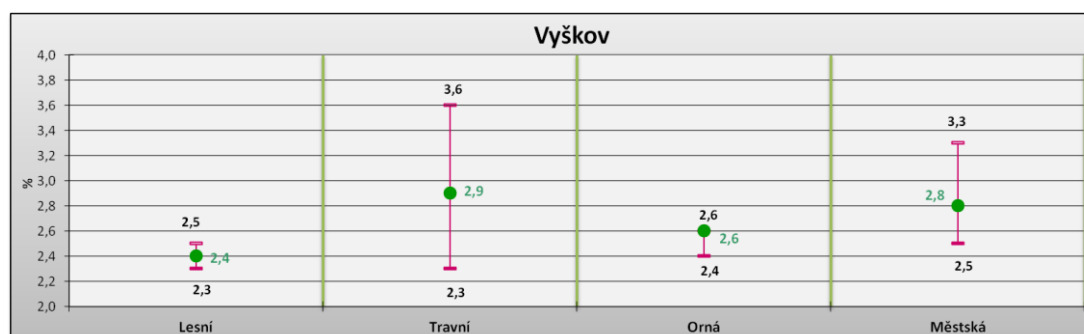
5 VÝSLEDKY

5.1 Vyhodnocení obsahu organického uhlíku

5.1.1 Lokalita Vyškov

Tabulka č. 1: Výsledky obsahu organického uhlíku ve Vyškově.

Typ porostu	Vyškov				
	Průměr	Sm. odch.	Var. Koef.	Min.	Max.
Lesní	2,4	0,1	3,1	2,3	2,5
Travní	2,9	0,5	18,5	2,3	3,6
Orná	2,6	0,1	2,5	2,4	2,6
Městská	2,8	0,3	10,7	2,5	3,3



Obrázek č. 9: Obsah organického uhlíku v jednotlivých typech využití půdy (průměr a variační rozpětí).

Jednotlivé průměrné hodnoty obsahu organického uhlíku se příliš neliší (tab. č. 1). Nejvyšší obsah SOC (2,9 %) byl zjištěn u trvale travních porostů (obr. č. 9). V půdě s travním porostem byla také zjištěna nejvýraznější směrodatná odchylka v obsahu SOC.

Dle analýzy rozptylu (ANOVA) není mezi jednotlivými typy využití půdy statisticky průkazný rozdíl ($F = 1,64$, $p = 0,2332$).

5.1.2 Lokalita Dědice

Tabulka č. 2: Výsledky obsahu organického uhlíku v Dědicích.

Typ porostu	Dědice				
	Průměr	Sm. odch.	Var. Koef.	Min.	Max.
Lesní	2,6	0,3	11,1	2,1	2,9
Travní	2,2	0,5	21,2	1,6	2,7
Orná	2,0	0,2	7,5	1,8	2,3
Městská	2,7	0,9	34,3	1,2	3,6



Obrázek č. 10: Obsah organického uhlíku v jednotlivých typech využití půdy (průměr a variační rozpětí).

Jednotlivé průměrné hodnoty obsahu organického uhlíku se mírně liší (tab. č. 2).

Nejvyšší obsah SOC (2,7 %) byl zjištěn v městské půdě, zde byla také nejvýraznější směrodatná odchylka (obr. č. 10). Nejméně SOC (2 %) pak bylo v půdě orné.

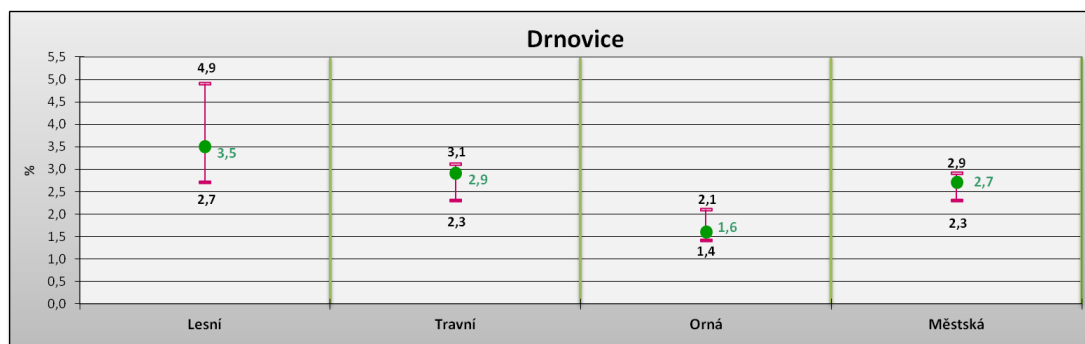
Dle analýzy rozptylu (ANOVA) není mezi jednotlivými typy využití půdy statisticky průkazný rozdíl ($F = 0,98$, $p = 0,436$).

5.1.3 Lokalita Drnovice

Tabulka č. 3: Výsledky obsahu organického uhlíku v Drnovicích

Typ porostu	Drnovice				
	Průměr	Sm. odch.	Var. Koef.	Min.	Max.
Lesní	3,5 b	0,9	25,8	2,7	4,9
Travní	2,9 b	0,3	11,8	2,3	3,1
Orná	1,6 a	0,3	16,5	1,4	2,1
Městská	2,7 b	0,3	9,3	2,3	2,9

Pozn.: Odlišná písmena ve sloupci znamenají průkazný rozdíl na hladině významnosti 0,05.

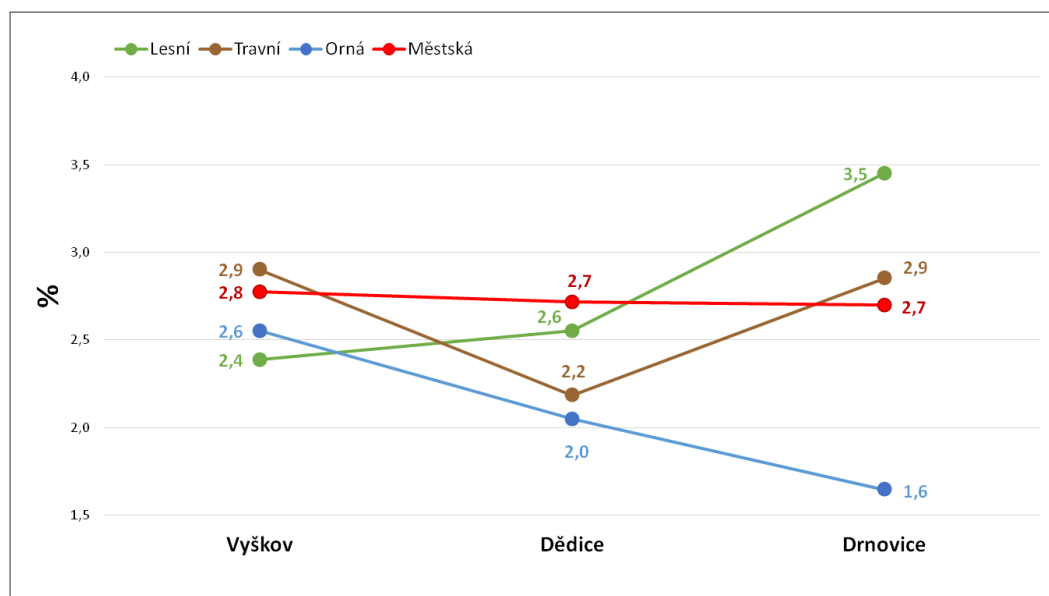


Obrázek č. 11: Obsah organického uhlíku v jednotlivých typech využití půdy (průměr a variační rozpětí).

Jednotlivé průměrné hodnoty obsahu organického uhlíku se výrazně liší (tab č. 3). Nejvyšší obsah SOC (3,5 %) byl zjištěn v lesní půdě, zde byla také nejvýraznější směrodatná odchylka (obr. č. 11). Nejméně SOC (1,6 %) pak bylo v půdě orné.

Dle analýzy rozptylu (ANOVA) je mezi jednotlivými typy využití půdy statisticky průkazný rozdíl ($F = 6,47$, $p = 0,0075$); orná půda měla vysoce průkazně nižší obsah SOC než ostatní způsoby využití půdy.

5.1.4 Porovnání obsahu SOC jednotlivých lokalit



Obrázek č. 12: Grafické znázornění obsahu SOC jednotlivých lokalit s typy využití půd.

Celkově se v obsahu SOC lokality mezi sebou příliš neliší, pouze u orných a lesních půd jsou rozdíly (obr. č. 12).

Nejvyšší obsah SOC (3,5 %) byl zjištěn u lesní půdy v Drnovicích, zde byla také zjištěna jedna ze dvou nejvyšších směrodatných odchylek (0,9 %) v obsahu SOC. V Drnovicích byl zjištěn i nejmenší obsah SOC (1,6 %) a to v orné půdě.

Nejmenší výkyvy v obsahu SOC měla lokalita Vyškov a to ve dvou typech půd, městské a lesní, kde směrodatná odchylka dosahovala pouze 0,1 %.

Dle analýzy rozptylu (ANOVA) nebyl zjištěn mezi jednotlivými lokalitami statisticky průkazný rozdíl ($F = 1,01$, $p = 0,3731$).

Porovnání obsahu SOC jednotlivých lokalit podle způsobu využití půdy

Tabulka č. 4: Analýza rozptylu (ANOVA) obsahu organického uhlíku mezi jednotlivými lokalitami podle druhu využití půd.

Typ porostu	P-hodnota	F-test
Lesní	0,0815	3,36
Travní	0,1519	2,34
Orná	0,0007	18,13
Městská	0,9864	0,01

V případě samotného hodnocení městských půd (tab. č. 4) nebyl zjištěn průkazný rozdíl mezi jednotlivými lokalitami ($p=0,9864$), stejně jako v případě půd trvalých travních porostů ($p=0,1519$). U lesních půd F-test rovněž neprokázal průkazný rozdíl mezi lokalitami, při podrobném hodnocení analýzy rozptylu byl ale zjištěn průkazně vyšší obsah v Drnovicích než ve Vyškově. V případě orných půd byl vysoce průkazný rozdíl mezi všemi lokalitami ($p=0,0007$), obsahy klesaly v pořadí Vyškov – Dědice – Drnovice. Tento výsledek odpovídá půdním typům jednotlivých lokalit.

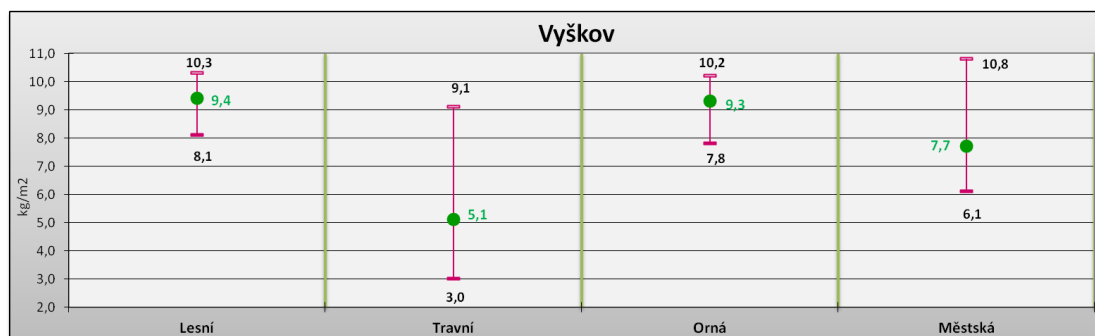
5.2 Vyhodnocení celkové zásoby organického uhlíku

5.2.1 Lokalita Vyškov

Tabulka 5: Výsledky zásoby organického uhlíku ve Vyškově.

Typ porostu	Vyškov				
	Průměr	Sm. odch.	Var. Koef.	Min.	Max.
Lesní	9,4 b	0,8	8,7	8,1	10,3
Travní	5,1 a	2,4	47,5	3,0	9,1
Orná	9,3 b	1,0	10,6	7,8	10,2
Městská	7,7 b	1,9	24,7	6,1	10,8

Pozn.: Odlišná písmena ve sloupci znamenají průkazný rozdíl na hladině významnosti 0,05.



Obrázek č. 13: Zásoba organického uhlíku v jednotlivých typech využití půdy (průměr a variační rozpětí).

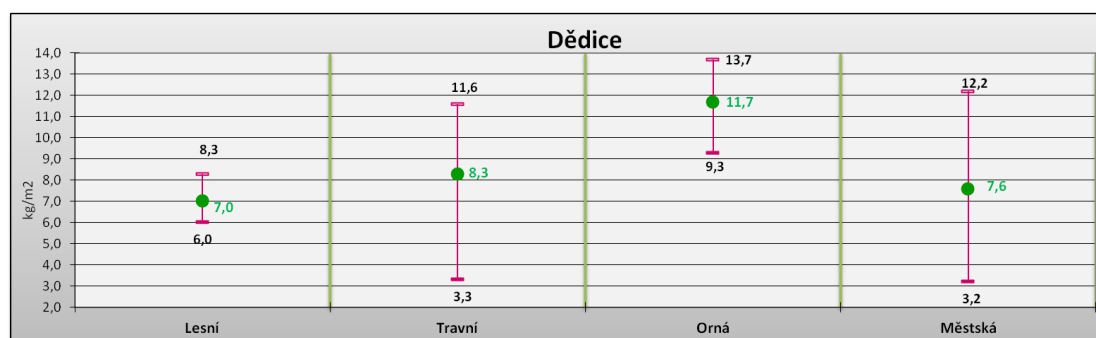
Největší průměrnou zásobu SOC ($9,4 \text{ kg/m}^2$) měla půda s lesním porostem (tab. č. 5). Naopak v půdě s travním porostem byla zjištěna nejmenší zásoba ($5,4 \text{ kg/m}^2$), kde však byla zjištěna nejvýraznější směrodatná odchylka v zásobě SOC (obr. č. 13).

Dle analýzy rozptylu (ANOVA) je mezi jednotlivými typy využití půdy statisticky průkazný rozdíl ($F = 4,33$, $p = 0,0275$.); půda s travním porostem měla průkazně nižší zásobu SOC než ostatní způsoby využití půdy.

5.2.2 Lokalita Dědice

Tabulka 6: Výsledky zásoby organického uhlíku v Dědicích.

Typ porostu	Dědice				
	Průměr	Sm. odch.	Var. Koef.	Min.	Max.
Lesní	7,0	0,9	12,3	6,0	8,3
Travní	8,3	3,2	38,0	3,3	11,6
Orná	11,7	1,7	14,1	9,3	13,7
Městská	7,6	3,4	44,4	3,2	12,2



Obrázek č. 14: Zásoba organického uhlíku v jednotlivých typech využití půdy (průměr a variační rozpětí).

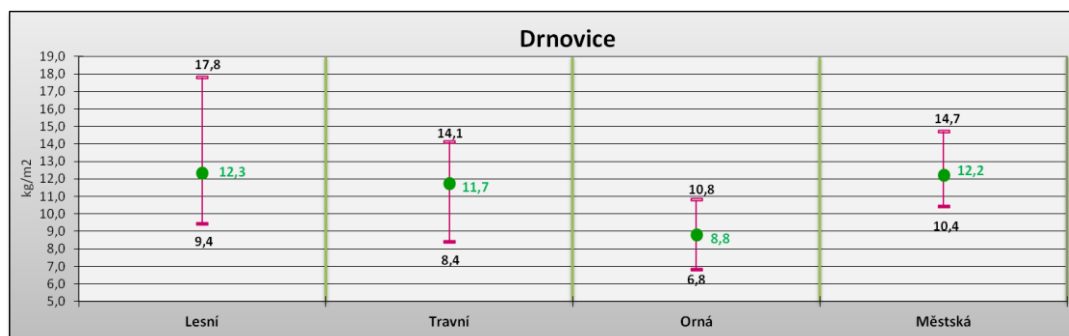
Největší průměrnou zásobu SOC ($11,7 \text{ kg/m}^2$) měla půda orná (tab. č. 6). Naopak v půdě s lesním porostem byla zjištěna nejmenší zásoba (7 kg/m^2). Největší výkyvy v zásobě SOC byly zjištěny u městské půdy (obr. č. 14).

Dle analýzy rozptylu (ANOVA) není mezi jednotlivými typy využití půdy statisticky průkazný rozdíl ($F = 2,14$, $p = 0,1484$), avšak při podrobném hodnocení analýzy rozptylu byla zjištěna průkazně vyšší zásoba v orné než v lesní půdě.

5.2.3 Lokalita Drnovice

Tabulka 7: Výsledky zásoby organického uhlíku v Drnovicích.

Typ porostu	Drnovice				
	Průměr	Sm. odch.	Var. Koef.	Min.	Max.
Lesní	12,3	3,4	27,2	9,4	17,8
Travní	11,7	2,1	18,2	8,4	14,1
Orná	8,8	1,5	16,9	6,8	10,8
Městská	12,2	1,6	13,0	10,4	14,7

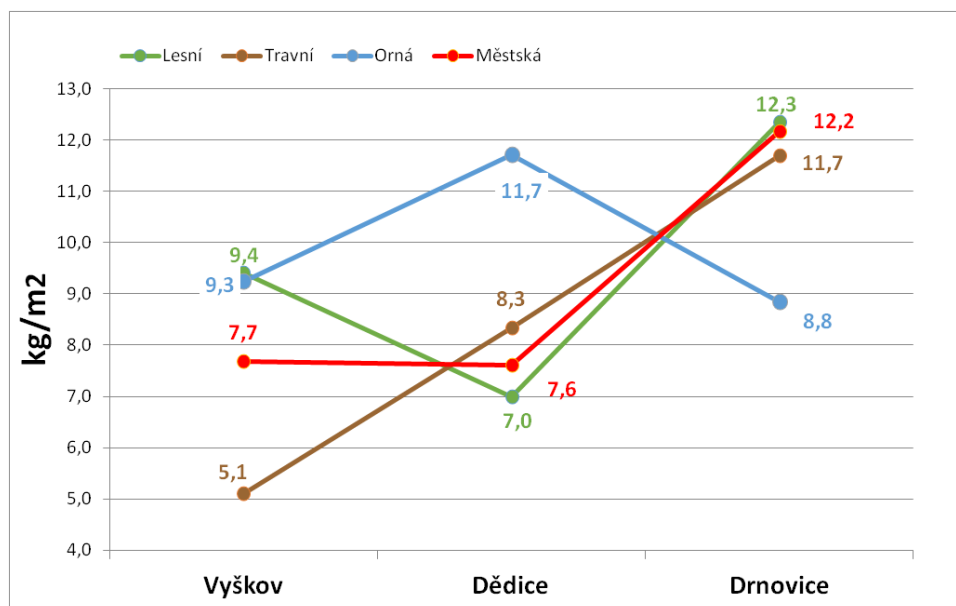


Obrázek č. 15: Zásoba organického uhlíku v jednotlivých typech využití půdy (průměr a variační rozpětí).

Největší průměrnou zásobu SOC ($12,3 \text{ kg/m}^2$) měla půda s lesním porostem (tab. č. 7), zde byla také zjištěna nejvyšší směrodatná odchylka (obr. č. 15). Naopak v orné půdě byla zjištěna nejmenší zásoba ($8,8 \text{ kg/m}^2$).

Dle analýzy rozptylu (ANOVA) není mezi jednotlivými typy využití půdy statisticky průkazný rozdíl ($F = 1,55$, $p = 0,2517$).

5.2.4 Porovnání zásoby SOC jednotlivých lokalit



Obrázek č. 16: Grafické znázornění zásoby SOC jednotlivých lokalit s typy využití půd.

Největší zásoba SOC ($13,3 \text{ kg/m}^2$) byla zjištěna u lesní půdy v Drnovicích, zde byla také zjištěna jedna ze dvou nejvyšších směrodatných odchylek ($3,4 \text{ kg/m}^2$). Ve Vyškově byla pak zjištěna nejmenší zásoba SOC ($5,1 \text{ kg/m}^2$) a to u trvale travních porostů. Nejmenší výkyvy zásoby SOC měla lokalita Vyškov ($0,8 \text{ kg/m}^2$) v lesní půdě (obr. č. 16).

Dle analýzy rozptylu (ANOVA) byl zjištěn mezi jednotlivými lokalitami statisticky průkazný rozdíl ($F = 6,34$, $p = 0,0038$), v Drnovicích byla zjištěna celkově větší zásoba SOC než na ostatních lokalitách.

Porovnání zásoby SOC jednotlivých lokalit podle způsobu využití půdy

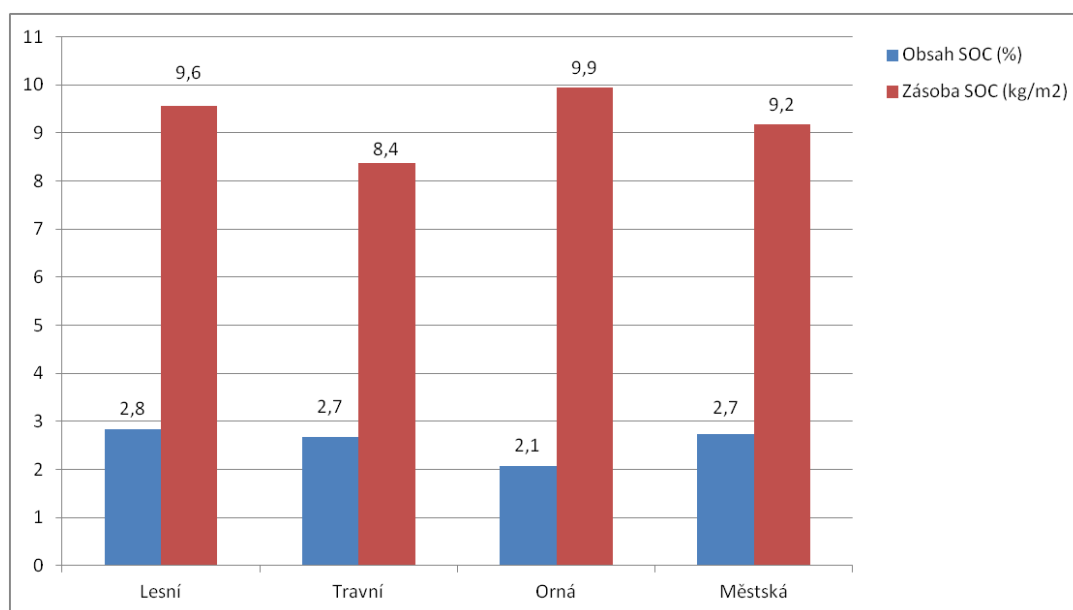
Tabulka č. 8: Analýza rozptylu (ANOVA) zásoby organického uhlíku mezi jednotlivými lokalitami podle druhu využití půd.

Typ porostu	P-hodnota	F-test
Lesní	0,0334	5,08
Travní	0,1846	2,27
Orná	0,0695	3,64
Městská	0,0742	3,52

V případě samotného hodnocení lesních půd byla zjištěna průkazně vyšší zásoba v Drnovicích než v Dědicích ($p = 0,0334$). Při hodnocení travních porostů nebyl zjištěn průkazný rozdíl mezi lokalitami ($p = 0,1846$), ale při podrobném hodnocení analýzy rozptylu byl zjištěn průkazně vyšší obsah v Drnovicích než na ostatních lokalitách. U orných půd nebyl rozdíl průkazný ($p = 0,0695$), ale při následné podrobné analýze byla prokázána vyšší zásoba v Dědicích než v Drnovicích.

V případě městských půd F-test rovněž neprokázal průkazný rozdíl ($p = 0,0742$) mezi lokalitami, avšak při podrobném hodnocení analýzy rozptylu byla zjištěna průkazně vyšší zásoba v Drnovicích než ve Vyškově (tab. č. 8).

5.3 Vyhodnocení jednotlivých výsledků v návaznosti na druhy využití půdy



Obrázek č. 17: Grafické znázornění obsahu a zásoby SOC jednotlivých druhů využití půdy.

Průměrné hodnoty obsahu SOC byly u všech druhů využití půdy velmi podobné, pouze u orné půdy měly hodnoty výrazně nižší.

Průměrná zásoba SOC byla ve všech typech využití velmi podobná, jen půda s trvale travním porostem se odlišovala svojí nejmenší zásobou SOC.

Nejvyšší průměrná zásoba SOC byla zjištěna v orné půdě, avšak zde byl zjištěn nejnižší obsah SOC, což je způsobeno vyššími hodnotami objemové hmotnosti půdy.

6 DISKUZE

Půdní vzorky byly odebírány v listopadu roku 2015 ze tří lokalit v okrese Vyškov, tak aby se nacházely v podobných podmínkách (geologické podloží, reliéf, klima aj.). Každá lokalita obsahovala 4 typy využití půd (lesní, orná, městská a travní porost). Na základě zjištěného obsahu půdního organického uhlíku (SOC), hloubky horizontu a objemové hmotnosti byla vypočtena celková zásoba SOC na jednotku plochy.

Podle Vopravila a kol. (2010) a jeho rozdělení půd podle obsahu organické hmoty (vyjádřeno v %) můžeme říci, že lokality obsahovaly mírně až středně humózní půdy.

Práce vycházela ze dvou hypotéz. Podle první hypotézy je zásoba uhlíku v půdách pod lesním porostem vyšší než v půdách se zemědělským využitím (orná a trvale travní porost). Druhá hypotéza říkala, že v zemědělských půdách je zásoba uhlíku vyšší než v městských půdách. Ovšem získané výsledky tyto hypotézy nepotvrdily.

První lokalita Vyškov potvrdila pouze první hypotézu, protože lesní půda zde obsahovala větší zásobu SOC než půda zemědělská. Druhá hypotéza však nebyla potvrzena, protože městské půdy obsahovaly větší zásobu než půdy s trvale travním porostem, což mohlo být způsobeno tím, že v městských půdách se zanechávala posekaná tráva jako přírodní hnojivo, o čem se zmiňují i Kadlec a kol. (2012). Orná půda zde měla velmi podobnou zásobu jako půda s lesním porostem, což mohlo být způsobeno převážně listnatým porostem lesa (jasan, bříza, jilm, habr, topol), protože opad listnatých lesů se snáze rozkládá než ten z jehličnatých druhů.

Druhá lokalita Dědice hypotézy také zcela nepotvrdila. Největší zásoba SOC byla zjištěna v orné půdě, tento jev mohl být způsoben vlivem promyšlených osevních postupů a dostatečným hnojením statkovými hnojivy, ke stejnému závěru dospěli i Freibauer a kol. (2004). Naopak půda s lesním porostem obsahovala nejmenší zásobu ze všech čtyř typů využití půdy, což mohlo mít příčinu v druhovém složení lesa (buky, duby, javory, lípy, vrby, místy borovice a smrky), který byl převážně listnatý, ale zejména v tom, že tato lesní půda vykazovala sice největší obsah SOC, ale měla nízkou objemovou hmotnost a naopak orná půda byla poměrně silně zhutněná a měla větší objemovou hmotnost.

Třetí lokalita Drnovice potvrdila taky pouze první hypotézu a to tím, že lesní půda zde obsahovala větší zásobu než půdy zemědělské. Druhá hypotéza nebyla potvrzena, protože městské půdy obsahovaly větší zásobu než půdy zemědělské.

Ani výsledky průměrných zásob všech tří lokalit nám hypotézy nepotvrdily. První hypotéza, že lesní půdy budou mít vyšší zásobu SOC oproti půdám zemědělským (orná a trvale travní porost), se potvrdila jen z části.

U lesních půd byl sice zjištěn nejvyšší obsah SOC ze všech druhů využití půd, ale u zásoby SOC tomu tak nebylo. Orné půdy obsahovaly větší zásobu SOC než půdy lesní. Hlavním důvodem tohoto jevu může být, že orné půdy v době odběru, tedy po sklizni, byly velmi zhutněné a měly vysokou objemovou hmotnost oproti lesním půdám, které mají objemovou hmotnost nižší a poměrně stálou v průběhu roku. Po přepočtu obsahu SOC a objemové hmotnosti obsahovala tedy lesní půda menší zásobu než půda orná.

K podobnému závěru a pochopení mechanismů SOC v lesních půdách dospěl i Lal (2005) ve své práci.

Avšak když srovnáme půdu lesní a trvalý travní porost, můžeme první hypotézu potvrdit, jelikož lesní půda obsahovala mnohem větší zásobu. I když obě půdy obsahovaly průměrně téměř stejný obsah SOC, tak v půdách s trvalým travním porostem byla nakonec zjištěna průměrně menší zásoba SOC. Tento jev si můžeme vysvětlit tím, že svrchní vrstva půdy s trvalým travním porostem je dostatečně prokořeněná, kyprá s množstvím pórů a nízkou objemovou hmotností; k podobným výsledkům dospěli i Edmondson a kol. (2014) ve své studii.

U orných půd se ukázalo, že zásoba SOC závisí zejména na typu půdy a hospodaření s ní. Lokality byly seřazeny sestupně dle kvality půdního typu. První lokalita Vyškov obsahovala nejkvalitnější půdu (černice karbonátová), tudíž byl předpoklad, že zde bude mít největší obsah SOC, což se také potvrdilo. Největší zásoba SOC však byla zjištěna v Dědicích, což mohlo být způsobeno častým hnojením statkovými hnojivy z přílehlé farmy, tudíž zde byl převážen faktor typu půdy faktorem obhospodařování, což bylo vyjádřeno i ve studii Kadlece a kol. (2012).

Druhá hypotéza také nebyla potvrzena. Podle ní se předpokládalo, že v zemědělských půdách bude zásoba uhlíku vyšší než v městských půdách. Tato

práce však zjistila odlišné výsledky, které se přiklánějí například ke studii Bae a Ryu (2015), kde městská půda figuruje jako významný zásobník uhlíku.

I když městské půdy a půdy s trvalým travním porostem obsahovaly stejné množství SOC, tak zásoba byla odlišná. Městské půdy obsahovaly téměř vždy vyšší zásobu SOC než půdy s trvalým travním porostem.

Tento jev mohl být způsobem například managementem, protože na rozdíl od trvale travních porostů byla posekaná tráva městských půd často ponechávána na povrchu půdy jako přírodní hnojivo.

Mnou zkoumané městské půdy slouží jako estetický prvek kolem autobusových zastávek, parkovišť a komunikací. Je zde tedy velký pohyb lidí, kteří na tuto půdu šlapou, a tím dochází k jejímu zhutnění a tedy vysoké objemové hmotnosti, proto při přepočtu na celkovou zásobu SOC mají městské půdy vyšší hodnoty.

Dále může být vyšší hodnota způsobena omezeným rozkladem organické hmoty vlivem znečištění z přilehlých komunikací. K podobným výsledkům dopěla i práce Štikové (2011).

Celkově jde říci, že lesní půdy téměř vždy dosahovaly vysokých hodnot zásoby SOC, proto jde souhlasit například s výzkumem Liski a kol. (2002), že lesní půdy jsou velkým zásobníkem uhlíku.

Tyto výsledky však nelze zobecňovat pro celou Českou republiku, protože můj výzkum se týkal převážně listnatých lesů a oblastí od 250 – 300 m n. m. Dá se tedy předpokládat, že u lesů s odlišnou druhovou skladbou a ve vyšší nadmořské výšce budou výsledky odlišné.

7 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo stanovit zásobu organického uhlíku v půdách s různým typem využití a na základě těchto výsledků odhadnout míru závislosti zásoby uhlíku právě na typu využití půdy.

První hypotéza této práce byla potvrzena jen při porovnávání lesní půdy a půdy s trvale travním porostem. V tomto případě lesní půda opravdu obsahovala mnohem větší zásobu.

Druhá hypotéza také nebyla zcela potvrzena, protože městské půdy obsahovaly větší zásobu SOC než půdy s trvalým travním porostem, ale naopak při porovnání městských a orných půd můžeme druhou hypotézu potvrdit.

Z celkových výsledků méj diplomové práce vyplývá, že vedle způsobu využití půdy má na zásobu uhlíku v půdě rozhodně vliv také způsob hospodaření. Což se ukázalo zejména na druhé lokalitě Dědice, kde pole byla často přihnojována statkovými hnojivy a zásoba SOC tak výrazně přesahovala ostatní typy využití půd. Proto lze pro praxi rozhodně doporučit používání postupů pro vyšší ukládání uhlíku, jako je například organické hnojení a minimální zpracování půdy.

Přínosem méj práce je zejména porovnání množství uhlíku v jednotlivých typech využití a analýza působících faktorů. Práce ukázala, jak odlišné výsledky mohou vycházet při porovnávání obsahu a zásoby SOC.

Abychom dokázali dostatečně pochopit procesy v ukládání uhlíku, musíme znát všechny faktory, které se méně či více na tomto procesu podílejí a ovlivňují ho.

Tyto informace a znalosti můžeme získat z komplexnějších odběrů vzorků. Myslím si, že by bylo potřeba zhodnotit jak prostorové (jiné nadmořské výšky) tak i časové varianty (dlouhodobé sledování).

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Ankela.mendelu, 2014: Koloběh uhlíku v půdě. Provozně ekonomická fakulta Mendelu, Brno, online: https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/inovace/Ekologie_lesa/Pracovni%20sesit_3.pdf, cit. 16. 3. 2016

BAE J., RYU Y., 2015: Land use and land cover changes explain spatial and temporal variations of the soil organic carbon stocks in a constructed urban park. *Landscape and Urban Planning* 136: 57–67.

BAIER J., 1969: Abeceda výživy a hnojení rostlin. Státní zemědělské nakladatelství, Praha

BARANČÍKOVÁ G., MAKOVNÍKOVÁ J., SKALSKÝ R., TARASOVIČOVÁ Z., NOVÁKOVÁ M., HALÁS J., GUTTEKOVÁ M., KOCO Š., 2012: Simulation of soil organic carbon changes in slovak arable land and their environmental aspects. *Soil & Water Research* 2: 45–51.

BRADY N., WEIL R., 2002: The nature and properties of soils. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey

BRADY N. C., 1990: The nature and properties of soils. Macmillan Publishing Co., New York, NY

BREUER L., HUISMAN J. A., KELLER T., FREDE H-G., 2006: Impact of a conversion from cropland to grassland on C and N storage and related soil properties: Analysis of a 60-year chronosequence. *Geoderma* 133: 6 – 18.

ČGS, 2016: Česká geologická služba, online: <http://mapy.geology.cz/pudy/>, cit. 18. 2. 2016

Deník veřejné správy, 2012: Využití území. Triada, Praha, online: http://www.dvs.cz/images/art/6557421_3.png, cit. 10. 3. 2016

EDMONDSON J.L., DAVIES Z.G., MCCORMACK S.A., GASTON K.J., LEAKE J.R., 2014: Land-cover effects on soil organic carbon stocks in a European city. *Science of the Total Environment*, UK 472: 444–453.

FREIBAUER A., ROUSEVELL M. D. A., SMITH P., VERHAGEN J., 2004: Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma* 472: 444–453.

GREGOR A., CHALUPKA G., NEKUDA V., RADIMSKÝ J., 1965: Vyškovsko. Musejní spolek v Brně, Brno

HRADIL R., 2015: Půda: zdravá, živá, úrodná. Bioinstitut, Olomouc

HU K. L., LI H., LI B. G., HUANG Y. F., 2007: Spatial and temporal patterns of soil organic matter in the urban-rural transition zone of Beijing. *Geoderma* 141: 302 – 310.

CHAPIN F. S., MATSON P. A., MOONEY H. A. 2002: Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer Science and Business Media, New York

JURČÍK F., 1978: Živiny v půdě. Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR, Praha

JŮVA K., ZACHAR D., KLEČKA A., 1975: Půdní fond ČSSR: ochrana, využití a zvelebení. Academia, Praha

KADLEC V., HOLUBÍK O., PROCHÁZKOVÁ E., URBANOVÁ J., TIPPL M., 2012: Soil organic carbon dynamics and its influence on the soil erodibility factor. Research institute for soil and water conservation, Praha 3: 97–108.

KIRSCHBAUM M. U. F., 2003: Can trees buy time? An assessment of the role of vegetation sinks as part of the global carbon cycle. *Climatic Change* 58: 47-71.

KLVAČ P., 2004: Drnovice: příroda, historie, současnost. Občanské sdružení Drnka a obecní úřad Drnovice, Drnovice

- KOZÁK J., NĚMEČEK J., 2009: Atlas půd České republiky. ČZU Praha, Praha
- KUTÍLEK M., 2012: Půda planety Země. Dokořán, Praha 5
- LAL R., 2004: Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123: 1–22.
- LAL, R. 2005: Forest soils and carbon sequestration. The Ohio State University, *Forest Ecology and Management* 220: 242–258.
- LISKI J., PERRUCHOUD D., KARJALAINEN T., 2002: Increasing carbon stocks in the forest soils of western Europe, *Forest Ecology and Management* 169: 159-175.
- NÁTR L., 2006: Země jako skleník: proč se bát CO₂?. Průhledy (Academia), Praha
- OKRES VYŠKOV, 1990: Okres Vyškov-Vlastivědná mapa 1:100 000. Kartografie, Praha
- POEPLAU C., Don A. 2013: Sensitivity of soil organic carbon stocks and fractions to different land-use changes across Europe. *Geoderma* 192: 189–201.
- RANDUSOVÁ A., 2014: Úbytek organické hmoty. Sdružení pro ochranu půdy, Praha, online: <http://www.ochrana-pudy.cz/hrozby-pro-pudu/ubytok-organicke-hmoty/ubytok-organicke-hmoty/2014/09/06/>, cit. 20. 2. 2016
- Sdružení pro ochranu půdy, 2013: Půdní fond ČR. Praha, online: <http://www.ochrana-pudy.cz/pudni-fond-cr/>, cit. 10. 3. 2016
- SCHNITZER M., KHAN S. U., 1978: Soil organic matter. Elsevier Science Publishers. Amsterdam
- ŠARAPATKA B., URBAN J., 2006: Ekologické zemědělství v praxi. Pro-bio, Šumperk

ŠARAPATKA B., 2010: Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Bioinstitut, Olomouc

ŠARAPATKA B., 2014: Pedologie a ochrana půdy. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc

ŠTIKOVÁ M., 2011: Zásoby organického uhlíku v městských půdách. Diplomová práce. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra pedologie a ochrany půd, Česká zemědělská univerzita v Praze

TLUSTÁK V., 1980: Příroda Vyškova. Muzeum Vyškova, Vyškov

TOMÁŠEK M., 2003: Půdy České republiky. Česká geologická služba, Praha

VOLTR V., 2011: Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí. Ústav zemědělské ekonomiky a informací, Praha

VOPRAVIL J., KHEL T., VRABCOVÁ T., NOVÁK P., NOVOTNÝ I., HLADÍK J., VAŠKŮ Z., JACKO K., ROŤNOVSKÝ J., JANEČEK M., VÁCHA R., PIVCOVÁ J., KVÍTEK T., NOVÁK P., FUČÍK P., ČERMÁK P., JANKŮ J., PÍRKOVÁ I., PAPAJ V., BANÝROVÁ J., 2010: Půda a její hodnocení v ČR. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha

VRBACKÝ F., SMEJKAL P., HÁJEK P., HÁJKOVÁ H., HEINZOVÁ G., KULISINOVÁ A., TELIČKA J., KUTÁLEK., 2009: O životním prostředí ve Vyškově a okolí. Vyškov: Město, Vyškov

WIESMEIER M., SPÖRLEIN P., GEUß U., HANGEN E., HAUG S., REISCHL A., SCHILLING B., VON LÜTZOW M., KOÖGEL-KNABNER I., 2012: Soil organic carbon stocks in southeast Germany (Bavaria) as affected by land use, soil type and sampling depth. *Global Change Biology* 18: 2233–2245.

YU D. S., SHI X. Z., WANG H.J., SUN W.X., CHEN J.M., LIU Q.H., ZHAO Y.C., 2007: Regional patterns of soil organic carbon stocks in China. *Journal of Environmental Management* 85: 680 – 689.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění

Zákon č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a o změně

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, v platném znění

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), v platném znění

Zákon č. 252/1997 Sb., o zemědělství, v platném znění

Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon), v platném znění

Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, v platném znění

Zákona č. 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, ve znění pozdějších předpisů, v platné znění.

ZBÍRAL J., 2004: Jednotné pracovní postupy-Analýza půd III. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno

9 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázky:

Obrázek č. 1: Postavení pedologie a oblasti jejího zájmu pedosféry v systému jednotlivých přírodovědných disciplín (Tomášek 2003).

Obrázek č. 2: Grafické znázornění využití území v ČR (%) v roce 2010 (Deník veřejné správy 2012).

Obrázek č. 3: Znázornění koloběhu uhlíku v půdě (Ankela.mendelu 2014).

Obrázek č. 4: Půdní mapa Vyškovského okresu (1: 50 000) s vyznačenými lokalitami (ČGS 2016).

Obrázek č. 5: Grafické znázornění využití půdy okresu Vyškov z roku 2007 (Vrbacký a kol. 2009).

Obrázek č. 6: Lokalita Vyškov

Obrázek č. 7: Lokalita Dědice

Obrázek č. 8: Lokalita Drnovice

Obrázek č. 9: Obsah organického uhlíku v jednotlivých typech využití půdy (průměr a variační rozpětí).

Obrázek č. 10: Obsah organického uhlíku v jednotlivých typech využití půdy (průměr a variační rozpětí).

Obrázek č. 11: Obsah organického uhlíku v jednotlivých typech využití půdy (průměr a variační rozpětí).

Obrázek č. 12: Grafické znázornění obsahu SOC jednotlivých lokalit s typy využití půd.

Obrázek č. 13: Zásoba organického uhlíku v jednotlivých typech využití půdy (průměr a variační rozpětí).

Obrázek č. 14: Zásoba organického uhlíku v jednotlivých typech využití půdy (průměr a variační rozpětí).

Obrázek č. 15: Zásoba organického uhlíku v jednotlivých typech využití půdy (průměr a variační rozpětí).

Obrázek č. 16: Grafické znázornění zásoby SOC jednotlivých lokalit s typy využití půd.

Obrázek č. 17: Grafické znázornění obsahu a zásoby SOC jednotlivých druhů využití půdy.

Tabulky:

Tabulka 1: Výsledky obsahu organického uhlíku ve Vyškově.

Tabulka č. 2: Výsledky obsahu organického uhlíku v Dědicích.

Tabulka č. 3: Výsledky obsahu organického uhlíku v Drnovicích.

Tabulka č. 4: Analýza rozptylu (ANOVA) zásoby organického uhlíku mezi jednotlivými lokalitami podle druhu využití půd.

Tabulka č. 5: Výsledky zásoby organického uhlíku ve Vyškově.

Tabulka č. 6: Výsledky zásoby organického uhlíku v Dědicích.

Tabulka č. 7: Výsledky zásoby organického uhlíku v Drnovicích.

Tabulka č. 8: Analýza rozptylu (ANOVA) zásoby organického uhlíku mezi jednotlivými lokalitami podle druhu využití půd.