

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Zemědělská fakulta

Studijní program: B4131 – Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Aktuální stav půdní organické hmoty ve vybraných lokalitách Stropnicka

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martina Kobesová

Autor bakalářské práce: Jan Borovka

České Budějovice, duben 2016

### Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské 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.

Dne.....

Podpis.....

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval Ing. Lubomíru Bodlákovi, Ph.D., který po většinu času vedl mou bakalářskou práci za jeho cenné rady, vstřícnost, ochotu a trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Martině Kobesové, která převzala vedení mé bakalářské práce za věcné připomínky, pomoc při dokončování práce a za pomoc při práci v laboratoři. V neposlední řadě děkuji mé rodině za podporu při studiu.

## **Abstrakt**

Hlavním cílem bakalářské práce bylo, na základě odebraných vzorků půd, určit aktuální stav půdní organické hmoty (SOM) v subpovodích řeky Stropnice. SOM představuje hlavní zásobárnu uhlíku v půdě. Množství půdního organického uhlíku (SOC) bylo ve vzorcích měřeno pomocí přístroje FORMACS<sup>HT</sup> TOC/TN ANALYZER a pomocí přídatného modulu PRIMACS<sup>MCS</sup> (fa Skalar - CARBON Instruments s.r.o.). Hodnoty zjištěné za rok 2014 byly porovnány podle využití území (les, TTP, orná půda) a podle hloubky odběru (A: 0-15 cm, B: 15-30 cm, C: 30-45 cm). Dále byly tyto hodnoty porovnány s hodnotami z let 2001 a 2007. Největší obsah SOC byl zjištěn u svrchních vrstev lesních půd, menší obsah vykazovaly půdy travních porostů, nejméně obsahovaly orné půdy. Z časového hlediska je patrný úbytek SOC u všech kategorií využití území.

**Klíčová slova:** půdní organická hmota, SOC, Stropnicko, lesní půda, orná půda, trvalý travní porost

## **Abstract**

The main objective of this thesis was to determine the current status of soil organic matter (SOM) in the Stropnice River basin based on the collected soil samples. SOM is a major source of carbon in the soil. The amount of soil organic carbon (SOC) in the samples was measured using the FORMACS<sup>HT</sup> TOC / TN analyser, as well as the additional module PRIMACS<sup>MCS</sup> (fa Skalar - CARBON Instruments Ltd.). The values measured in 2014 were compared according to the land use (woodland, grassland, arable land) and the depth of sampling (A: 0-15 cm, B: 15 - 30 cm, C: 30 - 45 cm). Furthermore, these values were compared with values from 2001 and 2007. The highest SOC concentration was found in the upper layers of forest soils, grassland soils showed lower SOC content, whereas the arable land showed the lowest amount of SOC. Over the time, depletion of SOC is evident for all categories of land use.

**Key words:** soil organic matter, SOC, Stropnicko, forest soil, arable land, grassland

## Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>8</b>
1.1    Dílčí cíle .....	8
<b>2. Literární přehled.....</b>	<b>9</b>
2.1    Litosféra.....	9
2.1.1    Minerály (nerosty).....	10
2.1.2    Horniny .....	11
2.2    Půda .....	12
2.3    Vznik půdy .....	13
2.4    Složení půdy .....	18
2.4.1    Plynná složka půdy .....	18
2.4.2    Kapalná složka půdy .....	20
2.4.3    Pevná složka - minerální podíl půdy .....	21
2.4.4    Pevná složka - organický podíl půdy .....	21
2.5    Půdní organická hmota (SOM).....	22
2.5.1    Jednotlivé složky SOM .....	23
2.5.2    Rozklad SOM.....	24
2.6    Fyzikální vlastnosti půdy.....	26
2.7    Chemické vlastnosti půdy .....	29
2.7.1    Prvky v půdě .....	29
2.7.2    Půdní reakce.....	31
2.7.3    Půdní sorpční komplex .....	32
2.8    Degradace půdy .....	33
2.9    Popis zájmového území.....	35
<b>3. Metodika .....</b>	<b>37</b>
3.1    Odběr vzorků .....	37
3.2    Zpracování vzorků.....	38

3.3	Analýza vzorků.....	39
3.4	Zpracování dat .....	40
<b>4.</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>41</b>
4.1	Hodnoty SOC v roce 2014 .....	41
4.2	Rozdíly mezi povodími .....	42
4.3	Porovnání zjištěných hodnot s výsledky z roku 2001 a 2007 .....	43
<b>5.</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>46</b>
5.1	Hodnoty SOC v roce 2014 .....	46
5.2	Rozdíly mezi povodími .....	48
5.3	Porovnání zjištěných hodnot s výsledky z roku 2001 a 2007 .....	49
<b>6.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>50</b>
<b>7.</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>51</b>
<b>8.</b>	<b>Obrazová příloha .....</b>	<b>55</b>

## **1. Úvod**

Půda je neobnovitelný zdroj. Lidstvo je závislé na její produkční schopnosti i na jejích mimoprodukčních funkcích. Vznik půdy je proces pomalý, degradace může být naopak velmi rychlá. Vlivem současného hospodaření v krajině se ve většině případů lze setkat s mnoha negativními dopady na půdu. Hlavními problémy je vodní a větrná eroze, utužení půdy, okyselování půdy, zábor půdy a úbytek organické hmoty v půdě (SOM).

SOM má v půdě nenahraditelné funkce. Je zdrojem živin, podílí se na sorpci a uvolňování živin, na retenci a infiltraci vody v krajině, tvoří půdní strukturu a ovlivňuje provzdušnění půdy. Množství SOM ovlivňuje schopnost půdy překonat extrémní výkyvy počasí. Stav SOM ovlivňuje kvalitu vod odtékajících z území.

Cílem bakalářské práce bylo, na základě odebraných půdních vzorků, stanovit aktuální stav SOM ve vybraných lokalitách Stropnicka. Práce vycházela ze základního předpokladu přibývání SOM v lesních půdách a v půdách z luk a pastvin. U vzorků z orné půdy byl předpokládán úbytek.

### **1.1 Dílčí cíle**

- zpracování a analýza půdních vzorků z roku 2014
- porovnání aktuálního stavu půdního uhlíku (SOC) s hodnotami z minulých let
- zjištění změn stavu SOM v závislosti na způsobu využívání půdy

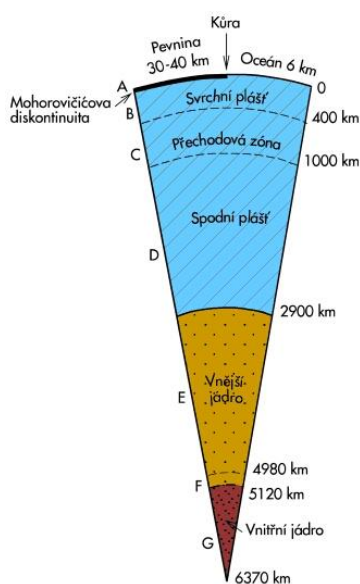
## 2. Literární přehled

### 2.1 Litosféra

Země je složena ze zemské kůry, pláště a jádra (obrázek č. 1). Tyto tři složky tvoří litosféru a hlouběji se nacházející astenosféru. Litosféra je pevná a je tvořena zemskou kůrou a svrchní částí pláště. Astenosféra je plastická a je tvořena spodní částí pláště a jádrem. Pevná litosféra se pohybuje po plastické astenosféře (Ledvina a kol., 1992). Pavel a kol. (1984) uvádí, že stoupá teplota, tlak a hustota hmoty směrem od povrchu do nitra Země. Jednotlivé vrstvy Země se vyznačují specifickým chemickým složením a fyzikálními vlastnostmi. Části litosféry popisuje následovně:

- A) Zemská kůra se vyznačuje nejpestřejším složením a stavbou ze všech vrstev Země. Dělí se na kontinentální a oceánickou. Ty se od sebe odlišují svou mocností a složením jednotlivých vrstev.
- B) Mohorovičičova diskontinuita tvoří hranici mezi zemskou kůrou a svrchním pláštěm. Vyznačuje se náhlým vzestupem teploty a hustoty.
- C) Svrchní plášť je složen z těstovité části – tzv. astenosféry. Dále se skládá z pevné vrstvy, která spolu s nad ní ležící zemskou kůrou tvoří litosféru.

Obrázek č. 1: Bullenův model vnitřní stavby Země



Převzato od: <https://leporelo.info/bullenuv-model-zeme>



### **2.1.1 Minerály (nerosty)**

Šimek (2005) uvádí, že zemskou kůru tvoří horniny, které jsou tvořeny minerály (nerosty). Složení hornin je heterogenní a nelze jej vyjádřit chemickým vzorcem. Naopak složení minerálů je homogenní a lze jej vyjádřit chemickým vzorcem. Každý minerál je charakteristický určitými znaky, které ovlivňují jeho fyzikální a chemické vlastnosti. Těmito znaky jsou barva, štěpnost, tvrdost, hustota, lesk a celkový vzhled. Základní dělení minerálů je na primární a sekundární. Z velkého počtu minerálů, které rozeznává mineralogie, se stavby zemské kůry účastní pouze malé množství. Jedná se o tzv. minerály horninotvorné (Stejskal, 1967).

#### **Primární minerály**

Podle Krafta a Mentlíka (2004) jako primární minerály označujeme ty, které se po vzniku horniny nezměnily. Tyto minerály lze dále rozdělit podle kvantitativního zastoupení v horninách na podstatné, vedlejší a akcesorické. Podstatné jsou hlavní složkou horniny. Vedlejší tvoří menší množství (do 10 %) a udávají odrůdu horniny. Akcesorické jsou v horninách zastoupeny v malém množství (1-2 %).

#### **Sekundární minerály**

Podle Schlesingera (1997) jsou sekundární minerály vedlejším produktem zvětrávání primárních minerálů. Nejčastěji vznikají chemickým zvětráváním. Díky svým drobným částicím (< 0,002 mm) významně ovlivňují chemické a strukturální vlastnosti půd.

#### **Horninotvorné minerály**

##### **Minerály tvořící vyvřelé horniny**

Kachlík a Chlupáč (2001) uvádějí, že nejvýznamnějšími horninotvornými minerály jsou silikáty. Jejich podíl na tvorbě hornin je více než 90 %. Skládají se z křemíku, kyslíku a z jednoho či více kovů. Množství  $\text{SiO}_2$  v horninách je využíváno k začlenění mezi horniny kyselé (obsah  $\text{SiO}_2 > 65 \%$ ), intermediální ( $\text{SiO}_2$  52-65 %), bazické ( $\text{SiO}_2$  52-44 %) a ultrabazické ( $\text{SiO}_2 < 44 \%$ ).

Složení horninotvorných minerálů se navenek projevuje jejich barvou. Podle barvy se minerály dělí na světlé (křemen, živce, světlá slída aj.) a tmavé omické,

hořečnat-železnaté (olivín, pyroxeny, amfiboly, tmavá slída aj.). Mezi další minerály tvořící vyvřelé horniny patří sulfidy a uhličitany (Pavel a kol., 1984).

#### Minerály tvořící usazené horniny

Podle Ledviny a kol. (1992) tvoří usazené horniny následující čtyři skupiny minerálů:

- A) Úlomkovité minerály - uvolnily se při zvětrávání původní horniny a byly přeneseny na místo sedimentace, kde zůstaly bez následných chemických přeměn. Patří sem např. křemen, živce a slída.
- B) Vysrážené minerály - vysrážely se z chemických roztoků. Největší skupinu tvoří fosfáty, sírany, chloridy aj.
- C) Jílové minerály - vznikly buď při zvětrání původní horniny, nebo vysrážením z roztoků při vzniku sedimentu. Tvoří přechodnou skupinu mezi úlomkovitými a vysráženými minerály.
- D) Organické zbytky - tvoří je těla odumřelých těl rostlin a živočichů.

#### Minerály tvořící metamorfované horniny

Tyto minerály mohou nově vznikat při metamorfóze hornin, nebo mohou pocházet z původních hornin. Mezi nově vznikající minerály patří např. mastek, grafit, serpentín. Mezi původní spadá křemen, živce, biotit a muskovit.

## **2.1.2 Horniny**

### **Vyvřelé horniny**

Podle Kachlíka a Chlupáče (2001) vznikají krystalizací z magmatu, které vzniklo tavením svrchního pláště nebo hornin spodní kůry za působení teplot dosahujících 650-1200 °C. Vznik těchto hornin dále závisí na podmínkách ovlivňujících bod tání, jako je chemické složení výchozí horniny, obsah těkavých látek (hlavně vody) a velikost tlaku.

Stejskal (1967) rozděluje vyvřelé horniny na dvě hlavní skupiny- hlubinné a rozlité. Hlubinné vyvřelé horniny tuhly zvolna za působení tlaku v hloubkách několika set i několika tisíc metrů. Vyznačují se hrubším zrnem a krystalickými

součástkami. Rozlité vyvřelé horniny tuhly poměrně rychle mělce pod povrchem, nebo přímo na povrchu (sopečné horniny). Jejich zrno je drobnější, může být i mikroskopické. Mohou obsahovat i nevykrystalizovanou beztvárovou horninovou hmotu (tzv. horniné sklo). Jako zástupce vyvřelých hornin lze jmenovat např. žulu, gabro, andezit a čedič (Šimek, 2005).

### **Usazené horniny (sedimentární)**

Podle Pavla a kol. (1984) se jedná o zemědělsky nejdůležitější a nejrozšířenější horniny. Lze je rozdělit na úlomkovité (klastické), chemické a organické sedimenty. Úlomkovité usazené horniny vznikly zvětráním a následným přemístěním úlomků přírodními jevy. Vzniku chemických usazených hornin předcházelo jejich vyloučení z vod. Organické usazené horniny tvoří odumřelá těla rostlin a živočichů. V případě vzniku směsi vyjmenovaných sedimentů hovoříme o tzv. sedimentech smíšených. Sedimenty vzniklé výše popsanými způsoby mohou podléhat zpevnění (diagenezi). Mezi usazené horniny řadíme např. pískovce, jílovce, vápence, fosfáty.

### **Přeměněné horniny (metamorfované)**

Podle Stejskala (1967) vznikly metamorfózou hornin vyvřelých a usazených. Pod pojmem metamorfóza rozumíme vnitřní přestavbu horniny. Tuto přestavbu způsobuje vysoká teplota a tlak, v jejichž důsledku dochází k chemickým změnám v hornině. Důležitou roli hraje při metamorfóze voda, která je v horninách obsažená v různých formách. Voda působí jako rozpouštědlo, které se při vysokém tlaku a vysokých teplotách chová jako kyselina. Nezanedbatelnou roli hrají při metamorfóze plyny, které pronikají trhlinami do horniny a způsobují tzv. regionální metamorfózy.

## **2.2 Půda**

Podle Oduma (1977) je možno půdu definovat jako směs zvětralé zemské kůry, živých organismů a jejich rozkladných produktů. Jedná se o výsledek působení podnebí a organismů na matečné horniny zemského povrchu. Půda je horizontálně členěná a propojená se svým podložím (Hauptman a kol., 2009).

Půdu lze označit za jeden ze základních výrobních prostředků člověka. Její nejdůležitější vlastností pro člověka je úrodnost. Pojmeme úrodnost rozumíme schopnost zabezpečovat existenci a reprodukci rostlin (Tomášek, 2000). Kvalitní půda musí kromě funkce produkční zajistit i kvalitu životního prostředí a neohrožovat zdraví lidí. Stav v jakém se zemědělská půda nachází, závisí na zemědělcích a jeho způsobu hospodaření (Pokorný a Šarapatka, 2003).

## 2.3 Vznik půdy

Vaculík a kol. (1983) uvádí, že na celém světě probíhá tentýž jednotný půdotvorný proces, který je založen na působení biosféry na litosféru. Rozdíly mezi jednotlivými půdami jsou projevem jednotlivých stádií obecného, jednotného procesu pedogeneze.

Šantrůčková (2001) rozlišuje dvě základní skupiny vznikajících půd:

- A) Organické půdy vznikají v arktických a boreálních oblastech za podmínek nepříznivých pro rozklad organické hmoty. Organické zbytky jsou zde pouze částečně rozloženy. Tyto půdy vznikají v důsledku nízkých teplot, zamokření, vysoké kyselosti, nedostatku živin, nebo v důsledku kombinace těchto podmínek.
- B) Minerální půdy vznikají zvětráváním matečné horniny za vzniku tzv. půdotvorného substrátu (mechanicky rozrušená hornina). Současně dochází v rozpadlé matečné hornině k chemickým změnám. Zvětrávání probíhá ze začátku za přispění procesů chemických a fyzikálních. Postupem času se přidává proces biologického zvětrávání. Výsledkem působení těchto vlivů je vznik půdy, přírodního oživeného útvaru vytvořeného z půdotvorného substrátu, ve kterém hlavní úlohu mají biologické pochody (Pavel a kol., 1984).

### Zvětrávací proces

Podle Schlesingera (1997) je zvětrávání obecný termín zahrnující celou řadu procesů, které způsobují rozpad matečné horniny. Zvětráváním vzniká zvětralina,

kteřá je základem pro vznik půdy. Tato zvětralina může zůstat na místě svého vzniku, nebo je následně odnášena erozí do níže položených oblastí.

#### Fyzikální zvětrávání

Při fyzikálním zvětrávání dochází k rozrušení mateční horniny, nedochází však k chemickým změnám. Z větší části se jedná o sezónní proces, který probíhá při extrémních teplotách. Při těch vznikají v mateční hornině pukliny, které zvětšují působení dalších činitelů na zvětrávání. Kromě změn teplot se na zvětrávání podílí voda a vítr. Fyzikální zvětrávání zvětšuje pole působnosti pro chemické a biologické zvětrávání (Chapin a kol., 2002).

#### Chemické zvětrávání

Milerski (2005) popisuje, že při chemickém zvětrávání jsou narušovány krystalické mřížky primárních minerálů. Ty částečně přecházejí do roztoků, částečně do jednodušších sloučenin a zbytek zůstává v původní podobě. Ze zbytků nerozpadlých minerálů a volných iontů se tvoří sekundární minerály. Tento proces probíhá za působení atmosférického kyslíku, oxidu uhličitého a rozpuštěných minerálních látek uvolňujících se ze zvětrávající horniny (Šantrůčková, 2001). Jako nejdůležitější důsledky chemického zvětrávání lze označit vznik jílových minerálů s vlastnostmi koloidů, uvolňování iontů z krystalických mřížek do vodorozpustných forem (následně slouží jako zdroj živin pro rostliny a edafon) a vznik sekundárních minerálů (Pavel a kol., 1984).

#### Biologické zvětrávání

Podle Formana a Godrona (1993) biologické zvětrávání úzce souvisí s chemickým zvětráváním. Probíhá za přítomnosti mechů, lišejníků a drobných rostlin. Působením kyselin, které jsou produktem rostlin (organické kyseliny), nebo vznikají při dekompozici rostlinných zbytků, dochází k rozpouštění minerálů z hornin. K těmto kyselinám se přidávají kyseliny vznikající z oxidů nacházejících se v ovzduší (CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>).

#### Půdotvorné faktory

Dle Šantrůčkové (2001) jsou základními faktory ovlivňující proces zvětrávání podnebí, vegetace s půdními organismy, topografie, druh matečné horniny a čas.

- 1) Podnebí - teplota a vlhkost má zásadní vliv na rychlost a průběh chemických reakcí. Dále je na teplotě a vlhkosti závislá produkce, rozklad, množství a kvalita organické hmoty v půdě (Chapin a kol., 2002).
- 2) Vegetace a půdní organismy - podle Tomáška (2000) lze vliv vegetace a edafonu na půdotvorný proces považovat za rozhodující.
- 3) Topografie - Šimek (2005) vysvětluje pojem topografie terénu jako souhrn působení nadmořské výšky, svažitosti a expozice ke světovým stranám. Tento faktor má značný vliv na vodní režim stanoviště a ovlivňuje tak procesy ve vznikající i v již vyvinuté půdě. Dále je tímto faktorem ovlivňována intenzita eroze a tepelný režim půdy.
- 4) Druh matečné horniny - každou horninu lze charakterizovat tzv. minerální silou, která vyjadřuje množství prvků, které se zvětráním horniny dostanou do půdy a následně jsou zdrojem výživy rostlin (Pokorný a Šarapatka, 2003).
- 5) Čas - stáří půd udává, jak dlouho působily půdotvorné procesy, zejména faktor biologický. Vývoj půd různých typů trvá různě dlouhou dobu a není nikdy ukončen (Pokorný a Šarapatka, 2003).
- 6) Vliv člověka - Chapin a kol. (2002) mezi půdotvorné faktory řadí i působení člověka, které rozděluje na přímé a nepřímé. Přímě člověk působí tím, že dodává živiny, zavlažuje, mění pěstované kultury, provádí kultivační zásahy a podporuje náchylnost půdy k erozi. Nepřímě člověk působí na půdu prostřednictvím změn ve složení atmosféry a ve složení diverzity rostlinných a živočišných druhů.

Faktory na sebe vzájemně působí v pedogenetických procesech za vzniku půdy. Kromě procesů zvětrávání dále způsobují přeměny organických látek, přeměny a akumulaci rozpustných látek a půdních koloidů (Milerski, 2005).

### **Pochody půdotvorného procesu**

Tomášek (2000) popisuje půdotvorný proces jako děj, při kterém dochází k přeměně mrtvé horniny na půdu, která je oživená a kvalitativně odlišitelná od výchozího substrátu. Jako základní půdotvorné procesy rozlišuje:

- zvětrávání (rozpad horniny)

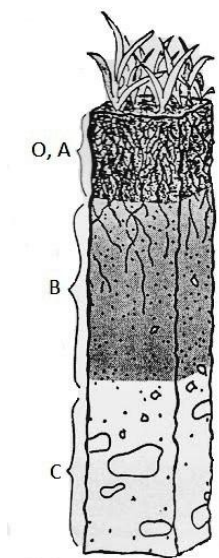
- humifikaci (přeměna organických zbytků na humus)
- eluviaci (ochuzování, vyplavování), kterou lze dále rozdělit:
  - a) vyluhování solí
  - b) degradaci (posun  $\text{CaCO}_3$ )
  - c) ilimerizaci (posun jílu)
  - d) podzolizaci (posun sloučenin železa a hliníku)
- iluviaci (obohacení)
- oglejení (periodické ovlhčování povrchovou vodou, uvolňování sloučenin Fe)
- glejový proces (trvalé zamokření podzemní vodou, redukce Fe a Mn v důsledku nedostatku vzduchu)
- solončakování (vnášení síranů, uhličitánů a chloridů do půdního profilu)
- slancování (vymývání solí z povrchových vrstev a jejich následné usazování ve vrstvách spodních)

Výsledkem těchto procesů je vertikální diferenciací půdotvorného substrátu, při které se mění barva, struktura, propustnost pro vodu a půdní reakce v jednotlivých vrstvách (Pavel a kol., 1984).

### **Genetické půdní horizonty**

Při vývoji půd dochází k rozčlenění původního substrátu na různý počet ohraničených vrstev, které se nazývají horizonty. Tyto jednotlivé vrstvy jsou patrné na svislém řezu tělesem půdy, jako odlišné pruhy. Uspořádání a tvorba jednotlivých vrstev odpovídá danému souboru půdotvorných faktorů a podmínek (Pavel a kol., 1984). Forman a Godron (1993) rozdělují čtyři půdní horizonty - O, A, B a C (obrázek č. 2). Nejsvrchnější O-horizont je tvořen opadem organické hmoty, která je ve svrchní části méně rozložená než ve spodní části (tzv. humus). A-horizont je zóna, ze které se vymývají minerální látky do spodnějších horizontů. Následuje B-horizont, který je zónou akumulace minerálních látek z nadložní vrstvy. Nejhlouběji se nachází C-horizont, je nazývaný zónou zvětrávání matečné horniny.

Obrázek č. 2: Znázornění jednotlivých horizontů v půdním profilu



Upraveno podle:

<https://picasaweb.google.com/110222990949258173828/PhotosForWebsite#6020504699503459778>

### **Kvalita organického horizontu**

Podle kvality organické hmoty v organickém horizontu rozeznáváme:

A) Mor - podle Sánky a Materny (2004) lze mor také nazvat surovým humusem, vzniká při zpomaleném rozkladu organické hmoty. U moru jsou patrné jasně rozeznatelné vrstvy:

- hrabanka (L) - nerozložený, nebo nepatrně rozložený opad
- drť (F) - polorozložené částice, nelze rozeznat původní materiál
- měl (H) - beztvary materiál, tvoří ho převážně vlastní humus

Podle Němečka a kol. (2001) dochází k tvorbě moru převážně na kyselých, minerálně chudých půdách v chladném a vlhkém klimatu. Tvoří jej zejména opad jehličí a odumřelé acidofilní druhy rostlin. Rozklad organické hmoty zajišťují hlavně houby a plísně. Je zde potlačena činnost zooedafonu, většinou se zde vyskytují jen roztoči a chvostokoci. Organická vrstva je ostře ohraničená od minerálního horizontu (Šantrůčková, 2001).

B) Moder - dochází zde k akumulaci částečně až dobře humifikovaného organického materiálu na povrchu půdy. Odehrává se zde vyšší aktivita půdní fauny, dominuje zoogenní dekompozice v horizontu drti. Tento horizont bývá většinou dobře vyvinutý a je tvořen částečně rozloženými rostlinnými



zbytky, které mají nesoudržnou až kyprou strukturu. Jsou zde časté exkrementy půdní fauny. Nachází se zde mnoho členovců, ojedinělý je výskyt dešťovek (Němeček a kol., 2001). Sáňka a Materna (2004) dodávají, že se moder většinou nachází v listnatých porostech v příznivějších podmínkách, i přesto se zde odehrává zpomalený postup rozkladu organických zbytků. Přejít mezi minerálním a organickým horizontem není ostře ohraničen.

- C) Mul - jeho vznik je dán příznivými podmínkami pro rozklad a transformaci organických zbytků. Vzniká pod listnatými nebo smíšenými porosty, v mírném až teplém klimatu, na půdách s dobrou zásobeností živin a vody. Je zde dobře vyvinutý humózní horizont A s tmavě hnědou barvou. O vpravování organické hmoty do tohoto horizontu se starají hlavně žížaly. Díky značné aktivitě zoedafonu, bakterií a aktinomycet zde dochází k rychlému rozkladu organické hmoty. Nachází se zde mnoho exkrementů půdních živočichů, především dešťovek, které přispívají k tvorbě krupnaté až drobtovité struktury svrchní části humózního horizontu A (Němeček a kol., 2001).

## **2.4 Složení půdy**

Rajchard a kol. (2002) popisuje složení půdy jako heterogenní třífázový systém, ve kterém se nachází pevná, kapalná a plynná fáze. Pevná fáze je tvořena minerálními částicemi a organickou hmotou. Plynnou fází tvoří půdní vzduch. Kapalnou fází se rozumí půdní voda a půdní roztok. Tyto tři složky mezi sebou vzájemně interagují za současného působení na živé organismy žijící v půdě (Pokorný a Šarapatka, 2003).

### **2.4.1 Plynná složka půdy**

Podle Bedrny a kol. (1968) zaplňuje vzduch v půdě prostory, které nejsou zaplněné vodou. Vzduch proniká do půdy z atmosféry, přičemž pronikání závisí na

větru, teplotě a atmosférickém tlaku. Schopnost půdy přijímat vzduch je dána její pórovitostí, vlhkostí a pohybem vody v půdě. Podle Pavla a kol. (1984) má vzduch v půdě podstatný vliv na chemické pochody, jimiž jsou oxidace a redukce. Dále má vliv na biologické pochody (aerobní x anaerobní procesy). Vzduch v půdě je nezbytnou podmínkou života rostlin. Obsah vzduchu se snižuje se vzrůstajícím utužením půdy, které snižuje celkovou pórovitost půdy.

### **Složení půdního vzduchu**

Půdní vzduch je tvořen stejnými plyny jako vzduch atmosférický. Zásadním rozdílem ve složení půdního vzduchu je množství oxidu uhličitého, kyslíku a vodních par. Obsah jednotlivých plynů je ovlivňován intenzitou života v půdě a možnostmi difuze. Difuze je omezena u slitých jílových půd, u kterých dochází často ke tvorbě povrchového škrálopu. V těchto půdách může docházet k extrémním výkyvům. Plyny se v půdě kromě plynného skupenství nachází také rozpuštěné ve vodním roztoku. Snadno se rozpouští oxid uhličitý, rozpustnost kyslíku a dusíku je nízká (Šimek, 2005).

Oxid uhličitý může v půdě být až několika set násobně více, než v atmosféře. Jeho množství v půdním vzduchu vykazuje značné výkyvy, tento jev je dán činností edafonu a kořenů v půdě. Při množstvích dosahujících 10 % CO<sub>2</sub> působí inhibičně na růst rostlin (Brady, 1990).

Kyslík je v půdě v menším množství než v atmosféře (kolem 20 %), protože je spotřebováván kořeny rostlin a edafonem (Ledvina a kol., 1992). V případě nedostatku kyslíku v půdě (průměrné množství 6-9 %) dochází k převaze redukčních pochodů v půdě, u rostlin vede k narušení procesu syntézy bílkovin a omezuje přijímání živin (Bedrna a kol., 1968).

Vodní pára je v půdě v množství 93-100 % nasycené vodní páry. Tlak vodní páry je při běžných teplotách 4,2 kPa.

Dusík se v půdním vzduchu nachází ve formě N<sub>2</sub> a NH<sub>3</sub>. Jeho množství kolísá v závislosti na kolísání kyslíku a oxidu uhličitého. Při anoxických podmínkách s vysokou koncentrací oxidu uhličitého a metanu může jeho množství klesnout až na 30-40 % (Šimek, 2005).

## 2.4.2 Kapalná složka půdy

Vodní režim půdy je odrazem klimatických faktorů. Jedná se o významný činitel ovlivňující produktivitu suchozemských ekosystémů, včetně agroekosystémů. Zaujímá významnou pozici při tvorbě půdy a půdního profilu (Brady a Weil, 2002).

Podle Šantrůčkové (2001) je množství a dostupnost vody jeden z nejdůležitějších faktorů určující růst rostlin a biologickou aktivitu půdy. Pro bakterie, aktinomycety a prvoky je voda životním prostředím a zdrojem rozpuštěných organických a minerálních látek. Pro houby, mikrofaunu a kořeny rostlin není voda životním prostředím, ale je nezbytná pro jejich metabolismus a pro příjem minerálních látek rozpuštěných ve vodě. Dostupnost vody v půdě závisí na velikosti částic a náboji částic, které obaluje a je na ně poutána různě velkými silami. Dále závisí na velikosti pórů, ve kterých se nachází. Platí, že čím menší jsou částice a póry, tím silněji je voda vázána.

### Pohyb vody v půdě

Podle Formana a Godrona (1993) část vody po dešti, která je pro rostliny nedostupná, odtéká vlivem gravitace do spodních vrstev a část je vázána na půdní částice. Voda dostupná pro rostliny je tzv. voda kapilární. Ta se nachází v pórech o velikosti 0,03-0,06 mm. Půdní mikroorganismy mohou ke svému přežití využít i vodu vázanou na půdní částice (Šantrůčková, 2001).

Sáňka a Materna (2004) zmiňují důležitost schopnosti půdy zadržovat vodu, která záleží především na textuře a struktuře. Stav vody v půdě popisují následujícími hydrolimity:

- maximální vodní kapacita - maximální množství vody, které půda zadrží
- polní vodní kapacita - zbytek vody v půdě po ztrátě gravitační vody
- bod vadnutí - množství vody, při kterém nejsou rostliny schopny získat molekuly vody vázané v půdě
- maximální kapilární vodní kapacita - schopnost půdy poutat vodu pro potřebu rostlin
- retenční vodní kapacita - voda zadržovaná v kapilárních pórech

### **2.4.3 Pevná složka - minerální podíl půdy**

Minerální podíl se skládá ze zvětralé mateční horniny a z primárních minerálů uvolňujících se z mateční horniny. Dále je tvořen půdními novotvary. Novotvary vznikají opětovným spojením nejmenších částí zvětraliny, nebo vznikem nových chemických sloučenin (Pokorný a Šarapatka, 2003). Podle Šarapatky (2014) je u našich minerálních půd obsah minerálního podílu 45 % objemových. Minerální podíl je ovlivněn složením mateční horniny. Na mateční hornině obsahující více křemene, nebo jiný těžko zvětratelny minerál, vzniká půda hrubozrnnější. Naopak na lehce zvětratelny hornině vznikají jemně zrnité půdy.

### **2.4.4 Pevná složka - organický podíl půdy**

V minerálních půdách je podíl organické hmoty v povrchových vrstvách od 1 do 6 % hmotnostních, s přibývajícím hloubkou se její množství snižuje (Brady a Weil, 2002). Podle Rajcharda a kol. (2002) je organický podíl půdy tvořen neživou organickou hmotou v různém stádiu rozkladu a živými organismy (edafonem). SOM je tvořena z 85 % mrtvou organickou hmotou, živé organismy tvoří zbylých 15 %. Těchto 15 % je složeno z kořenů (9 %), mikroorganismů (4 %) a živočichů (2 %). Veškerý rozklad neživé organické hmoty obstarávají heterotrofní organismy.

#### **Půdní organismy**

Podle Šarapatky (2014) mají půdní mikroorganismy nezastupitelnou funkci při rozkladu organických látek až na oxid uhličitý, vodu a jednoduché anorganické sloučeniny. Tyto rozkladné procesy zajišťují živiny pro rostliny. Zároveň dochází k syntézám složitých organických sloučenin, ty jsou součástí humusu. Podle Hauptmana a kol. (2009) půdní živočichové svými životními projevy mechanicky zpracovávají mrtvou organickou hmotu, mísí jí s minerálními částicemi, uskutečňují její transport v půdě a tvoří organominerální komplexy. Půdní mikroorganismy tvoří spolu s půdními živočichy složitý systém vzájemných vztahů. Bez těchto vztahů by půda byla pouze mrtvý substrát neschopný tvořit své ekosystémové funkce. Důležitá je i role půdních organismů při rozkladu polutantů. Ty mohou být v půdě

transformovány abioticky, nebo degradovány bioticky právě díky mikroorganismům a jejich enzymům. Tohoto jevu se cíleně využívá při biologické sanaci půdy.

## **2.5 Půdní organická hmota (SOM)**

Podle Sotákové (1982) je SOM složitý, heterogenní, polydisperzní soubor organických látek různého původu. Má proměnlivé složení, proměnlivý stupeň disperzity a aktivity, který souvisí s rozličnými vztahy k ostatním složkám půdy a k živým organismům. Tvorba SOM závisí na biologické produktivnosti, biochemické aktivitě, hydrotermických a geochemických podmínkách přírodního i kulturního prostředí. Šarapatka (2014) uvádí, že primárním zdrojem organického materiálu je fotosynteticky naakumulovaný uhlík. Množství uhlíku v půdě je 2x vyšší než v atmosféře. Největší zásobárnou uhlíku jsou oceány. Protože na Zemi probíhá koloběh uhlíku, nejsou zdroje uhlíku statické a mění se.

Forman a Godron (1993) označují humus za složku půdy, která u písčitéch půd zvyšuje schopnost poutat vodu a u jílovitých půd zvyšuje provzdušnění. Těmito vlastnostmi umožňuje humus růst rostlin na půdách s různým charakterem. Dostatek humusu v půdě podporuje rozvoj vegetačního pokryvu, vegetační pokryv zvyšuje množství humusu v půdě.

Podle Hůly a kol. (2008) nemá SOM kvantitativní převahu nad minerální částí, i přes to rozhoduje o půdních vlastnostech a úrodnosti půdy. SOM lze rozdělit na humusotvorný materiál (organická hmota nedotčená rozkladnými procesy), meziprodukty rozkladu a syntézy a na humus vlastní (organická hmota pozměněná humifikačními pochody).

Bedrna a kol. (1968) dodává, že SOM tvoří podmínku existence půdních organismů. Rozděluje SOM na živou a mrtvou (obrázek č. 3). Přítomnost těchto obou složek je na sobě závislá.

Obrázek č. 3: Rozdělení SOM (hmotnostní %)



Převzato od: Šimek, 2005

Brady a Weil (2002) zmiňují nezbytnost neustálého přísunu rostlinných a živočišných zbytků do půdy. Díky tomuto přísunu organických látek jsou kompenzovány ztráty půdního uhlíku, ke kterým dochází během rozkladných a skladných procesů organických látek v půdě. Tyto procesy, zajišťující fungování ekosystému, provádí půdní mikroorganismy využívající SOM jako zdroj uhlíku a energie. Při činnosti těchto mikroorganismů dochází ke ztrátám půdního uhlíku tzv. prodýcháním v podobě  $\text{CO}_2$ , ten se následně vrací do atmosféry.

### 2.5.1 Jednotlivé složky SOM

- 1) Jednodušší cukry a organické kyseliny jsou rozpustné ve vodě a snadno rozložitelné. Monosacharidy, vznikající rozkladem polysacharidů, jsou pro mikroorganismy snadno využitelné jakožto zdroj uhlíku. Za přístupu vzduchu jsou rozkládány na oxid uhličitý a vodu. V anaerobních podmínkách se z nich tvoří organické kyseliny, alkoholy, vodík a oxid uhličitý.
- 2) Pryskyřice, tuky, vosky a třísloviny jsou rozpustné v organických rozpouštědlech. Obecně se jedná o látky obtížně rozložitelné, odolávající mikrobiálnímu rozkladu. Za přístupu kyslíku se třísloviny a vosky rozkládají pomalu, bez přístupu vzduchu se nerozkládají. Tuky mohou za

přístupu vzduchu oxidovat, bez přístupu vzduchu je jejich rozklad obtížný.

- 3) Celulóza a hemicelulóza jsou převládající složky v přírodě a tvoří důležitý zdroj energie pro edafon. U celulózy za přístupu vzduchu dochází k rozkladu na oxid uhličitý a vodu. Bez přístupu vzduchu vznikají organické kyseliny, alkoholy, vodík a metan. Hemicelulóza je rozkládána snadněji než celulóza. Při mikrobiálním rozkladu je hydrolyzou rozkládána na cukry, ty jsou následně štěpeny hydrolytickými enzymy.
- 4) Lignin je základní součástí dřevní hmoty. Odolává mikrobiální činnosti. Ve dřevě se nachází vázaný zejména na celulózu. Na jeho rozkladu se podílejí zejména mikromycety a aktinomycety.
- 5) Organické dusíkaté látky jsou bílkoviny, nukleoproteiny, nukleové kyseliny aj. Při rozkladu bílkovin heterotrofními mikroorganismy dochází k uvolňování dusíku, ten je následně v minerální formě k dispozici rostlinám.
- 6) Popeloviny čili minerální látky jsou v různém zastoupení v rostlinách. Jedná se o látky, které zůstanou v popelu po spálení organické hmoty (Šarapatka, 2014).

## 2.5.2 Rozklad SOM

### Mineralizace za přístupu vzduchu (tlení)

Podle Ledviny a kol. (1992) mineralizací dochází k rozkladu humusotvorného materiálu přes mnoho meziproductů až na základní minerální sloučeniny jako jsou oxid uhličitý, voda, amoniak, fosforečnany, sírany aj. Mineralizaci podléhá více než polovina humusotvorného materiálu. Je prováděna především nesporelujícími bakteriemi. Její rychlost je odvislá od přístupu vzduchu, z čehož plyne rychlý průběh mineralizace v zrnitostně lehkých půdách s vysokým zastoupením nekapilárních pórů.

### Rozklad bez přístupu vzduchu

Dochází k rašelinění organické hmoty a k jejímu hromadění. Kromě nepřístupu vzduchu se na tomto ději podílejí další podmínky nepříznivé pro mineralizaci - nízká teplota, kyselé pH a nedostatek živin (Šarapatka, 2014).

### Humifikace

Podle Němečka a kol. (1990) lze za humifikaci označit přeměny odumřelých organických látek vlivem půdní mikrofauny a mikroflóry. Jedná se o biochemické, rozkladné i syntetické procesy. Nejdříve probíhají rozkladné procesy, při kterých je část organických látek úplně mineralizována a část tvoří prekurzory pro následnou syntézu. Mineralizované organické látky tvoří živiny pro rostliny a mikroorganismy. Z prekurzorů, za přispění katalyzátorů a enzymů, se syntetizují a následně polymerizují stabilní huminové látky. Průběh děje a vlastnosti vzniklých huminových látek jsou ovlivněny charakterem výchozí organické látky, ekologickými poměry v půdě a charakterem půdní mikrofauny a mikroflóry. Vzniklý humus se následně váže na povrch anorganických koloidů a vzniká tak jílovito-humusový komplex.

### Produkty humifikace

- A) Humus živný je složen z vedlejších produktů humifikace a z látek, které se během ní nově vytvořily. Jedná o živnou půdu mikroorganismů, které ho snadno rozkládají.
- B) Humus trvalý:
  - 1) Fulvokyseliny jsou prvním produktem humifikace. Mají žlutou barvu a jsou vodou rozpustné, což udává jejich schopnost pohybovat se v půdě. Mají schopnost vázat na sebe prvky, které slouží jako živiny pro rostliny.
  - 2) Huminové kyseliny se nerozpouští ve vodě. Jsou to tmavé, stabilní látky tvořené více než z poloviny uhlíkem. V půdě tvoří vodostálou strukturu. Mají značný aktivní povrch, který je až 10x větší než u koloidů minerálních a zajišťuje tak vysokou sorpční schopnost (Pokorný a Šarapatka, 2003).
  - 3) Hymatomelanové kyseliny jsou součástí huminových kyselin. Mají žlutohnědé zbarvení a jejich struktura není doposud objasněna.



- 4) Huminy jsou nejstabilnější z huminových látek. Jsou částečně stabilizované minerální složkou.
- 5) Humusové uhlí je nejstarší složka SOM, která se už neúčastní půdotvorného procesu. Jedná se o zuhelnatělou hmotu, která je bohatá na uhlík a dusík (Šarapatka, 2014).

Význam humusu jako celku popisují Brady a Weil (2002), ti mu přiřkládají význam v tvorbě půdní struktury. Humus spolu s jílem působí díky svým nabitým povrchům jako kontaktní můstek mezi většími částicemi v půdě, tím umožňuje vznik půdní struktury. Dále se humus a jíl podílejí na vázání živin a vody v půdě. Schopnosti humusu poutat živiny a vodu jsou oproti jílu mnohokrát vyšší.

## 2.6 Fyzikální vlastnosti půdy

### Objemová hmotnost

Podle Bedrny a kol. (1968) se tímto pojmem rozumí hmotnost určitého objemu půdy ( $1 \text{ cm}^3$ ) v přirozeném složení, tedy i s póry obsahujícími vodu nebo vzduch. Jedná se o značně proměnlivý ukazatel, protože závisí na mnoho okolnostech - na pórovitosti, zrnitosti, struktuře, uložení mechanických elementů a agregátů, obsahu vody a vzduchu v půdě.

### Měrná hmotnost (hustota)

Podle Sáňky a Materny (2004) vyjadřuje hmotnost  $1 \text{ m}^3$  neporézní, pevné zeminy. Tato veličina záleží zejména na mineralogickém složení půdy a množství organické hmoty. Hodnoty se pohybují v rozmezí  $2,6-2,7 \text{ t.m}^{-3}$ , menší měrnou hmotnost vykazují půdy organické (kolem  $1,5 \text{ t.m}^{-3}$ ).

### Pórovitost

Podle Kostelanského a kol. (1997) je objem pórů (pórovitost) protikladem objemové hmotnosti. Jedná se o vlastnost značně proměnlivou, ovlivňovanou strukturou, zrnitostí a objemovou hmotností půdy. U našich půd dosahuje pórovitost 30-65 %. Pórovitost lze měnit agrotechnickými zásahy, orbou se zvyšuje o 25-30 %.

Na pórovitosti závisí vodní a vzdušný režim půdy. Písčité půdy jsou poréznější, než jílovité. Pórovitost neudává pouze půdní textura, závisí také na činnosti edafonu. U jílovitých půd lze pórovitost zvýšit vápněním, dochází tím ke shlukování částic jílu a zvyšování pórovitosti (Forman a Godron, 1993).

### **Půdní struktura**

Podle Chapina a kol. (2002) je půdní struktura tvořena shlukováním půdních částic do větších celků, tzv. agregátů. Jako tmel, který spojuje agregáty, slouží organická hmota, oxidy železa, vícemocné kationty, jíly a oxid křemičitý. Stavbu půdní struktury svou činností podporuje i edafon a houby. Prostory vznikající mezi půdními agregáty jsou nezbytné pro vsakování vody, výměnu plynů mezi půdou a atmosférou a pro růst kořenů rostlin. Negativní dopady na půdní strukturu má úbytek organické hmoty, zhutňování půdy těžkou technikou a hospodářskými zvířaty.

### **Zrnitost půdy (textura)**

Podle Sáňky a Materny (2004) udává velikost a poměrné zastoupení jednotlivých půdních frakcí. Tato vlastnost se značně podílí na průběhu pedogenetických procesů, na ekologických a agronomických vlastnostech půdy. Čím víc bude v mateční hornině těžko zvětratelných minerálů, tím hrubozrnnější půda vznikne.

### Zrnitostní kategorie

Šimek (2005) podle velikosti člení půdní částice na písek, prach, jíl a přechody mezi nimi (tabulka č. 1). V ČR je nejpoužívanější třídění podle Kopeckého.

Tabulka č. 1: Systém třídění půdních částic podle Kopeckého

<b>Název</b>	<b>Průměr částic</b>	<b>Kategorie</b>
Jíl	pod 0,002 mm	
jemný prach	0,001-0,01 mm	I. (jílnaté částice)
Prach	0,01-0,05 mm	II.
práškovitý písek	0,05-0,1 mm	III.
Písek	0,1-2 mm	IV.
Skelet	nad 2 mm	

Převzato od: Šimek, 2005

### Půdní druhy

Podle Tomáška (2000) zrnitostní složení (textura, mechanická skladba) patří mezi nejvýznamnější znaky. Vyjadřuje zastoupení velikostně rozdílných minerálních částic. Největší význam má obsah těchto částic v tzv. jemnozemi. Jemnozeme je suma minerálních částic s velikostí pod 2 mm v průměru. Podle zrnitostního složení se určují půdní druhy - půdy písčité, hlinité, jílovité a přechody mezi nimi (tabulka č. 2). V ČR je nepoužívanější třídění podle Nováka.

Tabulka č. 2: Klasifikační stupnice půdních druhů podle Nováka

<b>Skupina půd</b>	<b>Půdní druh</b>	<b>Obsah jílnatých částic (pod 0,01 mm) v % hmotnostních</b>
Těžké	Jíl	nad 75
	jílovitá zemina	60-75
	jílovitohlinitá zemina	45-60
Střední	hlinitá zemina	30-45
	písčitohlinitá zemina	20-30
Lehké	hlinitopísčitá zemina	10-20
	písčitá zemina	0-10

Převzato od: Tomášek, 2000

### **Barva půdy**

Podle Huptmana a kol. (2009) je barva půdy odrazem jejího fyzikálního a chemického složení. Barva vyjadřuje vazbu půdy na mateční substrát a reliéf, protože je závislá na procesech odehrávajících se v krajině. Ke změnám barvy nedochází jen na povrchu půdy, ale i v jejím profilu. To indikuje působení půdotvorných procesů, které rozčlenilo půdu na jednotlivé horizonty.

### **Teplota**

Podle Šantrůčkové (2001) teplota ovlivňuje fyzikální a chemické procesy v půdě a aktivitu edafonu. Protože je primárním zdrojem tepla v půdě slunce, probíhá v půdě denní a sezónní střídání teplot. U tmavé půdy dochází k intenzivnějšímu prohřívání, než u světlé. U půdy porostlé vegetací dochází k pomalejšímu

zahřívání, než u půdy bez vegetace. Značný vliv na ohřev půdy má obsah vody. Vlhká půda je vždy chladnější než suchá, protože se ochlazuje evaporací.

K největším sezónním a denním výkyvům teplot dochází v nejsvrchnějších vrstvách půdy, teplota hlubších částí se mění pouze nepatrně (Brady a Weil, 2002).

## **2.7 Chemické vlastnosti půdy**

Podle Bedrny a kol. (1968) jsou chemické procesy odehrávající se v půdě podmíněné souhrnným působením přírodních činitelů. Kromě těchto přirozených činitelů je chemie půdy značně ovlivňována působením lidské činnosti.

### **2.7.1 Prvky v půdě**

Šarapatka (2014) podle poměrného zastoupení, ve kterém se prvek nachází v půdě, rozlišuje makroelementy a mikroelementy:

#### **Makroelementy**

Spadají sem prvky, které tvoří převážnou část půdní hmoty.

#### **Kyslík a křemík**

Kyslík je nejrozšířenější prvek v zemské kůře. Tvoří oxidy, hydroxidy, organické látky. Nachází se ve více než polovině známých minerálů. Dále je v půdě obsažen ve vodě, vzduchu a organických sloučeninách.

Křemík tvoří největší část minerální složky půdy. Nejčastěji se zde nachází v podobě křemene a silikátů. Dále se může nacházet ve vodorozpustné formě, ve které se vymývá nebo dochází k jeho vysrážení.

#### **Hliník a železo**

Podle Pavla a kol. (1984) tyto minerály značně ovlivňují chemické reakce v půdách. Působí na adsorpci aniontů pomocí pozitivních nábojů, dále hrají

významnou roli při fixaci fosforečnanů, stabilizaci půdních agregátů a při tvorbě sloučenin s organickými kyselinami.

### Vápník

Vaněk a Penk (1991) uvádějí, že působení tohoto prvku v půdě lze rozdělit na přímé a nepřímé. Při přímém působení vápník působí jako rostlinná živina, nepřímým působením vápníku se rozumí jeho vliv na půdu, zejména na půdní reakci.

### Hořčík

Tvoří centrální atom porfyrinového cyklu chlorofylu, je podmínkou pro fungování mnoha enzymatických reakcí. Dále zajišťuje funkci ribozomů produkujících bílkoviny (Urban a kol., 2003).

### Draslík

Podle Tesaře (1992) se v půdách draslík vyskytuje především v anorganických sloučeninách, v organických zřídka. Rozlišují se tři kategorie draslíku v půdách- nevýměnný, výměnný a vodorozpustný. Nevýměnný je v primárních křemičitanech a sekundárních jílovitých minerálech, výměnný draslík se nachází fyzikálně a chemicky sorbován na pevné půdní složce, vodorozpustný draslík tvoří součást půdního roztoku.

### Síra

Síra se v půdotvorných nerostech nachází zejména ve formě sulfidů. Jejich oxidací a hydratací vzniká kyselina sírová, která následně urychluje rozklad ostatních nerostů. Dále se síra může v půdách nacházet ve formě síranů (Šimek, 2005).

### Dusík a fosfor

Schlesinger (1997) uvádí, že se dusík v půdě nachází ve formě  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$ . Nejvýznamnějším zdrojem dusíku je atmosféra, ze které se do půdy dostává srážkami a pomocí fixačních mikroorganismů. Z důvodu menšího obsahu dusíku v půdě oproti ostatním makroelementům se jedná o tzv. limitující prvek.

Fosfor je také považován za limitující prvek, v půdě bývá většinou v nedostatku. Jeho největším zdrojem v půdě je organická hmota. Minerálním zdrojem fosforu je apatit, ze kterého se zvětráváním uvolňuje.

## **Mikroelementy**

Podle Ledviny a kol. (1992) je jejich zdrojem v půdě půdotvorný substrát, statková a průmyslová hnojiva a atmosférické depozice. Patří sem bor, mangan, molybden, měď, zinek, kobalt, jód, chlor a fluor. Nacházejí se v půdách v mikromnožstvích. Výskyt mikroelementů je ve třech formách - v anorganické podobě (minerály a soli), organických sloučeninách a půdním roztoku. Obecně platí, že kationty mikroprvků převládají nad anionty. Rozpustnost a přijatelnost pro rostliny bývá u mikroelementů největší v kyselém prostředí.

### **2.7.2 Půdní reakce**

Podle Šimka (2005) se jedná se o měřítko koncentrace vodíkových iontů v půdním roztoku. Půdní reakce je významná vlastnost, která ovlivňuje pedogenezi, přeměny organické hmoty v půdě, intenzitu a složení živých organismů v půdě a adsorpci kationtů na půdní koloidy. Reakci je dále ovlivněna dostupnost a toxicita prvků. Šarapatka (2014) rozděluje půdní reakci:

#### **Aktivní reakce půdy**

Je způsobena volnými  $H^+$  ionty. Ty se uvolňují do půdního roztoku z organických a minerálních kyselin, z koloidních částic aj. Stanovuje se půdním výluhem a je označována jako pH/ $H_2O$ .

#### **Potenciální reakce půdy**

Zde jsou  $H^+$  ionty absorbovány a k jejich uvolňování do půdního roztoku dochází výměnou. Tuto reakci lze podle použitého elektrolytu dále rozdělit:

- A) Výměnná reakce - u této reakce je kromě volných iontů  $H^+$  počítáno i s ionty  $H^+$  vázanými na sorpční komplex. Ty se do roztoku uvolňují při jejich výměně za bazické ionty  $K^+$  a  $Ca^+$ . Tato reakce se označuje podle soli, kterou se při určování pH na půdu působí - pH/KCl, nebo pH/CaCl.
- B) Hydrolytická reakce - zde je kromě iontů  $H^+$  vytěsnitelných předchozí metodou počítáno i s ionty  $H^+$ , které se uvolňují v alkalickém prostředí. Ke stanovení této reakce se používá octan vápenatý a octan sodný.

### **Pufrační schopnost půdy**

Pavel a kol. (1984) uvádí, že pufrační schopnost půdy (též pufrovitost, ústojčivost, ústojnost, tlumivost) je schopnost půdy zabránit změnám koncentrace  $H^+$  v půdním roztoku. Tato vlastnost půd je způsobena přítomností ústojných systémů složených ze slabé kyseliny a její hydrolyzované soli. Nejhojnější kyselou složkou jsou kyseliny huminové, kyselina uhličitá, fosforečná, křemičitá a koloidní aluminosilikáty acidoidní povahy.

Na tvorbě pufrovitosti humózních půd se nejvíce podílí adsorpčně nasycený humus. Ten neutralizuje kyselost tak, že  $H^+$  z půdního roztoku nahrazuje za své výměnné báze. Alkalitu neutralizuje disociací svých kyselých skupin a následným uvolněním  $H^+$  do půdního roztoku. Ten vytvoří spolu se zásadotvorným  $OH^-$  málo disociovanou vodu. Podobný účinek mají jílové minerály, avšak jejich účinek je nižší.

### **2.7.3 Půdní sorpční komplex**

Sáňka a Materna (2004) píší, že sorpční vlastnosti patří mezi nejvýznamnější charakteristiku půdy z hlediska schopnosti vázat původní živiny, dodané živiny a kontaminanty. Ledvina a kol. (1992) uvádí, že sorpční schopnost půdy je dána přítomností půdních koloidů (organominerálním sorpčním komplexem).

#### **Půdní koloidy**

Podle Bedrny a kol. (1968) lze za koloid označit částici s průměrem pod 0,0001 mm (1  $\mu$ m). Koloidy se vyznačují velkým specifickým povrchem, na kterém probíhají fyzikálně-chemické reakce. Podle Pokorného a Šarapatky (2003) je lze rozdělit na minerální (jíly) a organické (vlastní humus). Tyto dvě složky spolu tvoří pevné komplexní sloučeniny, kterým se říká organominerální komplex (sorpční komplex). Ten na sebe poutá prvky nezbytné k výživě rostlin a k průběhu půdotvorného procesu, vyznačuje se velkou odolností vůči mechanickému a biologickému rozkladu. Vznik koloidů probíhá:

- A) koagulací (nabalování menších částíček na větší) pomocí asociace, polymerace a polykondenzace - vznikají organické koloidy

B) dispergací (rozptýlením) větších částic - vznik minerálních koloidů

## 2.8 Degradace půdy

Podle Šimka (2004) lze půdu označit za kvalitní tehdy, když plní své základní funkce:

- zabezpečení růstu rostlin
- filtrování vody
- ekologická funkce, cykly živin a látek v prostředí
- prostor pro stavby, tvoření povrchu Země

Za degradovanou lze půdu označit, když přestane plnit některou ze svých funkcí.

### Děje způsobující degradaci půdy

#### Kontaminanty v půdě

Jedná se o přírodní, nebo člověkem vytvořené látky. Do půdy mohou vstupovat zvenčí, mohou v ní nově vznikat. Kontaminanty v půdě mohou být přítomny v malém množství a až jejich zvýšení nad únosnou míru může vyvolat škodlivost. Škodí zejména půdním mikroorganismům, které jsou hlavními nositeli půdní úrodnosti. Dále mohou přecházet do celých potravních řetězců (Tomášek, 2000).

#### Vodní eroze půdy

Podle Hůly a kol. (2008) lze považovat vodní a větrnou erozi za nejškodlivější přírodní jevy působící na našich půdách. Vodní eroze rozrušuje povrch půdy a způsobuje přesun uvolněných hmot do nižších poloh, zde tvoří erodovaná půda nános. Za hlavní faktory, které ovlivňují intenzitu vodní eroze, jsou považovány délka svahu, sklon a členitost svahu a ochranné působení vegetace. Dále je náchylnost půdy k vodní erozi ovlivněna schopností půdy infiltrovat vodu a stabilitou půdních agregátů.

#### Větrná eroze

Během ní je povrch rozrušován větrem a následně dochází k pohybu částic. Způsob a intenzita pohybu částic závisí na jejich velikosti. Drobné částice o průměru



menším než 0,1 mm se pohybují ve formě suspenze, ve vzduchu se vznášejí dlouhou dobu. Středně velké částice se pohybují tzv. saltací. Jedná se o pohyb skokový. Při tomto pohybu se půdní částice vznášejí ve vzduchu za občasných dotyků s povrchem. U větších částic o průměru 0,5-2 mm dochází k sunutí po povrchu. Největší intenzita eroze probíhá na rovinném povrchu nechráněném vegetací (Hauptman, 2009).

#### Technogenní (sekundární) zhutnění půd

Podle Sáňky a Materny (2004) se jedná o rozšířený fenomén fyzikálního poškození půdy. Při zhutnění hlubších vrstev půd se jedná o proces obtížně napravitelný. V důsledku poškození půdní struktury dochází ke snížení půdní pórovitosti, schopnosti infiltrace vody a tím k omezení růstu rostlin a omezení biologické aktivity. Mimo to přispívá zhutnění půdy ke zvýšení eroze, zvyšuje se také pravděpodobnost záplav. Tento negativní jev lze omezit snížením přejezdů těžké techniky především v jarním období a po orbě, dále rozložením hmotnosti mechanismů a jezděním ve stejné koleji. Jako další opatření lze zmínit provádění agrotechnických zásahů při vhodné vlhkosti půdy, dostatečné organické hnojení, vápnění, uplatňování vyvážených osevních postupů a vhodná protierozní ochrana půd.

#### Acidifikace půdy

Podle Tesaře a kol. (1992) způsobuje okyselování půdy většinou několik příčin současně. Acidifikace je způsobena vyplavováním vápníku a hořčíku v humidních oblastech, odběrem zásaditých prvků rostlinami, dopady pěstování rostlin s mělkými kořeny (vápník se přemísťuje hlouběji v půdě), přehnojováním snadno rozložitelnými organickými hnojivy (větší koncentrace kys. uhličitě rozpouští sloučeniny vápníku), zamokřením pozemku (z organických látek vznikají kyselé produkty), kyselými dešti a vylučováním kyselých látek kořeny rostlin. Takto způsobené okyselování půd následně negativně ovlivňuje růst kořenů kulturních rostlin a omezuje příjem kationtů. Zvýšená půdní kyselost dále ovlivňuje půdní strukturu, aktivitu a zastoupení mikroorganismů, sorpci kationtů rostlinných živin a rozpustnost sloučenin škodících rostlinám.

### Dehumifikace

Šarapatka (2014) uvádí, že se jedná o ubývání SOM, která následně neplní svoje nezastupitelné funkce. Tento jev se projevuje v několika posledních desetiletích a je dopadem intenzivního zemědělství. Za hlavní příčiny ztrát SOM se považují tyto příčiny:

- vykácení lesa nebo rozorání luk a pastvin a následné polaření
- odvodnění půdy a následná zvýšená mineralizace způsobená změnou hydrotermických a aeračních podmínek
- vodní a větrná eroze
- nedostatečné dodávání organické hmoty do půdy
- nevhodná kultivace

## **2.9 Popis zájmového území**

Zájmové území (obrázek č. 4) se nachází v Novohradských horách. Ty jsou součástí rozsáhlého orografického útvaru, jehož větší část se nachází v Rakousku. Menší českou část útvaru lze rozdělit na větší a vyšší Pohořskou hornatinu a na menší a nižší Jedlickou vrchovinu. Novohradské hory se vyznačují zemědělskou a lesní krajinou, která je celkem hustě protkána sítí vodních toků (Papáček, 2003). Nadmořská výška se zde pohybuje od 645 do 1072 m n. m. (vrchol Kamenec). Celková rozloha Novohradských hor je 162 km<sup>2</sup> (Chábera, 1998).

Zásadou málo vhodných podmínek pro zemědělství tvoří půdní kryt v Novohradských horách především původní lesní půdy. K malé degradaci zdejších půd přispívá ochrana půdního profilu pokryvem lesa a trvalých travních porostů (Kubeš, 2004).

Obrázek č. 4: Poloha zájmového území



Upraveno podle:

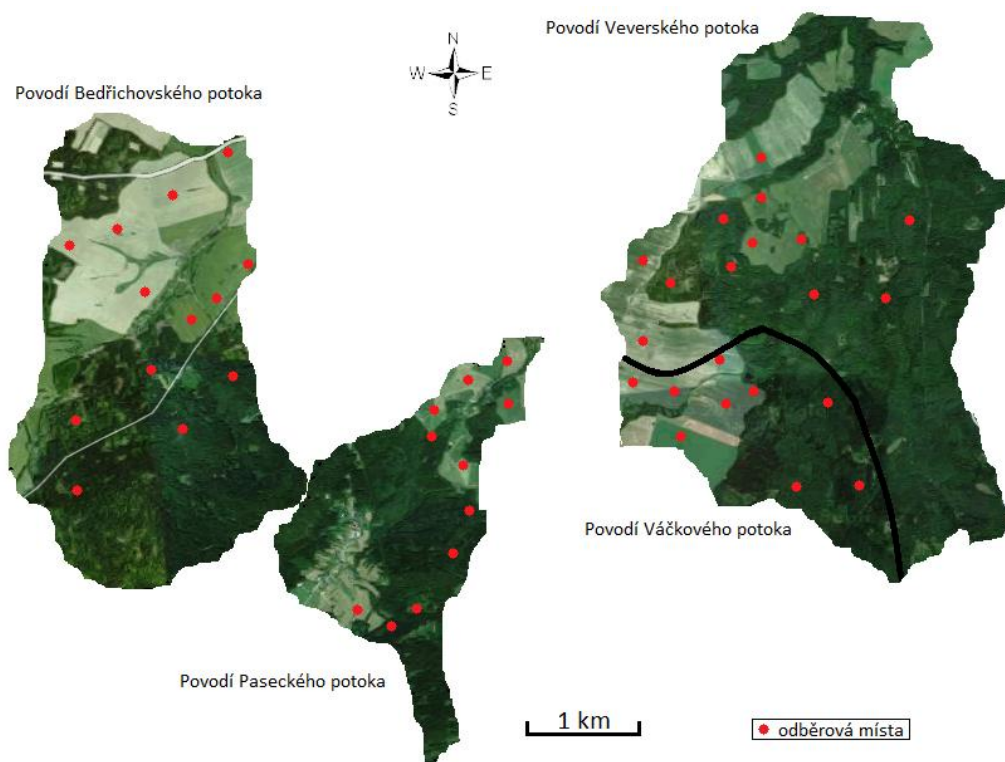
[http://wiki.rvp.cz/Kabinet%2FMapy%2FMapa\\_%C4%8CR%2FSlep%C3%A9\\_mapy\\_%C4%8CR](http://wiki.rvp.cz/Kabinet%2FMapy%2FMapa_%C4%8CR%2FSlep%C3%A9_mapy_%C4%8CR)

### 3. Metodika

#### 3.1 Odběr vzorků

Vzorky půd byly odebrány na konci vegetačního období roku 2014. Odběrová místa (obrázek č. 5) se nachází v následujících subpovodích řeky Stropnice: Veverský potok (940 ha), Bedřichovský potok (660 ha), Pasecký potok (311 ha), Váčkový potok (216 ha).

Obrázek č. 5: Odběrová místa vzorků půdy v jednotlivých subpovodích



Upraveno podle:

<https://www.google.cz/maps/place/Horn%C3%AD+Stropnice/@48.7520041,14.6890998,7749m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x4773162f85ac93c3:0x400af0f661515e0>

Při volbě území hrály hlavní roli srovnatelné geologické, pedologické a klimatické podmínky. Rozdíl mezi subpovodími tvořilo odlišné zastoupení ploch hospodářsky využívaných jako les, trvalé travní porosty (TTP) a orná půda. Odběry

vzorků půdy byly provedeny pomocí vrtací sondovací tyče (Obrazová příloha, obrázek č. 8), pomocí které se odebral tzv. porušený půdní vzorek. Každé odběrové místo tvořil čtverec o ploše 5 m<sup>2</sup>. K přesnému zaměření jednotlivých odběrových míst byl použit přístroj GPS GARMIN eTrex Vista®.

Před odběrem byla v každém čtverci odstraněna svrchní humusová vrstva. V místech s dostatečně vyvinutým půdní profilem následoval samotný odběr, který byl postupně prováděn do hloubek: A: 0-15 cm (Obrazová příloha, obrázek č. 9), B: 15-30 cm (Obrazová příloha, obrázek č. 10), C: 30-45 cm (Obrazová příloha, obrázek č. 11). U každého odběrového místa byly náhodně odebrány tři vzorky, ze kterých se následně vytvořil jeden směsný vzorek.

Množství odebraných vzorků půd v jednotlivých agroekosystémech nacházejících se ve zkoumaných subpovodích odpovídalo ploše těchto agroekosystémů v daném subpovodí (tabulka č. 3).

Tabulka č. 3: Počet odebraných vzorků v jednotlivých subpovodích a jejich zastoupení v různých typech agroekosystémů

Potok	Les	TTP	Orná půda	Celkem
Bedřichovský	45	40	27	112
Pasecký	54	47		101
Váčkový			54	54
Veverský	52	27	27	106

### 3.2 Zpracování vzorků

Vzorky půd se vysušily na vzduchu bez přístupu slunečních paprsků. Z vysušených vzorků byly odstraněny větší částice a organické zbytky. Částice skeletu o velikosti větší, než 2 mm byly odstraněny prosetím na síť s velikostí děr 2 mm. Takto ošetřené vzorky byly rozemlety pomocí planetového kulového půdního mlýnu (obrázek č. 6).

Obrázek č. 6: Planetový kulový půdní mlýn Retsch PM 100 CM



Převzato od: <http://www.retschcz.cz/produkty/mleti/kulove-mlyny/planetary-ball-mill-pm-100-cm>

### 3.3 Analýza vzorků

V pevných půdních vzorcích byly pomocí přístroje FORMACS<sup>HT</sup> TOC/TN ANALYZER a pomocí přídatného modulu PRIMACS<sup>MCS</sup>; fa Skalar - CARBON Instruments s.r.o. (obrázek č. 7) měřeny hodnoty celkového organického uhlíku (TOC).

Obrázek č. 7: Přídatný modul PRIMACS<sup>MCS</sup> pro měření TOC v pevných vzorcích; fa Skalar - CARBON Instruments s.r.o.



Převzato od: <http://cs.skalar.com/analyzatory/formacs-series-toc-tn-analyzatory-pro- kapalne-vzorky/>

Analyzátor TOC a celkového dusíku v kapalných vzorcích typu Formacs<sup>HT</sup> je propojen s přídatným modulem Primacs<sup>MCS</sup>. Ten umožňuje stanovit množství TOC v pevných vzorcích.

Přídatný modul Primacs<sup>MCS</sup> disponuje dvěma typy pecí, které umožňují oddělené stanovení celkového uhlíku (TC) a anorganického uhlíku (IC). Při stanovení TC je předem odvážené množství vzorku spáleno při 1100 °C. Dochází tak ke katalytické oxidaci vzorku, během které se přítomný uhlík převede na CO<sub>2</sub>. Ten je měřen na infračerveném detektoru analyzátoru kapalných vzorků.

Při stanovení IC je vzorek půdy zahříván v reaktoru za současného okyselení (20% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) a působení O<sub>2</sub>. Dochází tak k převedení uhlíku na CO<sub>2</sub>. Software sbírá data a vypočítává množství TOC pomocí výpočtu: TOC=TC-IC. Množství TOC následně odpovídá množství půdního organického uhlíku (SOC).

### **3.4 Zpracování dat**

Vyhodnocení dat bylo provedeno v programu Microsoft Office Excel 2007 a v programu Statistika CZ 12. U dat získaných za rok 2014 byl určen medián, průměr, minimum, maximum a směrodatná odchylka. K porovnání hodnot byla použita analýza rozptylu (ANOVA). Tukeyho post-hoc testem s hladinou pravděpodobnosti  $p \leq 0,05$  byly testovány rozdíly mezi vrstvami půdy (A, B, C) a kategoriemi využití půdy (TTP, les, orná půda). Data z let 2001 a 2007 byla pro zpracování bakalářské práce poskytnuta Laboratoří aplikované ekologie v Českých Budějovicích.

## 4. Výsledky

### 4.1 Hodnoty SOC v roce 2014

Největší množství SOC bylo zjištěno u lesních půd (tabulka č. 4). Obsah SOC se zde pohyboval v rozmezí od 1,6 % do 16 %. Nejvíce SOC obsahovaly nejsvrchnější (A) vrstvy, zde se obsah pohyboval od 5,7 % do 16 %.

U orné půdy byly zjištěny hodnoty SOC od 1,8 % do 2,2 %. Rozdíly mezi jednotlivými vrstvami byly menší než u lesních půd.

Hodnoty SOC u TTP dosahovaly od 1,8 % do 5,4 %. Množství SOC zde bylo vyšší, než u orné půdy a nižší, než u lesních půd.

Tabulka č. 4: Průměrné množství uhlíku (% sušiny) v roce 2014 v jednotlivých povodích, vrstvách a biotopech. Zvýrazněny jsou maximální hodnoty.

SOC (%)

Povodí	Vrstva	Kategorie využití území		
		Les	Orná půda	TTP
Bedřichovský	A	<b>15,72±8,20</b>	2,09±0,41	2,80±1,17
	B	4,94±1,66	1,92±0,50	2,01±0,60
	C	3,25±1,76	1,79±0,58	1,83±0,41
Pasecký	A	11,86±8,74		<b>5,36±2,72</b>
	B	5,49±3,85		3,36±1,35
	C	3,86±2,83		2,82±1,07
Váčkovský	A	5,66±2,98	2,13±0,35	
	B	2,30±0,68	<b>2,24±0,44</b>	
	C	2,05±0,52	2,16±0,51	
Veverský	A	9,76±8,17	1,87±0,34	4,47±1,11
	B	2,44±1,23	2,10±0,41	2,83±0,79
	C	1,58±0,92	1,90±0,39	1,78±0,62



Lesní půdy vykazovaly nejvýraznější rozdíly mezi vrstvami, statisticky významný rozdíl ( $p < 0,01$ ) mezi vrstvami A a C se prokázal ve všech povodích (tabulka č. 5).

U orné půdy byly rozdíly mezi jednotlivými vrstvami nejmenší. Statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými vrstvami nebyl prokázán u žádné z orných půd.

Po lesních půdách vykazovaly TTP druhé největší rozdíly mezi jednotlivými půdními vrstvami. Statisticky významný rozdíl mezi vrstvami A a B se prokázal u všech zkoumaných povodí. U povodí Veverského potoka se statisticky významně lišily všechny tři vrstvy.

Tabulka č. 5: Zásoba uhlíku (% sušiny) v modelovém území Stropnicka v roce 2014. Znárodněny jsou hodnoty mediánu pro jednotlivá povodí, druhy pěstovaných kultur a půdní vrstvy. Jednotlivá malá písmena (a, b, c) značí statisticky průkazné rozdíly mezi půdními vrstvami.

SOC (%)

Vrstva	Pa			Be		
	Les	Orná půda	TTP	Les	Orná půda	TTP
A	9,03 a		5,38 a	15,99 a	2,22 a	a
B	4,26 b		3,05 b	5,08 b	1,76 a	1,73 b
C	2,71 b		2,21 b	2,80 b	1,80 a	1,75 b
Vrstva	Va			Ve		
	Les	Orná půda	TTP	Les	Orná půda	TTP
A	5,67 a	2,09 a		6,40 a	1,89 a	4,20 a
B	2,19 b	2,11 a		2,17 b	2,17 a	2,71 b
C	1,97 b	1,96 a		1,41 b	1,94 a	1,52 c

Zkratky povodí: Pa: Pasecký potok, Be: Bedřichovský potok, Va: Váčekový potok, Ve: Veverský potok.

Půdní vrstvy: A: 0-15 cm, B: 15-30 cm, C: 30-45 cm.

## 4.2 Rozdíly mezi povodími

Největší množství SOC ve všech půdních vrstvách se prokázalo v povodí Paseckého potoka (3,87 %). Obdobně jako u ostatních povodí se zde nejvíce SOC

nacházelo v nejsvrchnější vrstvě A (6,2 %). Toto povodí vykazovalo úbytek SOC v horizontálním gradientu (tabulka č. 6), tento jev se prokázal i u ostatních povodí.

Nejmenší obsah SOC ze všech zkoumaných povodí byl prokázán u povodí Váčkového potoka (2,11 %). V tomto povodí se nacházela na SOC nejchudší vrstva A (2,27 %) a nejchudší vrstva B (2,14 %).

Povodí Bedřichovského potoka spolu s povodím Veverského potoka vykazovalo podobný celkový obsah SOC (Be 2,52 %; Ve 2,27 %). Výraznější rozdíl byl patrný v množství SOC v nejsvrchnější vrstvě A (Be 2,93 %; Ve 5,06 %).

Tabulka č. 6: Zásoba uhlíku (% sušiny) v jednotlivých povodích. Znázorněny jsou hodnoty mediánu pro jednotlivá povodí, jednotlivé půdní vrstvy a všechny půdní vrstvy vypočítané pro všechny kultury.

SOC (%)

Vrstva	Pa	Be	Va	Ve
A	6,17±7,18	2,93±8,22	2,27±2,38	5,06±6,69
B	3,62±3,04	2,45±1,83	2,14±0,52	2,26±0,99
C	2,57±2,36	1,94±1,40	1,96±0,51	1,66±0,73
Všechny vrstvy	3,87±5,28	2,52±5,50	2,11±1,52	2,27±4,45

Zkratky povodí: Pa: Pasecký potok, Be: Bedřichovský potok, Va: Váčkový potok, Ve: Veverský potok.

Půdní vrstvy: A: 0-15 cm, B: 15-30 cm, C: 30-45 cm.

### 4.3 Porovnání zjištěných hodnot s výsledky z roku 2001 a 2007

Největší množství SOC bylo při porovnání dat z let 2001, 2007 a 2014 zjištěno v nejsvrchnějších (A) vrstvách lesních půd (tabulka č. 7). Hodnoty se v lesních půdách pohybovaly v rozmezí od 1,6 % do 25 %. V průběhu času vykazuje obsah SOC v těchto půdách pokles. Tento pokles je patrný i ve vertikálním gradientu. Jedinou výjimku tvoří mírný nárůst (0,1 %) mezi lety 2001 a 2007 v povodí Veverského potoka.

Porovnání dat ze stejných období u orné půdy prokazuje oproti lesním půdám vyrovnanější poměry obsahů SOC mezi jednotlivými vrstvami. Hodnoty zde dosahovaly od 1,8 % do 7 %. Patrný je pokles obsahu SOC mezi lety 2007 a 2014, který se prokázal u všech povodí zahrnující ornou půdu.

Data získaná z TTP dosahovala hodnot od 1,8 % do 9 %. V průběhu času se projevil postupný pokles obsahu SOC, který byl patrný i ve vertikálním horizontu.

Tabulka č. 7: Porovnání průměrných hodnot zásoby uhlíku (% sušiny) v modelovém území Stropnicka v letech 2001, 2007 a 2014 pro jednotlivá povodí, druhy pěstovaných kultur a půdní vrstvy. Zvýrazněny jsou maximální hodnoty.

SOC (%)

Vrstva	Pa						Be								
	Les			TTP			Les			Orná půda			TTP		
	2001	2007	2014	2001	2007	2014	2001	2007	2014	2001	2007	2014	2001	2007	2014
A	<b>25,0</b>	13,0	11,9	<b>9,0</b>	8,8	5,4	23,4	14,1	15,7	4,8	5,7	2,1	7,1	6,6	2,4
B	12,3	8,0	5,5	6,6	6,2	3,4	7,7	7,1	4,9	4,8	5,2	1,9	5,3	5,2	2,0
C	7,1	7,6	3,9	5,0	4,7	2,6	5,8	5,2	3,3	4,2	4,8	1,8	4,5	4,3	2,0
Vrstva	Va						Ve								
	Les			Orná půda			Les			Orná půda			TTP		
	2001	2007	2014	2001	2007	2014	2001	2007	2014	2001	2007	2014	2001	2007	2014
A	13,4	10,8	5,7	5,1	5,4	2,1	15,1	11,3	9,8	5,5	6,0	1,9	8,0	7,3	4,5
B	6,0	4,7	2,3	5,2	4,8	2,2	5,9	6,0	2,4	5,7	<b>7,0</b>	2,1	5,1	4,8	2,8
C	4,1	3,9	2,1	4,7	4,3	2,2	4,5	4,6	1,6	5,0	5,4	1,9	4,3	4,2	1,8

Zkratky povodí: Pa: Pasecký potok, Be: Bedřichovský potok, Va: Váčkový potok, Ve: Veverský potok.

Půdní vrstvy: A: 0-15 cm, B: 15-30 cm, C: 30-45 cm.

## **5. Diskuze**

### **5.1 Hodnoty SOC v roce 2014**

#### **Lesní půdy**

Podle Stevens (1997) je vyšší obsah SOC v lesních půdách způsoben dlouhodobým hromaděním těžko rozložitelných organických zbytků na povrchu půdy. Pomalý rozklad této organické hmoty je dán vyšším obsahem ligninu a kyselostí půdního prostředí. Pomalu se rozkládající rostlinné zbytky napomáhají k udržení vlhkosti na stanovišti, tvoří zásobárnu živin, jsou živnou půdou pro edafon a substrátem nezbytným pro obnovu lesa. Tomuto tvrzení odpovídá zjištění učiněné v zájmovém území, ve kterém bylo největší množství SOC prokázáno v nejsvrchnějších vrstvách lesních půd. Průměrný obsah SOC zde tvořil 5,7 %. Frouz a kol. (2009) u svrchních vrstev půd smrkových porostů rostoucích na výsypkách v severozápadních Čechách uvádí průměrný obsah SOC 4,8 %. Podobné zjištění učinil také Manojlović a kol. (2010). Zjistil, že obsah SOC v lesních půdách nacházejících se v srbských horách je větší než v půdách orných a v půdách z TTP nacházejících se v téže lokalitě. Jím zjištěné hodnoty v lesních půdách dosahovaly průměru 5,8 %.

Největší hodnoty ve zkoumaných lesních půdách vykazovaly nejsvrchnější vrstvy lesních půd. Tento jev souvisí s pomalejším rozkladem rostlinných zbytků v jehličnatých lesech. V lese jehličnatém je rozklad rostlinných zbytků pomalejší vlivem kyselejšího půdního prostředí, které zde vzniká v důsledku rozkladu jehličí a v důsledku působení mechů a lišejníků (Nieder a Benbi, 2008). V lese smíšeném a opadavém je díky příznivějším chemickým podmínkám a díky většímu množství edafonu rozklad organické hmoty rychlejší. Vlivem intenzivnějšího působení edafonu se větší množství organické hmoty přesunuje do hlubších vrstev půdy (Aber a Mellilo, 2001).

#### **TTP**

Brady a Weil (2002) uvádějí, že významný rozdíl mezi lesem a TTP tvoří úloha kořenů na zásobování půdy organickou hmotou. TTP podporují množství půdní organické hmoty zejména tvorbou vyvinutého kořenového systému. Bohaté

prokořenění TTP zároveň ovlivňuje rovnoměrnější a hlubší rozmístění organické hmoty v půdě. Conant a kol. (2001) popisuje SOM jako klíčový faktor pro udržení úrodnosti lučních ekosystémů. Její množství je značně závislé na způsobu obhospodařování luk a pastvin. Na zvýšení množství SOM na loukách a pastvinách má pozitivní vliv výskyt žížal, zavlažování, přisévání vhodných druhů trav a leguminóz. TTP jsou tak místem s potenciálem pro sekvestraci atmosférického uhlíku. McLauchlan a kol. (2006) popisuje příznivý vliv TTP na množství SOC v půdě. K nárůstu množství SOC dochází takřka ihned po založení porostu. K hromadění SOC u TTP dochází lineárně minimálně po dobu prvních čtyřiceti let od převedení orné půdy na travní porost.

V zájmovém území půdy TTP obsahovaly průměrně 3 % SOC. Šarapatka a Čížková (2014) zkoumali vliv různých typů travních porostů na kvalitu půdy v horských oblastech České republiky. Ve své práci uvádějí průměrný obsah SOC na loukách 2 % a na pastvinách 3,9 %. Manojlovič a kol. (2010), určil u TTP nacházejících se v srbských horách průměrné množství SOC 3,95 %.

McLauchlan a kol. (2006) poukazuje na vliv druhového složení travního porostu na množství a rozmístění SOC v půdě. Rozdílná je mezi jednotlivými druhy trav a bylin hloubka zakořenění a morfologie kořene, čímž je ovlivněno následné rozmístění SOC v půdě. Toto tvrzení vysvětluje rovnoměrnější rozmístění SOC v půdním profilu TTP, které bylo zjištěno v zájmovém území.

### **Orná půda**

Nižší množství SOC v orné půdě vysvětluje Brady (1990). Uvádí, že u orných půd převažuje odebrání organické hmoty nad jejím zpětným vracením do půdy. Tím se člověkem obhospodařovaná půda liší od čistě přírodních systémů, ve kterých se všechna vyprodukovaná hmota vrací zpět do půdy. Dále člověk ovlivňuje množství SOC v orné půdě zpracováním půdy při agrotechnických zásazích. Při zpracování půdy dochází k rozmělnění organických zbytků a k jejich promíchání s půdou. Zrychluje se tak mineralizace organické hmoty a dochází k jejímu rovnoměrnému rozmístění v půdě. Množství SOC dále ovlivňuje odvodnění půdy. Platí, že v půdě odvodněné dochází vlivem většího přístupu vzduchu k rychlejšímu rozkladu organické hmoty. Lidská činnost ovlivňuje množství SOC také úpravou půdní reakce a hnojením umělými hnojivy. Nelze opominout ani rozdílný vliv pěstovaných plodin, které se střídají na zemědělské půdě. Situaci, ke které dochází po rozorání louky,

popisuje McLauchlan a kol. (2006). K nejmarkantnějším ztrátám SOM dochází během několika prvních desetiletí po převedení extenzivně obhospodařovaného TTP na ornou půdu. Následně se množství SOM stabilizuje na určité úrovni. U orných půd odebraných v zájmovém území byly zjištěné hodnoty SOC nejnižší, průměrné množství zde tvořila 2 %. Rozložení SOC v půdním profilu bylo u této kategorie vlivem pravidelného obracení a promíchávání půdy při agrotechnických zásazích nejrovnoměrnější. Množství půdní organické hmoty v orných půdách v České republice řeší Kubát a kol. (2008). Dodává, že se u této kategorie půd množství SOC pohybuje v širokém rozmezí od 0,6 do 3,23 %. Nejhojnější jsou u nás orné půdy s obsahem SOC od 1 do 2 %. Manojlovic a kol. (2010) u kategorie orná půda v srbských horách uvádí průměrné množství 4,1 % SOC.

## 5.2 Rozdíly mezi povodími

Vliv využívání půdy na množství půdní organické hmoty řeší Chibsa a Ta'a (2009). Uvádí, že největší schopností sekvestrovat atmosférický uhlík disponuje les bez hospodářské činnosti člověka > travní porost bez hospodářské činnosti člověka > úhor > obdělávaná půda. S rostoucí intenzifikací obhospodařování se množství SOM snižuje. V zájmovém území bylo nejvíce SOC prokázáno v půdách v povodí Paseckého potoka (medián 3,87 %), následují - **povodí Bedřichovského potoka (medián 2,52 %)** > **povodí Veverského potoka (medián 2,27 %)** > povodí Váčekového potoka (medián 2,11 %). Toto pořadí víceméně odpovídá podílu agroekosystémů s největším množstvím SOC (les a TTP) na ploše jednotlivých povodí. Výjimku tvoří opačné pořadí povodí Bedřichovského a Veverského potoka (zvýrazněno). Rozdíl v obsahu SOC mezi těmito dvěma povodími tvořilo pouze 0,25 %. Povodí s nejvyšším obsahem SOC - povodí Paseckého potoka zahrnuje největší plochu lesů a travních porostů - 95 % z celkové výměry, následuje **povodí Veverského potoka s plochou lesů a travních porostů 84 %** > **povodí Bedřichovského potoka s plochou lesů a travních porostů 73 %** > povodí Váčekového potoka s plochou lesů a travních porostů necelých 66 % (Bodlák, 2011).

### 5.3 Porovnání zjištěných hodnot s výsledky z roku 2001 a 2007

Postupné změny odehrávající se v obsahu SOC vysvětluje Wang a kol. (2008). SOM je dynamickou součástí pevninských systémů, jenž je ovlivňována vzájemným působením atmosféry na biosféru. Hraje významnou roli při zvyšování intenzity rostlinné výroby a při snižování emisí skleníkových plynů. Podobně jako ostatní půdní vlastnosti, vykazuje její množství variabilitu odvíjející se od dynamické interakce mezi matečnou horninou, klimatem a geologickou povahou stanoviště. Mezi aspekty, které mohou mít dominantní vliv na množství SOC, patří svažítost, nadmořská výška a způsob využití půdy. Zemědělské využití půdy ovlivňuje SOC skrze oseední postupy, způsoby zpracování půdy, způsoby hnojení, používání pesticidů a závlah, odvodnění půdy. V zájmovém území bylo největší množství SOC při porovnání dat z let 2001, 2007 a 2014 zjištěno v nejsvrchnějších vrstvách lesních půd. V průběhu času vykazuje obsah SOC v těchto půdách pokles. Tento pokles je patrný i ve vertikálním gradientu. Porovnání dat ze stejných období u orné půdy prokazuje oproti lesním půdám vyrovnanější poměry obsahů SOC mezi jednotlivými vrstvami. Patrný je pokles obsahu SOC v orných půdách mezi lety 2007 a 2014, který se prokázal u všech povodí zahrnující ornou půdu. U dat získaných z TTP se v průběhu času projevil postupný pokles obsahu SOC, který byl patrný i ve vertikálním horizontu. Obdobnou problematikou v zájmové oblasti Stropnicka se zabýval Bodlák (2011). Ve své práci mimo jiné porovnával množství SOC mezi lety 2001 a 2007. Prokázal úbytek SOC ve svrchních vrstvách lesních půd, které souviselo s měnícím se pH těchto půd. U orných půd a TTP prokázal mezi lety 2001 a 2007 pouze mírné snížení obsahu uhlíku.



## 6. Závěr

Při analýze vzorků půd, odebraných ze subpovodí řeky Stropnice v roce 2014, bylo největší množství SOM prokázáno u nejsvrchnějších vrstev lesních půd. Půdy z TTP vykazovaly oproti lesním půdám nižší obsah SOM a rovnoměrnější distribuci v jednotlivých půdních vrstvách. Nejnižší obsahy SOM byly pozorovány u orných půd. Zde byla distribuce SOM nejrovnoměrnější.

Porovnání aktuálního stavu SOC v subpovodích Stropnice s daty z let 2001 a 2007 neodpovídalo základnímu předpokladu, kterým bylo ubývání SOM v orných půdách a přibývání SOM v lesních půdách a v půdách z TTP. S výjimkou vrstvy A lesní půdy v povodí Bedřichovského potoka byl při porovnání dat z let 2007 a 2014 zjištěn pokles množství SOM u všech kategorií půd ve všech vrstvách.

Množství SOM v lesních půdách lze, mimo jiné, ovlivnit druhovou skladbou vysazovaných stromů. Větší množství SOC je ukládáno listnatými stromy, než jehličnatými. V zájmu sekvestrace uhlíku a v zájmu udržení přirozené půdní úrodnosti by se vhodnost stromů pro výsadbu neměla posuzovat jen podle jejich schopnosti tvořit nadzemní hmotu, ale i podle schopnosti akumulovat SOC. Zvyšovat množství SOM v půdách s porostem TTP lze prostřednictvím vhodného managementu. Ten zahrnuje správnou intenzitu hnojení, zavlažování, vhodné načasování sečí, přisévání vhodných druhů trav a leguminóz a vhodnou intenzitu pastvy. Zlepšení kvality a zvýšení množství SOM v orných půdách ovlivňuje rostlinná i živočišná výroba. Je nutné zvýšit výměry pícnin pěstovaných na orné půdě a zvýšit pestrost plodin střídaných na orné půdě v rámci osevních postupů. Dále je zapotřebí znovuzavedení živočišné výroby s dostatečnou intenzitou a rovnoměrným rozmístěním na území, aby došlo k omezení rozsáhlých ploch orné půdy bez živočišné výroby.

## 7. Seznam použité literatury

**ABER, John D a Jerry M MELILLO.** *Terrestrial ecosystems*. 2nd ed. San Diego: Harcourt/Academic Press, c2001. ISBN 0-12-041755-3.

**BEDRNA, Zoltán, Juraj HRAŠKO a Soňa SOTÁKOVÁ.** *Polnohospodárske pôdoznalectvo*. 1. vyd. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 1968.

**BODLÁK, Lubomír.** *Dynamika půdního uhlíku a vybraných půdních charakteristik v subpovodích modelového území Stropnice: disertační práce = Dynamism of soil carbon and selective soil characteristics in model landscape Stropnice subcatchments*. České Budějovice, 2011.

**BRADY, Nyle C.** *The nature and properties of soils*. 10th ed. New York: Macmillan, 1990. ISBN 0-02-313361-9.

**BRADY, Nyle C a Ray R WEIL.** *The nature and properties of soils*. 13th ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2002. ISBN 0-13-016763-0.

**CONANT, Richard T.; PAUSTIAN, Keith; ELLIOTT, Edward T.** Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. *Ecological Applications*, 2001, 11.2: 343-355.

**FORMAN, Richard T a Michel GODRON.** *Krajinná ekologie*. 1. vyd. Praha: Academia, 1993. ISBN 80-200-0464-5.

**FROUZ, Jan, et al.** Carbon storage in post-mining forest soil, the role of tree biomass and soil bioturbation. *Biogeochemistry*, 2009, 94.2: 111-121.

**HAUPTMAN, Ivo, Zdeněk KUKAL, Karel POŠMOURNÝ a Ivan BIČÍK.** *Půda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2009. ISBN 978-80-903482-4-0.

**HŮLA, Josef a Blanka PROCHÁZKOVÁ.** *Minimalizace zpracování půdy*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 978-80-86726-28-1.

**CHAPIN, F, P MATSON a Harold A MOONEY.** *Principles of terrestrial ecosystem ecology*. New York: Springer, 2002, 436 s. ISBN 0-387-95443-0.

**CHÁBERA, Stanislav.** *Fyzický zeměpis jižních Čech: přehled geologie, geomorfologie, horopisu a vodopisu*. Vydání 1. České Budějovice: Jihočeská

univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, 1998. ISBN 80-7040-218-0.

**CHIBSA, Tilahun, et al.** Assessment of Soil Organic Matter under Four Land Use Systems In Bale Highlands, Southeast Ethiopia A. Soil Organic Matter Contents in Four Land Use Systems: Forestland, Grassland, Fallow Land and Cultivated Land. *World Applied Sciences Journal*, 2009, 6.9: 1231-1246.

**KACHLÍK, Václav a Ivo CHLUPÁČ.** *Základy geologie 7.* 2. vyd. Praha: Karolinum, 2001. ISBN 80-246-0212-1.

**KOSTELANSKÝ, František.** *Obecná produkce rostlinná.* 1. vyd. Brno: MZLU, 1997. ISBN 80-7157-245-4.

**KRAFT, Jaroslav a Pavel MENTLÍK.** *Úvod do geologie pro geografy: endogenní a exogenní dynamika.* 2. přeprac. a rozšíř. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2004. ISBN 80-7043-290-X.

**KUBÁT, Jaromír, et al.** Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty v orných půdách—Metodika pro praxi. 2008.

**KUBEŠ, Jan.** *Krajina Novohradských hor: fyzicko-geografické složky krajiny.* České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2004. ISBN 80-7040-757-3.

**LEDVINA, Rostislav, Jitka KOUBALÍKOVÁ a Jan HORÁČEK.** *Geologie a půdoznalství: pro 1. ročník studia.* 1. vyd. České Budějovice: ZF JU, 1992. ISBN 80-900364-6-5.

**MANOJLOVIĆ, Maja; ČABILOVSKI, Ranko; SITAULA, Bishal.** Soil organic carbon in serbian mountain soils: Effects of land use and altitude. *Pol. J. Environ. Stud.*, 2011, 20: 977-986.

**MCLAUHLAN, Kendra K.; HOBBIE, Sarah E.; POST, Wilfred M.** Conversion from agriculture to grassland builds soil organic matter on decadal timescales. *Ecological applications*, 2006, 16.1: 143-153.

**MILERSKI, Rudolf.** *Nauka o krajině.* 2005.

**NĚMEČEK, Jan, Libuše SMOLÍKOVÁ a Miroslav KUTÍLEK.** *Pedologie a paleopedologie.* 1. vyd. Praha: Academia, 1990. ISBN 80-200-0153-0.

**NĚMEČEK, Jan.** *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky.* 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2001. ISBN 80-238-8061-6.

**NIEDER, R a D BENBI.** *Carbon and nitrogen in the terrestrial environment.* Dordrecht: Springer, c2008. ISBN 978-1-4020-8432-4.

- ODUM, Eugene Pleasants.** *Základy ekologie*. 1. vyd. Přeložil Radoslav Obrtel. Praha: Academia, 1977.
- PAPÁČEK, Miroslav.** *Biodiverzita a přírodní podmínky Novohradských hor II: Biodiversity and environmental conditions of the Novohradské mountains II : book of paper*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2003. ISBN 80-7040-657-7.
- PAVEL, Lubomír.** *Geologie a půdoznalství*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola zemědělská (Praha), 1984.
- POKORNÝ, Eduard a Bořivoj ŠARAPATKA.** *Půdoznalství pro ekozemědělce*. 1. vyd. Praha: ÚZPI, 2003. ISBN 80-7084-295-4.
- RAJCHARD, Josef.** *Ekologie III: Struktura a funkce ekosystému, produkční ekologie, biogeochemické cykly, chemické faktory prostředí, základy ekologie půdy, ekologie vodního prostředí, aktuální celosvětové ekologické problémy*. 1. vyd. Č. Budějovice: KOPP, 2002. ISBN 80-7232-191-9.
- SÁŇKA, Milan a Jan MATERNA.** *Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 2004.
- SCHLESINGER, William H.** *Biogeochemistry: an analysis of global change*. 2nd ed. Amsterdam: Academic Press, 1997. ISBN 0-12-625155-X.
- SOTÁKOVÁ, Soňa.** *Organická hmota a úrodnost' půdy*. 1. vyd. Bratislava: Příroda, 1982.
- STEJSKAL, Jan.** *Zemědělská geologie*. 2., přeprac. vyd. Praha: SZN, 1967.
- STEVENS, Victoria.** *The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in BC forests*. British Columbia, Ministry of Forests, Research Program, 1997.
- ŠANTRŮČKOVÁ, Hana.** *Ekologie půdy*. 1. vyd. České Budějovice: Biologická fakulta Jihočeské univerzity, 2001.
- ŠARAPATKA, Bořivoj.** *Pedologie a ochrana půdy*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-3736-1.
- SARAPATKA, B.; CIZKOVA, S.** The influence of different types of grassland on soil quality in upland areas of Czech Republic. *Journal of Environmental Biology*, 2014, 35.3: 453.
- ŠIMEK, Miloslav.** *Základy nauky o půdě*. 1. vyd. České Budějovice: Biologická fakulta Jihočeské univerzity, 2004. ISBN 80-7040-667-4.
- ŠIMEK, Miloslav.** *Základy nauky o půdě*. 2. uprav. a rozš. vyd. České Budějovice: Biologická fakulta Jihočeské univerzity, 2005. ISBN 80-7040-747-6.

**TESAŘ, Stanislav a Václav VANĚK.** *Výživa rostlin a hnojení.* 1. vyd. Praha: VŠZ (Praha), 1992. ISBN 80-85467-99-2.

**TOMÁŠEK, Milan.** *Půdy České republiky.* 3. vyd. Praha: Česká geologická služba, 2003. ISBN 80-7075-607-1.

**URBAN, Jiří a Bořivoj ŠARAPATKA.** *Ekologické zemědělství: učebnice pro školy i praxi.* 1. vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 2003. ISBN 80-7212-274-6.

**VACULÍK, Rudolf.** *Půdoznalství.* 2. přeprac. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1983.

**VANĚK, Václav a Jan PENK.** *Vápnění zemědělských půd.* 1. vyd. Praha: Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR, 1991. ISBN 80-7084-047-1.

**WANG, Z. M., et al.** Soil organic carbon under different landscape attributes in croplands of Northeast China. *Plant Soil Environ*, 2008, 54: 420-427.

#### **Elektronické zdroje:**

[http://wiki.rvp.cz/Kabinet%2FMapy%2FMapa\\_%C4%8CR%2FSlep%C3%A9\\_mapy\\_%C4%8CR](http://wiki.rvp.cz/Kabinet%2FMapy%2FMapa_%C4%8CR%2FSlep%C3%A9_mapy_%C4%8CR) (staženo dne 27. 1. 2016)

<https://www.google.cz/maps/place/Horn%C3%AD+Stropnice/@48.7520041,14.6890998,7749m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x4773162f85ac93c3:0x400af0f661515e0> (staženo dne 27. 1. 2016)

<http://www.retschcz.cz/produkty/mleti/kulove-mlyny/planetary-ball-mill-pm-100-cm> (staženo dne 25. 1. 2016)

<http://cs.skalar.com/analyzatory/formacs-series-toc-tn-analyzatory-pro-kapalne-vzorky/> (staženo dne 25. 1. 2016)

<https://leporelo.info/bullenuv-model-zeme> (staženo dne 6. 2. 2016)

<https://picasaweb.google.com/110222990949258173828/PhotosForWebsite#6020504699503459778> (staženo dne 10. 2. 2016)

## 8. Obrazová příloha

Obrázek č. 8: Vrtací sondovací tyč



foto autor, 28. 8. 2014

Obrázek č. 9: Odběr vzorku půdy - orná půda (vrstva A: 0-15 cm)



foto autor, 28. 8. 2014



Obrázek č. 10: Odběr vzorku půdy - orná půda (vrstva B: 15-30 cm)



foto autor, 28. 8. 2014

Obrázek č. 11: Odběr vzorku půdy - orná půda (vrstva C: 30-45 cm)



foto autor, 28. 8. 2014