

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**BRNO 2016**

**PETRA PSOTOVÁ**



**Fyzikální vlastnosti povrchových horizontů půd  
vybraných lokalit**

Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*  
Ing. Martin Brtnický

*Vypracovala:*  
Petra Psotová

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci "Fyzikální vlastnosti povrchových horizontů půd ve vybraných lokalitách" vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....  
Podpis

## **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Brtnickému za pomoc při zpracování této bakalářské práce a cenné rady, Ing. Davidu Juříčkovi za pomoc při odběru půdních vzorků a Ing. Janu Hladkému za pomoc při zpracování vzorků v laboratoři. A v neposlední řadě svému otci za podporu po celou dobu studia.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zaměřuje na hodnocení fyzikálních vlastností povrchových horizontů půd v oblasti Podkrkonoší. Jedná se o tři obce. V každé zájmové obci jsem odebrala čtyři vzorky z orné půdy a čtyři vzorky z trvalého travního porostu. Tyto výsledky byly pro účely zhodnocení zprůměrovány pro každou obec. Půdní vzorky byly odebírány do Kopeckého fyzikálních válečků. V literárním přehledu jsou popsány fyzikální vlastnosti půdy, postup při zpracování výsledků a charakteristika vybrané lokality z hlediska klimatického, pedologického, geologického, hydrologického a agroekologického. Výsledné průměrné hodnoty jsou, pro pórovitost 41,8 %, objemovou hmotnost  $1,54 \text{ g.cm}^{-3}$ , specifickou hmotnost  $2,6 \text{ g.cm}^{-3}$ , minimální vzdušnou kapacitu 6,7 % a pro maximální kapilární vodní kapacitu 35,1 %. Podle zrnitostní klasifikace se na těchto lokalitách vyskytují především středně těžké půdy, a to hlinité a písčitohlinité.

Klíčová slova: kvalita půdy, fyzikální vlastnosti půd, odběry půdních vzorků, podkrkonoší

## **Abstract**

This bachelor's thesis focuses on the evaluation of some physical properties of surface horizons of soil under the Giant Mountains. They come from three villages. In every village I took four samples of arable land and four samples of permanent grassland. An average of these results was created for each village. Soil samples were collected into core sample holders. In a review of the literature there are described the physical properties of soil, the procedure for processing results and the characterization of selected locations from the climatic, pedological, geological, hydrological and agroecological point of view. The resulting average values are, to a porosity 41,8 %, density  $1,54 \text{ g.cm}^{-3}$ , specific gravity  $2,6 \text{ g.cm}^{-3}$ , the minimum air capacity 6,7 % and a maximum capillary water capacity 35,1 %. According to the classification of grain on these locations are found mainly middle heavy soil, loam and sandy loam.

Keywords: quality of soil, physical properties of soil, soil sampling, under the Giant Mountains

# OBSAH

<b>1 ÚVOD</b>	<b>8</b>
<b>2 CÍL PRÁCE</b>	<b>9</b>
<b>3 LITERÁRNÍ PŘEHLED</b>	<b>10</b>
3.1 Definice půdy	10
3.2 Vznik půdy	10
3.2.1 Půdotvorný substrát (mateční hornina)	10
3.2.2 Klimatický faktor	11
3.2.3 Biologický faktor	12
3.2.4 Reliéf	12
3.3 Složení půdy	13
3.4 Fyzikální vlastnosti půdy	13
3.4.1 Pevná fáze	13
3.4.1.1 Půdní pórovitost	14
3.4.1.2 Objemová hmotnost půdy	15
3.4.1.3 Měrná (specifická) hmotnost půdy	16
3.4.1.4 Půdní struktura	16
3.4.1.5 Zrnitostní složení	17
3.4.2 Plynná fáze	18
3.4.2.1 Minimální vzdušná kapacita	19
3.4.3 Kapalná fáze	20
3.4.3.1 Půdní hydrolimity	20
3.4.3.2 Maximální kapilární vodní kapacita	21
3.4.2.3 Bilance vody a vodní režim půdy	21
3.5 Kvalita půdy	23
3.5.1 Zrychlená eroze půdy	24
3.5.2 Zhutnění půdy	24
<b>4 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ</b>	<b>26</b>
4.1 Charakteristika a vymezení zájmových území	26
4.1.1 Agroekologická charakteristika	28
4.1.2 Pedologická charakteristika	29
4.1.3 Geologická charakteristika	31
4.1.4 Klimatická charakteristika	32

4.1.5 Hydrologická charakteristika	33
<b>5 METODIKA</b>	<b>35</b>
5.1 Odebírání půdních vzorků	35
5.2 Teorie výpočtů vybraných fyzikálních vlastností	35
5.2.1 Pórovitost	35
5.2.2 Objemová hmotnost půdy	36
5.2.3 Měrná (specifická) hmotnost půdy	36
5.2.4 Minimální vzdušná kapacita půdy	37
5.2.5 Maximální kapilární vodní kapacita	37
5.2.6 Zrnitostní složení	38
<b>6 VÝSLEDKY A DISKUZE</b>	<b>41</b>
6.1 Pórovitost	42
6.2 Objemová hmotnost	43
6.3 Měrná (specifická) hmotnost	44
6.4 Minimální vzdušná kapacita	45
6.5 Maximální kapilární vodní kapacita	46
6.6 Zrnitost	47
<b>7 ZÁVĚR</b>	<b>50</b>
<b>8 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY</b>	<b>52</b>
8.1 Literární zdroje	52
8.2 Internetové zdroje	54
<b>9 SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	<b>56</b>
<b>10 SEZNAM TABULEK</b>	<b>57</b>
<b>11 SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>58</b>
<b>12 PŘÍLOHY</b>	<b>59</b>

# 1 ÚVOD

V této bakalářské práci nazvané "Fyzikální vlastnosti půd povrchových horizontů vybraných lokalit" je hlavním tématem zjištění stavu orničního horizontu, jak na orných půdách, tak i u trvalých travních porostů. Zjištěné hodnoty budou porovnávány mezi sebou na území jednotlivých obcí i mezi obcemi navzájem. Výsledky budou porovnávány i s optimálními hodnotami u jednotlivých fyzikálních vlastností a s výsledky dřívějších průzkumů půd. Záměrem je vyhodnotit a porovnat výsledky na trvalých travních porostech a na orných půdách. Výsledky jsou porovnávány s hodnotami při komplexním průzkumu půd z roku 1968, s bazálním průzkumem půd v letech 1992 - 2007 a s výsledky bakalářské práce z roku 2011 (Ševčíková), z roku 2013 (Kňourková) a z roku 2014 (Huserková).

Půda je velice cenným ekosystémem. Pro lidskou populaci má velký význam a z pohledu člověka se jedná o neobnovitelný zdroj, který je třeba využívat v únosné míře a chránit ho před degradací a kontaminací cizorodými látkami. Od kvality půdy se odvíjí kvalita prostředí, ve kterém žijeme, a také kvalita potravin, které konzumujeme. Je důležité si tyto fakta uvědomovat. Bohužel v dnešní době, době konzumní, kdy je důležitý hlavně zisk a kvantita, se některé důležité principy ochrany půdy opomíjejí. Proto z důvodu špatného obdělávání půdy, nesprávných osevních postupů, používání těžkých mechanizací a nedostatečného hnojení organickými hnojivy, dochází k zhoršování fyzikálních, chemických i biologických vlastností půdy.

*„Národ, který ničí půdu, ničí sám sebe.“ (Franklin D. Roosevelt, 1937)*

*„Zneužíváme půdu, protože ji považujeme za zboží, které nám patří. Pokud však vidíme zemi jako součást společenství, k němuž patříme, můžeme ji začít používat s láskou a úctou.“ (Aldo Leopold)*



## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem této práce je popsat zkoumané fyzikální vlastnosti a na základě vyhodnocení výsledků stanovit kvalitu půd, průměrné a optimální hodnoty fyzikálních vlastností a popřípadě navrhnout nějaká řešení.

Dále jsou v této bakalářské práci charakterizované vybrané lokality z hlediska agroekologického, pedologického, geologického, klimatického a hydrologického. Tato práce také obsahuje mapy, grafy a fotografie.

## **3 LITERÁRNÍ PŘEHLED**

### **3.1 Definice půdy**

Půdu lze definovat jako svrchní část zemské kůry, která vzniká zvětráváním a působením půdotvorných činitelů, jako jsou mikroorganismy, vegetace a půdní edafon. Vliv na vývoj půdy má také mateční hornina, ze které půda pochází, klimatický faktor a doba po kterou půda vzniká. Na půdu je nutné nahlížet jako na polydisperní, dynamický stále se vyvíjející ekosystém, na jehož kvalitě a funkčnosti závisí životy všech ostatních suchozemských ekosystémů. (Tomášek, 2000)

Pro lidstvo je nejdůležitější funkcí půdy její úrodnost, tedy schopnost poskytovat zemědělským rostlinám příhodné podmínky pro růst a vývoj. Důležité jsou také mimoprodukční funkce půdy. V půdní organické hmotě se nachází zásobárna uhlíku, dusíku, fosforu a síry a přes půdu probíhají jejich biologické cykly. Půda slouží i jako filtrační medium pro vodu. V půdě žijí miliony mikroorganismů, které umožňují řadu důležitých biologických procesů. (Taufarová, 2014)

V posledních letech se také začíná o půdě mluvit v souvislosti s kulturní funkcí. Při archeologických a paleontologických výzkumech se z půdy dozvídáme o historii lidské civilizace, vývoji zemědělství a řemesel, i o stěhování národů, změnách klimatu a vývoji vegetace. (Tomášek, 2000)

### **3.2 Vznik půdy**

Tvorba půdy neboli pedogeneze je souhrn všech půdotvorných faktorů a podmínek, které na půdu působí. Mezi půdotvorné faktory řadíme půdotvorný substrát, biologické faktory, vliv člověka a podnebí. Za půdotvorné podmínky považujeme konfiguraci terénu a dobu, po kterou se půda utvářela.

Faktory působí při vzniku půdy přímo, zatímco podmínky působí přes půdotvorné faktory. (Taufarová, 2014)

#### **3.2.1 Půdotvorný substrát (mateční hornina)**

Kvůli působení fyzikálních, chemických a antropogenních vlivů se mateční hornina rozpadá na menší frakce, které jsou buď lokálně uloženy nebo vlivem gravitace, větru či

vody transportovány na jiné lokality. (Shukla, 2014) Půdotvorný substrát nejvíce ovlivňuje charakter vzniklé půdy. Půdy mohou vznikat z pevných hornin, sedimentů i ze starších půd. Složení substrátu ovlivňuje rychlost zvětrávání, hloubku půdy a zrnitost. Vliv na výsledný charakter půdy má i chemismus zvětrávaného substrátu, především obsah bazických iontů Ca a Mg. Půdotvorný substrát má také rozhodující vliv na vznik půdního typu. Některé půdní typy jsou přímo vázány na určitý druh horniny - půdní typ renzina se vyvíjí pouze na vápenci. (Tomášek, 2000)

Zvláštním typem substrátů jsou tzv. smíšené substráty, jedná se o směs dvou původem odlišných materiálů, např. písek s jílem. Druhou zvláštností jsou tzv. dvojsubstráty, kdy se půda vytváří na substrátu výrazně odlišném od hlubší geologicky starší horniny, např. spraš uložená na terasovitém štěrku.

K dalšímu přetváření půdy a diferenciaci půdního profilu dochází díky půdotvorným procesům, jako jsou humifikace, illimerizace, oglejení apod. (Vopravil, 2010)

### **3.2.2 Klimatický faktor**

Mezi nejdůležitější klimatické činitele patří srážky, výpar, teplota a vítr. Záleží na intenzitě a rozložení srážek během roku a také na mocnosti a délce trvání sněhové pokrývky.

Pro vznik půd je také důležitý poměr mezi výparem a srážkami. Pokud převažují srážky, dochází k průsaku do půdního profilu a voda s sebou odnáší různé látky a svrchní vrstva je tedy ochuzována. Jestliže převažuje výpar, je voda z povrchu půdy odpařována, do půdního profilu se dostává voda ze spodních vrstev kapilárním vztlínáním a ta s sebou přináší rozpuštěné půdní soli a vysoce dispergované částice zeminy. (Smolík, 1957)

Klíma v České republice je klíma mírného pásu, přesto se však mohou vyskytnout jisté anomálie způsobené expozicí, nadmořskou výškou nebo tvarem terénu.

Pro půdy jsou důležité množství srážek a vlhkost, ale také teplo, které proudí do hlubších částí půdy. Tyto faktory ovlivňují půdní typy a barvu půdy. (Tomášek, 2000; Vopravil, 2010)

### 3.2.3 Biologický faktor

Živočichům, kteří tráví alespoň část života v půdě, se říká edafon. Dělí se podle velikosti na mikroedafon, patří sem řasy, sinice, bakterie a aktinomycety. Mezoedafon, do této skupiny patří některé houby, hlístice, roztoči a chvostokoci. Mezi makroedafon patří roupice, mnohonožky, stonožky, ale i pavouci a měkkýši. Mezi velikostně největší živočichy, obývající půdní prostředí, patří žížaly, krty a hraboši, kteří se řadí mezi megaefafon.

Tito živočichové rozkládají organické látky v půdě, anebo je syntetizují na složité organické sloučeniny, které jsou součástí humusu. Podílí se také na transportu látek v půdním profilu. Bez půdních organismů by byla půda pouze mrtvým substrátem, který by nebyl schopný plnit svou funkci v ekosystému. (Šarapatka, 2014)

Další neméně významnou složkou biologického faktoru jsou rostliny. V České republice jsou především dva vegetační útvary, které ovlivňují tvorbu půdy. Lesní porosty, které vytváří humus z opadu listů a jehličí. Druhým typem jsou stepní a lesostepní vegetace s výrazným kořenovým systémem, který podporuje proces humifikace a příznivě ovlivňuje strukturu půdy. (Vopravil, 2010)

Po odumření rostlin a edafonu se do půdy dostává organická hmota, která se díky aktivitě ostatních biologických činitelů promíchává s půdou. (Tomášek, 2000)

### 3.2.4 Konfigurace terénu

Rozhodující vliv na půdy má nadmořská výška, expozice, povrchový tvar terénu a orientace ke světovým stranám. S nadmořskou výškou klesá teplota a zvyšuje se srážkový úhrn. Se svažítostí stoupá povrchový odtok a riziko eroze. V nižších polohách dochází častěji k zamokření a akumulaci sedimentů. Půdy se severní orientací mají jiný teplotní režim, nežli půdy orientované na jižní teplejší světovou stranu. (Vopravil, 2010; Tomášek, 2000)

### 3.3 Složení půdy

Složení půdy značně ovlivňuje její fyzikální, fyzikálně-chemické a biologické vlastnosti. Půda se skládá ze složek fázových, zrnitostních (částice 0,01 - 200 mm) a chemických (zvětrávání mateční horniny a mineralizace organických látek).

Půda má tři fázové složky, a to tuhou, kapalnou a plynnou fázi. Tuhá fáze se skládá z minerálního a organického podílu. (Richter a Hlušek, 2003)

### 3.4 Fyzikální vlastnosti půdy

Půda představuje pórovité, heterogenní, disperzní a polyfázové těleso charakterizované různými fyzikálními vlastnostmi, které jsou ovlivňovány velikostí půdních částic, jejich prostorovým uspořádáním i vztahy mezi tuhou, kapalnou a plynnou fází půdy.

Mezi základní fyzikální vlastnosti, které určují kvalitu půdy, patří zrnitost půdy, půdní struktura, pórovitost, objemová hmotnost a specifická objemová hmotnost. Mezi vlastnosti ovlivňující kapalnou fázi patří maximální půdní kapacita, půdní hydrolimity, vlhkost a propustnost půdy. Plynnou fází ovlivňuje např. minimální vzdušnost půdy. (Rehák a Janský, 2000)

#### 3.4.1 Pevná fáze

Je tvořena souborem pevných částic půdy, které jsou rozdílné nejen tvarem a velikostí, ale i chemickým a mineralogickým složením. Půdní částice vznikají zvětráváním různých druhů hornin. Většinu hmotnosti půd, asi 95 - 98%, zaujímá minerální podíl, zbytek, tedy asi 5 - 2%, potom organický podíl, který je však neméně významný. (Jandák a kol., 2001)

##### *Minerální podíl půd:*

Skládá se z jílových minerálů (částice pod 0,01 mm), ty tvoří 10 - 75 %, dále jsou zde zastoupeny oxidy a hydroxidy, které tvoří asi 10 - 15 % a primární minerály, které jsou zastoupeny ze 7 - 10 % v minerálním podílu půd.

Jílové minerály jsou tvořeny křemíkem, hliníkem, kyslíkem a vodíkem. V menším množství potom obsahují vápník, hořčík, železo a draslík. Jílové minerály jsou tvořeny krystalovou mřížkou, která je složena z vrstev tetraedrů a oktaedrů. Podle uspořádání a zastoupení různých velikostí částic se dělí na montmorillonity, kaolinity a illity. Jílová frakce je velice důležitá, především kvůli vysoké sorpční schopnosti pro vodu i živiny.

Oxidy a hydroxidy vznikají v půdě zvětráváním primárních minerálů (křemen, živec, slída...). V půdě se vykytují jako různé sloučeniny, které mají schopnost poutat živiny ve formách snadno přístupných pro rostliny. Jejich význam se zejména projevuje u fyzikálních a fyzikálně-chemických vlastností půd.

Primární minerály (křemen, živec, slída...) se v půdě vyskytují jako větší částice, jako je prach, písek, skelet. Kvůli pomalému zvětrávání je jejich vliv na výživu rostlin minimální, postupně však do půdy uvolňují ionty. (Richter a Hlušek, 2003)

#### *Organický podíl:*

Přítomnost organického podílu v půdách má rozhodující vliv na půdní úrodnost. Skládá se z živé složky rostlin i živočichů (půdní edafon) a složky neživé, která vzniká po odumření rostlin, rostlinných částí a živočichů.

Mezi základní funkce organických látek v půdě jsou účast na tvorbě sorpčního komplexu, pozitivní vliv na půdní strukturu - tvorba agregátů, zdroj energie pro půdní mikroorganismy a zásobárna živin pro rostliny. (Taufarová, 2014)

Organické látky dělíme na látky nehumifikované a humifikované. Nehumifikované tvoří 10 - 15 % z celkového organického podílu. Mezi tyto látky patří nerozložené nebo jen částečně rozložené zbytky rostlin, živočichů a organických hnojiv. Druhou skupinou jsou látky humifikované, které vznikají při humifikaci, a nazýváme je látky humusové. Jsou to humínové kyseliny, fulvokyseliny a humíny. (Richter a Hlušek, 2003)

#### **3.4.1.1 Půdní pórovitost**

Půda se skládá z pevných částic různého tvaru a velikosti (disperzní podíl) a z volného prostoru mezi těmito částicemi (půdní póry), který je vyplněný vodou nebo vzduchem. V půdních pórech, mezi půdními částicemi, probíhají veškeré fyzikální, fyzikálně-chemické, chemické i biologické procesy, stejně tak jako výměna půdního a atmosférického vzduchu, pohyb vody a růst kořenového systému rostlin. (Rehák a Janský, 2000; Vopravil, 2010)

Póry mají různou velikost, ta ovlivňuje jejich funkce v půdě. Póry kapilární jsou ty, v nichž proudí voda kapilární proti působení směru gravitačních sil, a jsou vyplněné pouze touto vodou. Póry semikapilární jsou póry, které z hlediska významu a poutání vody tvoří přechod mezi póry kapilárními a nekapilárními. Póry nekapilární jsou ty, které vedou vodu do spodních horizontů půd, a podílí se na výměně plynů. (Taufarová, 2014)

Pórovitost je důležitým ukazatelem kvality půdní struktury. Pórovitost svrchních horizontů našich půd je podle Taufarové okolo 55 %, podle Vopravila pak 40 - 60 %. Pórovitost do spodních horizontů klesá na hodnoty okolo 30 - 45 %. Snížená pórovitost se vyskytuje i při ztuhlém podorničí a u zamokřených půd. Tato hodnota je nestálá a mění se v závislosti na objemové hmotnosti, když klesá pórovitost, stoupá objemová hmotnost a naopak. (Rehák a Janský, 2000) Mimo objemové hmotnosti také závisí na půdním druhu. U půd s vyšším obsahem písku bude hodnota nižší, protože půdní částice se nachází blízko u sebe, u jílových půd, které mají jemnější texturu, bude pórovitost vyšší. Organické látky v povrchových horizontech tuto hodnotu také zvyšují. (Šarapatka, 1996)

Tab. 1: Rozdělení pórů podle velikosti a sacího napětí vody (Jandák a kol., 2001)

<b>Póry</b>	<b>Ekvivalentní průměr (μm)</b>	<b>pF (sací tlak)</b>
hrubé, široké	> 50	0 - 1,77
hrubé úzké	50 - 10	1,77 - 2,54
střední	10 - 0,2	2,54 - 4,20
jemné	< 0,2	> 4,20

#### **3.4.1.2 Objemová hmotnost půdy**

Objemová hmotnost udává momentální hmotnost půdního vzorku nasyceného vodou a vzduchem, je proto velmi proměnlivá a nestálá, a nazývá se objemová hmotnost vlhké půdy (neredukovaná). Objemová hmotnost suché půdy (redukovaná) je stálější a vyjadřuje hmotnost půdy po vysušení.

Objemová hmotnost není konstantní a dochází ke změnám hodnot během roku, především v povrchových horizontech. Ke změnám dochází vlivem změn počasí (tání, mrznutí, déšť, sucho...) a také vlivem vegetačního období. Objemová hmotnost se mění i vlivem používané agrotechniky a druhu plodin na dané půdě.

K podstatným změnám dochází tedy zejména v období na konci zimy (po tání sněhu), uprostřed jara a na konci léta. (Rehák a Janský, 2000)

Nestálostí objemové hmotnosti je nejvíce ovlivněn povrchový horizont, ať už vlivem přírodních podmínek, nebo vlivem člověka. Dále jsou k této změně náchylné půdy obsahující větší množství jílu, neboť jíl mění vlivem přítomnosti, či absence vody svůj objem. Tato vlastnost půd je také podporována přítomností kationtů sodíku. (Rehák a Janský, 2000; Šimek, 2005)

V povrchových horizontech bývá hodnota okolo 1,2 - 1,5. g.cm<sup>-3</sup> a do hloubky tato hodnota roste. To bývá zapříčiněno menším obsahem organických látek a vyšším utužením spodních vrstev. (Šarapatka, 1996)

#### **3.4.1.3 Měrná (specifická) hmotnost půdy**

Měrná hmotnost je závislá na druhu minerálů a hornin, které tvoří půdní částice, a na obsahu humusu v půdě. Jedná se o poměr hmotnosti pevné části bez pórů k objemu pevné části. Tato veličina není závislá na pórovitosti. (Šarapatka, 1996)

Většina minerálních půd obsahuje nejvíce křemíku, proto se jejich měrná hmotnost blíží hodnotě 2,6 g.cm<sup>-3</sup>, Šarapatka uvádí hodnotu vyšší, a to 2,6 - 2,7 g.cm<sup>-3</sup>. Pokud je obsah humusu vyšší, měrná hmotnost může klesnout pod 2,0 g.cm<sup>-3</sup>. Rašeliny mají měrnou hmotnost 1,2 - 1,8 g.cm<sup>-3</sup>, hodnota záleží na obsahu minerálního podílu (popelovin) a na stupni rozložení. (Rehák a Janský, 2000; Šimek, 2005)

Půdy bezhumozní mají hodnoty kolem 2,6 - 2,7 g.cm<sup>-3</sup>. Měrnou hmotnost zvyšuje přítomnost oxidů železa a těžkých kovů v půdě, jako jsou magnetit, hematit nebo limonit. (Shukla, 2014)

#### **3.4.1.4 Půdní struktura**

Půdní struktura je dána schopností půdy shlukovat jednotlivá zrna půdy do větších celků - agregátů (agregace), anebo naopak dochází k rozpadu velkých agregátů na jednotlivá zrna půdy (desagregace).

K agregaci dochází vysušením půdy, mrazem, prorůstáním kořenového systému do půdy, činností půdního edafonu i agrotechnikou. Agregáty jsou zpevňovány pomocí tmelících látek (humus, sesquioxidy...).



Podle velikosti vzniklých agregátů se půdní struktura dělí na, mikrostrukturu, makrostrukturu a megastrukturu.

Tab. 2: Rozdělení půdní struktury podle velikosti agregátů (Jandák a kol., 2001)

Název struktury	Velikost agregátů (mm)
mikrostruktura	< 0,25
makrostruktura	0,25 - 50
megastruktura	> 50

Při tvorbě struktury mají rozhodující vliv molekulární, adhezní a meniskové síly, taktéž tmelivé účinky sesquoxidů a jílových minerálů, organických koloidů a organominerálních gelů. (Rehák a Janský, 2000)

Vzniklé agregáty mají různý tvar, velikost a různé prostorové uspořádání. Podle tvaru a velikosti se jejich struktura dělí na kulovitou, která má stejnou osu ve všech směrech. Polyedrickou, což jsou ostrohranné agregáty. Prismatickou, která má vertikální osu delší než horizontální a tyto agregáty jsou ostrohranné. Sloupkovitou, která je podobná prismatické struktuře, akorát má zaoblené rohy. Deskovitá struktura má horizontální osu delší než vertikální. (Šimek, 2005)

Struktura všech půd nemusí být jasně viditelná a rozpoznatelná, podle vývoje struktury se rozlišují půdy strukturní (s dobře vyvinutou strukturou), půdy se slabě vyvinutou strukturou (převládá špatně vyvinutá struktura) a půdy nestrukturní (agregáty jsou nestrukturní - pseudoagregáty). (Rehák a Janský, 2000; Jandák a kol., 2001)

#### **3.4.1.5 Zrnitostní složení**

Pevná část půdní hmoty se skládá z jednotlivých zrn, které mají různou velikost a tvar. Částice blízké si velikostí nazýváme frakce. Klasifikace půd podle procentuálního zastoupení jednotlivých frakcí patří mezi nejstarší dělení půd vůbec. Zrnitostní složení půdy je přímo vázané na mateční horninu, ze které půda vzniká. Půdy, které zvětrávají z hornin bohatých na křemík, vápenec a čedič, obsahují hrubozrnější částice, zatímco půdy zvětrávající z jemnozrných sedimentů (spraš, pískovec) a málo zpevněných hornin jsou jemnozrné. U zpevněných sedimentů o konečné podobě půd rozhoduje

také tmelící materiál (jílovitý, křemitý, vápenitý...). (Rehák a Janský, 2000; Šarapatka, 2014)

Poměr jednotlivých frakcí je důležitým ukazatelem druhu půdy. Nejdůležitější je poměr zrn jemnozeme, tedy menších jak 2 mm, a zrn větších jak 2 mm, které se nazývají skelet. (Tomášek, 2000)

Tab. 3: Třídění zrnitostní frakce (Jandák a kol., 2001)

Velikost zrn (mm)	Označení frakcí		
	jednotlivé	skupinové	základní
< 0,001	jíl	jílkaté částice	jemnozeme
0,001 - 0,01	jemný a střední prach	I.	
0,01 - 0,05	hrubý prach	prach II.	
0,05 - 0,25	jemný písek	práškový písek III.	
0,25 - 2,00	střední písek	písek IV.	skelet
2,00 - 4,00	hrubí písek		
4,00 - 30,00	šterk		
> 30,00	kamení		

Skupinové označování bylo zavedeno především z důvodu rozdílnosti vedení vody a vzduchu v pórech. U kategorie I. je velmi výrazné vztlínání kapilární vody, zatímco půdy kategorie IV. nedokážou tolik zadržet vodu a jsou velmi propustné pro výměnu vzduchu.

Zrnitost půd je možné odhadnout i po hmatu, roztíráním půdy mezi prsty. Mezi nejčastěji používané laboratorní metody patří hustoměrná metoda podle Cassagrandeho, metoda opakované sedimentace nebo pipetovací metoda. Všechny metody vychází z předpokladu úplné půdní disperze pevné fáze půdy. Výsledkem je potom křivka zrnitosti. (Rehák a Janský, 2000; Jandák a kol., 2001)

### 3.4.2 Plynná fáze

Plynnou fází tvoří půdní vzduch, který vyplňuje póry, ve kterých není voda. Půdní vzduch se složením liší od atmosférického především vyšším obsahem CO<sub>2</sub> a nižším obsahem O<sub>2</sub>. Obsah N<sub>2</sub> je přibližně stejný jako v atmosféře.

Půdní plyny obsahují více CO<sub>2</sub> kvůli dýchání mikroorganismů a kořenů rostlin a také z aerobního rozkladu organických látek. Nižší obsah O<sub>2</sub> v půdě je způsoben

činností a dýchání organismů, přičemž je spotřebováván kyslík. Prostřednictvím pórů dochází k neustálé výměně plynů mezi půdou a atmosférou. Výměnu plynů tak ovlivňuje proudění větru nad půdou a teplota půdy (obsah CO<sub>2</sub> v půdě stoupá, pokud stoupá teplota vzduchu). (Rehák a Janský, 2000)

Obsah oxidu uhličitého v půdě je asi 0,2 - 0,7 %, pokud ho je v půdě víc, je pro většinu rostlin toxický. V půdě je důležitý při chemických a fyzikálně - chemických půdotvorných procesech a s vodou tvoří kyselinu uhličitou, která rozpouští minerální půdní sloučeniny a také ovlivňuje půdní reakci. (Jandák a kol., 2001)

Tam, kde je nedostatek kyslíku, vznikají anaerobní podmínky, které jsou škodlivé pro vývoj rostlin. Špatná provzdušněnost brání rozvoji kořenového systému, snižují se výnosy, zpomaluje se činnost mikroorganismů, které rozkládají organickou hmotu a dochází k redukčním procesům. Optimální obsah kyslíku v půdě je něco málo pod 20 %. Kritická hranice je, pokud obsah kyslíku klesne pod 0,01 %, v takovém prostředí mohou žít pouze anaerobní bakterie. Při anaerobních podmínkách dochází k denitrifikačním procesům a začíná se do atmosféry uvolňovat dusík. Pokud je v půdě větší obsah organických látek, uvolňují se za anaerobních podmínek také toxické plyny (etylén, sirovodík, metan...). (Rehák a Janský, 2000; Šarapatka, 2014)

#### **3.4.2.1 Minimální vzdušná kapacita**

Vzduchem bývají většinou zaplněné nekapilární póry. Hodnota udává obsah vzduchu v půdě při maximální kapilární kapacitě. Vzduch v půdě je velice důležitý pro růst kořenového systému a činnost mikroorganismů. (Šarapatka, 2014)

Hodnota minimální vzdušnosti se pro různé plodiny liší, ovšem všeobecně vyhovuje plodinám, pokud je 60 - 80% pórů vyplněných vodou a 20 - 40% vzduchem. Pokud poklesne minimální vzdušnost u orných půd pod 10 % a u lučních půd pod 5%, jedná se o zamokřené půdy. (Rehák a Janský, 2000; Šarapatka, 1996)

Tab. 4: Optimální poměr vzduchu a vody v půdě (Jůva, 1964)

<b>Plodina</b>	<b>Optimální obsah vody v pórech v % z celkové pórovitosti</b>	<b>Optimální obsah vzduchu v pórech v % z celkové pórovitosti</b>
Zelenina	75 - 58	15 - 25
Okopaniny	70 - 80	20 - 30
Obilniny	60 - 70	30 - 40

### 3.4.3 Kapalná fáze

Množství vody v půdě je velice variabilní, od úplného minima, kdy je půda vyschlá, až po úplné zaplavení půdních pórů vodou, kdy je půda přemokřená. Složení půdního roztoku je značně proměnlivé a odvíjí se od mnoha faktorů, jako jsou vlhkost půdy, poměr rozpuštěných minerálních a organických sloučenin, peptizace minerálních a organických koloidů, sorpce a desorpce látek a výměna iontů a molekul s půdními mikroorganismy a kořeny rostlin.

Z organických sloučenin jsou v půdě nejvíce zastoupeny fulvokyseliny a jejich soli, cheláty, bílkoviny, aminokyseliny, aminosacharidy, sacharidy, karbonové a hydroxikarbonové kyseliny, amidy, organické sloučeniny fosforu aj. Minerální složku, pak tvoří rozpuštěné soli, zejména chloridy, sírany, dusitany, dusičnany, karbonáty, fosforečnany, které u normálních nezasolených půd představují pouze setiny procent. (Jandák a kol., 2001)

Množství vody v půdě lze vyjádřit pomocí hmotnostního obsahu vody, což je hmotnost vody na jednotku hmotnosti půdy. Druhou možností je udávat objemový obsah vody, což je objem vody v jednotkovém objemu půdy. (Šimek, 2005)

Měření vlhkosti půd je také možné metodami přímými a nepřímými. Z přímých metod se nejčastěji používá metoda gravimetrická (vážková), kdy se pro stanovení vlhkosti zváží nejdříve vlhký vzorek půdy a potom vysušený. Nepřímé metody jsou takové, kdy se měření provádí přímo v terénu pomocí čidel umístěných v půdě. Mezi nepřímé metody patří odporová (elektrometrická) metoda, kapacitní metody (rezonanční kapacitní vlhkoměr, nebo TDR), neutronová metoda a gamaskopická metoda. (Jandák a kol., 2001)

#### 3.4.3.1 Půdní hydrolimity

Jednotlivé hydrolimity mají charakterizovat stav půdy, především z hlediska pohyblivosti vody v půdě a její přístupnosti pro rostliny.

Hydrolimity se dělí na základní a aplikované. K základním patří retenční vodní kapacita, lentokapilární bod a adsorpční vodní kapacita. K aplikovaným půdním hydrolimitům patří plná vodní kapacita, polní vodní kapacita, maximální kapilární kapacita, bod snížené dostupnosti, bod vadnutí, číslo hydroskopie a monomolekulární adsorpční kapacita.

Základní půdní hydrolimity jsou ty, které popisují rozdíly v působení sil na pohyblivost vody v půdě.

Retenční vodní kapacita  $\Theta_{RVK}$  je maximální množství vody, které je půda schopna zadržet vlastními silami v téměř rovnovážném stavu. Jedná se o rozhraní mezi vodami kapilárními a gravitačními.

Lentokapilární bod  $\Theta_{LB}$  je bod na rozhraní lehce a těžce pohyblivé kapilární vody. Dochází k přerušení kapilárního vztlínání a voda se stává hůře přístupná pro rostliny.

Adsorpční vodní kapacita  $\Theta_{AV}$  je množství vody poutané adsorpčními silami. Tvoří rozhraní sil adsorpčních a kapilárních.

K aplikovaným půdním hydrolimitům tedy patří plná vodní kapacita  $\Theta_S$ , která udává vlhkost půdy při úplném nasycení pórů vodou.

Polní vodní kapacita  $\Theta_{PK}$  je v podstatě stejná jako retenční vodní kapacita, pouze se liší stanovením a udává nám množství vody, které je schopna půda zadržet po delší dobu po úplném nasycení pórů vodou.

Bod snížené dostupnosti  $\Theta_{SD}$  je shodný s lentokapilárním bodem.

Bod vadnutí  $\Theta_V$  je bod, kdy je v půdě příliš málo dostupné vody a rostliny začínají vadnout. (Rehák a Janský, 2000; Jandák a kol., 2001)

#### **3.4.3.2 Maximální kapilární kapacita**

Jedná se o půdní hydrolimit, který se stanovuje v laboratorních podmínkách metodou dle Nováka. Udává hodnotu maximálního nasycení kapilárních pórů vodou. Stav půdy se při této vlhkosti blíží stavu půdy při retenční vodní kapacitě a polní vodní kapacitě. (Jandák a kol., 2001)

#### **3.4.3.3 Bilance vody a vodní režim půdy**

Jedná se především o bilanci mezi příjmem a výdejem vody v určitém časovém období. Voda se dostává do půdy především z atmosférických srážek. K dalším zdrojům pak patří povrchová přitékající voda, ale i voda podpovrchová. Stejně tak se voda z daného území dostává povrchovým a podpovrchovým odtokem, dále pak transpirací a evapotranspirací. (hodnoty se udávají v mm):

$$Z_1 + S + K + P_1 + P_2 = E_T + O_1 + O_2 + Z_2$$

- $Z_1$  - zásoba vody na počátku zkoumaného období
- S - srážky během zkoumaného období
- K - přírůstek vody z podzemní vody a vody z podloží
- $P_1$  - povrchový přítok z cizího území
- $P_2$  - podpovrchový přítok z cizího území
- $E_T$  - evapotranspirace včetně intercepce
- $O_1$  - povrchový odtok
- $O_2$  - podpovrchový odtok
- $Z_2$  - zásoba vody v půdě na konci zkoumaného období (Šarapatka, 2014)

Po vyhodnocení výsledků a poznatků rozdělujeme hydrologické režimy podle Rodeho do několika skupin:

- I. režim půd s věčným ledem (permafrost)
- II. režim promyvný (perkolační). Tyto půdy jsou každoročně intenzivně provlhčovány a evapotranspirace je po celý rok menší než infiltrace.
- III. režim periodicky promyvný (periodicky perkolační) je charakteristický tím, že k převlhčení profilu nedochází každoročně a evapotranspirace je v suchých letech vyšší než infiltrace.
- V. režim výparný (respirační), půdy jsou zásobené především vodou vztlínající z podzemních vod. Převládá zde pohyb vody vzestupný. K převlhčení dochází zejména při deštích.
- VI. režim nivní se vyskytuje v humidních oblastech, kde je odtok povrchové vody zpomalován přítomností trvalé hladiny podzemní vody.
- VII. režim bažinný (stagnantní) se vyskytuje tam, kde je vysoká hladina podzemní vody, která může sahat až k povrchu půdního profilu.
- VIII. režim závlahový (irigační) je typický u půd, které jsou zavlažovány závlahovou vodou. (Němeček a kol., 1990)

V USA a Kanadě používají jiný klasifikační systém pro určování vlhkostního režimu půd. (Jandák a kol., 2001)

### 3.5 Kvalita půdy

Výraz „kvalita půdy“ se používal především v souvislosti s úrodností a produktivitou půdy, dnes se na půdu a její kvalitu nahlíží z komplexnějšího hlediska. Kvalita a zdraví půd neovlivňuje pouze úrodnost, ale také kvalitu podzemní vody, má vliv nejen na kvantitu, ale i kvalitu pěstovaných plodin. A nepřímo ovlivňuje zdraví jak živočichů, tak i lidí.

V roce 1994 byla kvalita půdy definována jako schopnost půdy fungovat v hranicích ekosystému a udržovat jeho produktivitu, zajišťovat kvalitu prostředí a podporovat zdravý vývoj rostlin a živočichů podle Dorana.

Kvalita půdy byla ovlivňována i před začátkem intenzivního využívání půdy lidmi. Ovlivňovali jí přírodní faktory, jako jsou vulkanická činnost, půdotvorné procesy, různé geochemické anomálie (vysoké obsahy Cr, Ni, Mg na hadcích, kde se vyskytují zakrslé formy rostlin, slaniska apod.) i destruktivní přírodní jevy (sesuvy půdy, zemětřesení...). Avšak během 20. století, kdy docházelo k expanzi populace, začalo docházet k zintenzivnění využívání půdy, z důvodu potřeby vyšší produkce potravin, docházelo k intenzivnímu odlesňování a vysušování přirozeně zamokřených ekosystémů. V zemědělství se začaly používat chemické přípravky pro vyšší výnosy a likvidaci škůdců. Kvalitu půdy také ovlivňuje vodní hospodářství stavbou přehrad a nevhodnými melioračními opatřeními (odvodňování, napřimování toků...) apod.

Z důvodů nevhodného hospodaření s půdou začalo docházet k zrychlené erozi, acidifikaci, desertifikaci, intoxikaci půdy těžkými kovy, k zasolení půdy, rozpadu půdních agregátů, úbytku obsahu půdní organické hmoty a k snížení kvality povrchové a podzemní vody.

Když si lidé začali uvědomovat důležitost půdy a vliv její kvality na přírodu a lidskou populaci, pustili se do jejího zlepšování.

Pozitivní antropizace půdy se snaží kladně ovlivnit nejen úrodnost půdy, ale i půdní mikroorganismy. Kvalita půdy je dlouhodobě zlepšována různými druhy zúrodnění, jako je podrývání podorničí, nebo vápnění kyselých půd. Pěstování plodin vyžaduje dodatečné dodávání energie do půdy v podobě hnojiv, je také potřeba chránit půdu po sklizni, aby nedocházelo k odnášení vrchní vrstvy půdy v důsledku větrné a vodní eroze.

K obnově poškozených půd přispívá také revitalizace půd - fyzikální, chemické a biologické oživení půd. Renaturalizace půd spočívá v návratu půdy do původního stavu (zalesnění, zatravnění), nebo rekonstrukce destrukcí narušených půd a asanace půd, které byly znehodnoceny činnostmi člověka. (Šarapatka a kol., 2002)

### **3.5.1 Zrychlená eroze půdy**

Proces eroze je přirozený jev, kdy dochází vlivem přírodních činitelů (voda, vítr, sníh...) k rozrušování povrchu půdy, odnesu částic a jejich následnou sedimentaci na jiném místě.

Jelikož se půda, i když velmi pomalu, obnovuje, existuje eroze normální - tedy taková, kdy odnos půdy není tak velký, aby docházelo k degradaci půdy. Častější je však eroze zrychlená, kdy je odnos půdy tak velký, že není možné odnesenou půdu obnovit a dochází ke ztrátám nejurodnější povrchové vrstvy půdy - ornice. Dochází k ní vlivem činnosti člověka.

Nejčastější druhy eroze u nás jsou eroze vodní (akvatická), větrná (eolická) a sněhová (nivální). Sněhová eroze má na půdu v podstatě stejný vliv jako eroze vodní, protože se jedná především o erozi z tání sněhu. Škodlivější je z důvodu, že vzniká v době, kdy taje sníh a půda tedy není kryta žádnými plodinami. U vodní eroze jsou nejnebezpečnější dopadající dešťové kapky, které rozrušují půdní povrch. Úrodná půda je potom odnášena do vodních toků.

V České republice je vodní erozi ohroženo až 51 % půd a větrnou erozí 15 % půd, proto existují různá protierozní opatření. Mezi opatření proti vodní i větrné erozi patří agrotechnická opatření, organizační opatření a technická opatření. (Podhrázská a Dufková, 2005; Janeček, 2008)

### **3.5.2 Zhutnění půdy**

Zhutnění půdy neboli pedokompakce je definováno jako snížení objemu půdy a pórovitosti. V České republice je touto degradací ohroženo asi 45 % půd. Nejméně odolné jsou těžké jílovité půdy. Ke zhutnění na některých půdách dochází přirozeně půdotvornými procesy. Největším problémem je utužení, které vzniká na zemědělských půdách používáním těžké mechanizace a častými přejezdy po půdě, při nichž utužení postupuje do hloubky. Nevhodné jsou také zemědělské práce při vyšší vlhkosti půdy.



Odolnější vůči utužení jsou půdy s vyšším obsahem organických látek. (Šarapatka a kol., 2002)

Tento typ degradace půdy je jedním z nejhorších druhů poškození půdního profilu. V Evropě se jedná především o půdy v zemích bývalého Sovětského svazu. Nedá se přesně určit, jak velké území je postiženo zhutněním půdy, ale v zemích bývalého SSSR je registrováno velké množství půd se zhutnělým půdním profilem v hloubce okolo 80 cm.

Problematiku zhutňování půd si zemědělci stále neuvědomují. Je to problém, který postupně snižuje výnosy a zhoršuje půdní vlastnosti. (Schjønning a kol., 2004)

Mezi hlavní nepříznivé projevy zhutnění patří zhoršení úrodnosti a produkční schopnosti půd, snížení efektivity přidávání organických a minerálních hnojiv, také se zhoršuje využití živin rostlinami a zvyšuje se energetická náročnost při zpracování půdy. Dalšími nepříznivými projevy jsou zhoršená infiltrace vody do půdy, snižuje se retenční schopnost půd a urychluje se její vysychání. (Javůrek a Vach, 2008)

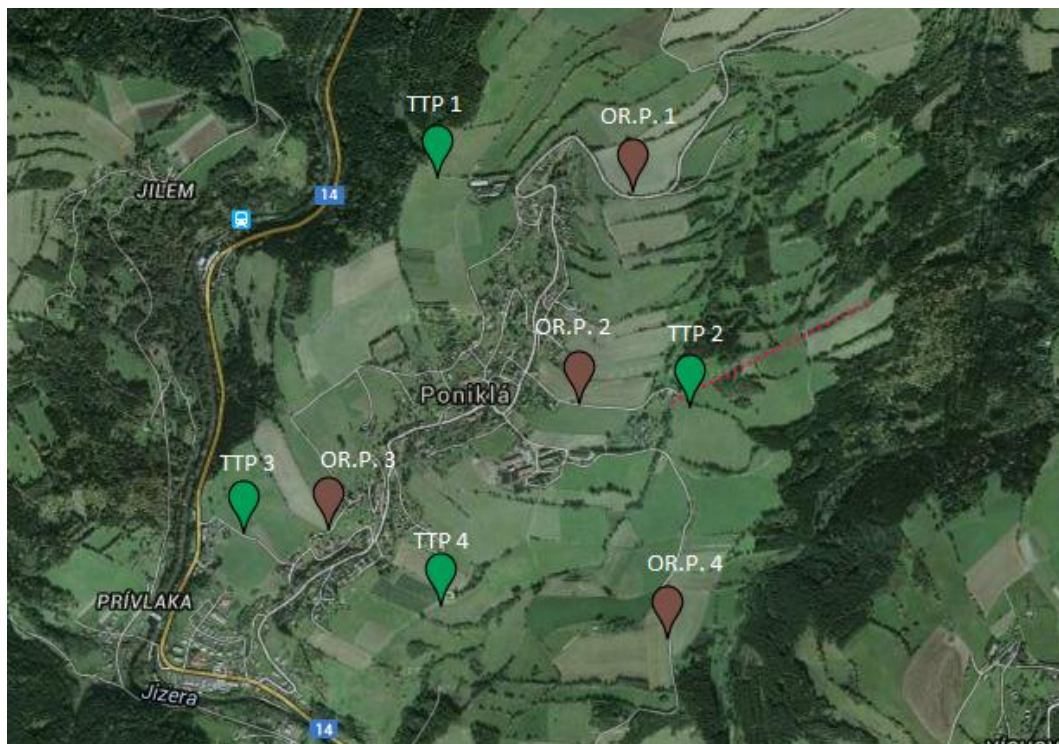
## 4 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

### 4.1 Charakteristika a vymezení zájmových území

Vzorky půdy byly odebírány ve třech obcích v Podkrkonoší, a to v Poniklé, Víchové nad Jizerou a v Roztokách u Jilemnice.

Obec Poniklá se nachází v Semilském okrese v Libereckém kraji. Část obce se rozkládá v údolí řeky Jizery v nadmořské výšce kolem 390 m. n. m. a dále podél silnice směrem na Jestřabí v Krkonoších, poslední obydlí se nachází ve výšce 700 m. n. m. Katastrální výměra je 13,75 km<sup>2</sup> a tuto plochu obývá něco přes 1140 obyvatel.<sup>[URL1]</sup>

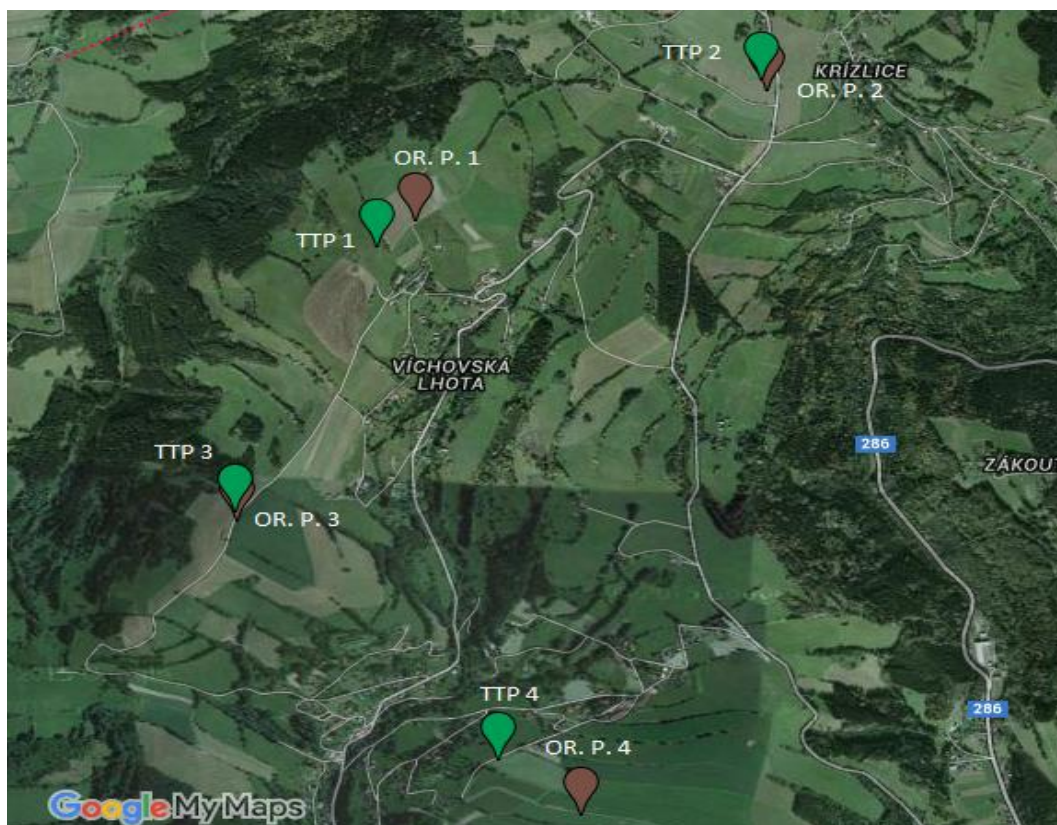
Vzorky půdy jsem odebírala na osmi různých místech do Kopeckého fyzikálních válečků. Čtyři vzorky byly odebrány na orné půdě a čtyři na trvalém travním porostu. Vždy ve třech opakování. V obou případech se jednalo o povrchové horizonty.



Obr. 1 Odběrná místa v obci Poniklá <sup>[URL2]</sup>

Druhou obcí, ve které jsem provedla odběry půdy, je obec Víchová nad Jizerou, která je vzdálená od obce Poniklá asi 4 km. Obec se také nachází v Semilském okrese v Libereckém kraji. Žije zde necelých 1000 obyvatel. Obec se nachází v průměrné nadmořské výšce 411 m. n. m. a její rozloha je 12,29 km<sup>2</sup>. <sup>[URL1]</sup>

Odběry vzorků půdy jsem taktéž prováděla na osmi různých místech. Stejně jako v Poniklé se jednalo o čtyři místa na orné půdě a o čtyři místa na trvalém travním porostu, ve třech opakováních.

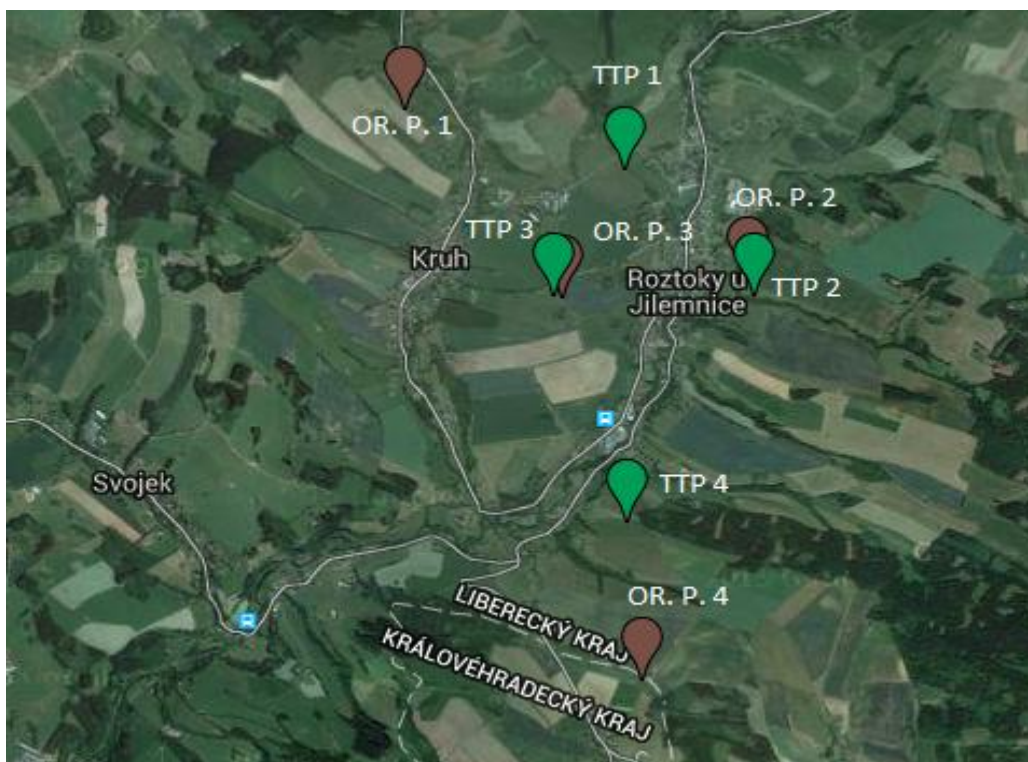


Obr. 2 Odběrná místa v obci Vichová nad Jizerou<sup>[URL3]</sup>

Třetí obcí kde jsem odebírala půdní vzorky, jsou Roztoky u Jilemnice. Obec se stejně jako obě předchozí vesnice nachází v Semilském okrese v Libereckém kraji. Obec má 1001 stálých obyvatel žijících na území o rozloze 13,03 km<sup>2</sup> v průměrné nadmořské výšce 428 m. n. m. <sup>[URL1]</sup>

Vzorky půdy jsem odebírala opět na osmi různých místech, jednalo se o čtyři odběry na orné půdě a čtyři odběry na trvalém travním porostu, ve třech opakováních. Půdní vzorky byly odebrány z povrchového horizontu. Odběrná místa orná půda 1 a 3, a ttp 3 spadají katastrálně pod obec Kruh, ale o pozemky se stará JZD Roztoky u Jilemnice.





Obr. 3 Odběrná místa v obci Roztoky u Jilemnice <sup>[URL4]</sup>

#### 4.1.1 Agroekologická charakteristika

Sledovaná oblast v Podkrkonoší patří do bramborářské výrobní oblasti, přesněji podoblast B3. Což jsou oblasti s nadmořskou výškou 300 - 600 m. n. m. a mezi hlavní pěstované plodiny patří sadbové i konzumní brambory, převážně krmné obilniny, v nižších polohách i řepka. <sup>[URL8]</sup>

Oblast se nachází v železnobrodském bioregionu. Region je velice výškově členitý s hlubokými údolními a květnatými bučinami. Jedná se o členitou vrchovinu s nadmořskou výškou 300/400 - 700 m. Vyskytují se zde dubovo-bukové až jedlovo-bukové vegetační pásma. Přírozenou potenciální vegetací jsou bikové bučiny, ty jsou však nahrazovány smrkovými monokulturami. Les zabírá asi 35 % bioregionu. Na nelesních plochách převažují pole, ve vyšších polohách pak louky a pastviny.

Charakteristické jsou peřejnaté řeky a suťové lesy v hluboce zaříznutých údolích. Jihovýchod bioregionu je plošší bez hlubokých údolí, tvoří přechod k podkrkonošskému bioregionu.

V této lokalitě se vykytují některé horské druhy rostlin splavené z vyšších poloh. Pro území jsou charakteristickými druhy řeřišničník Hallerův (*Cardaminopsis halleri*), pitulník žlutý (*Galeobdolon luteum*) a peníze modravý (*Thlaspi caerulescens*). Mezi významné druhy živočichů patří ježek východní (*Erinaceus roumanicus*), mlok skvrnitý

(*Salamandra salamandra*), křižák temnostní (*Meta menardi*) a tesařík borový (*Spondylis buprestoides*). (Culek, 2013)

#### 4.1.2 Pedologická charakteristika

V této oblasti se vyskytují především dystrické kambizemě, ve vyšších polohách se mohou vyskytovat i kambizemě podzolové. Na vyvěřelých horninách mohou být kambizemě bohaté na živiny, zatímco na horninách z období permu se mohou objevovat kambizemě kyselé. Na vápencích a dolomitech se nacházejí rendziny, které bývají odvápněné. (Culek, 2013)

##### *Kambizem:*

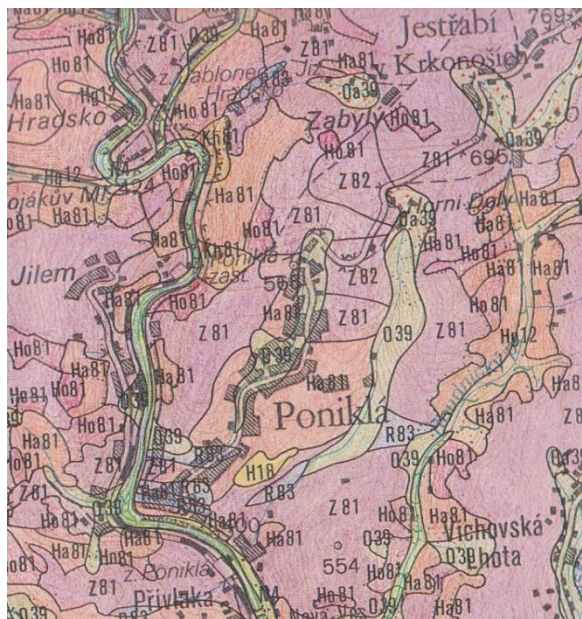
Tyto půdy patří do referenční třídy kambisolů společně s půdním typem pelozemě. Jedná se o půdy s braunifikovaným nebo pelickým diagnostickým horizontem. Vznikaly především na svazích ze sedimentů zvětralých pevných nebo zpevněných hornin. (Němeček, 2001)

Kambizemě jsou v České republice nejrozšířenějším půdním typem. Nejčastěji se vyskytují v pahorkatinách, vrchovinách a nadmořských výškách 450 - 800 m. n. m. Vyvinuly se na horninách, jako jsou žuly, ruly, svory, fylity aj. Původně tyto půdy vznikaly pod přirozenými listnatými a smíšenými lesy.

V chladnějších oblastech se zvyšuje obsah humusu v orniční vrstvě. Kvalita humusu stoupá od lehčích půd k těžkým půdám. Pod humusovým horizontem se nachází diagnostický hnědý kambický horizont. Pod tímto horizontem je světlejší horizont s vyšším obsahem skeletu. Půdní reakce těchto půd bývá slabě kyselé až kyselé a zrnitost se liší podle mateční horniny. Tyto půdy bývají mělké.

Využívají se pro pěstování brambor a méně náročných obilovin, jako jsou žito a oves.

Mezi nejčastější půdní subtypy v České republice patří kambizem modální, luvická, oglejená, arenická aj. (Vopravil, 2010; Němeček, 2001)

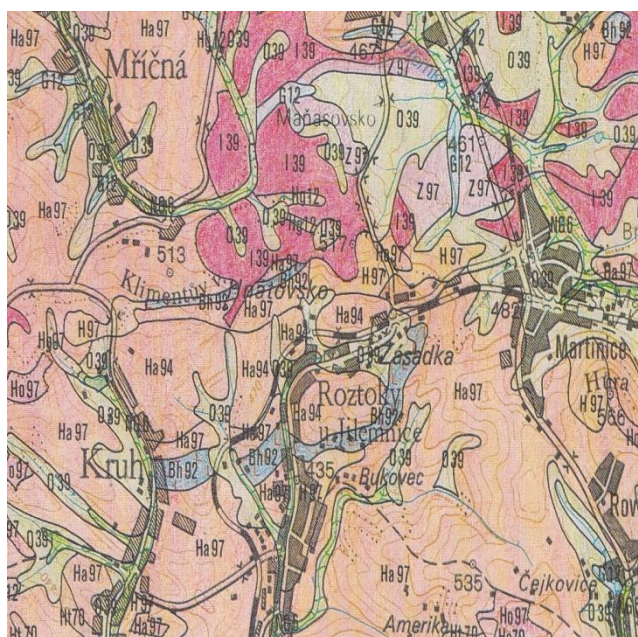


Obr. 4 Půdní mapa obce Poniklá



Obr. 5 Půdní mapa obce Vichová nad Jizerou





Obr. 6 Půdní mapa obce Roztoky u Jilemnice

Tab. 5: Legenda k půdním mapám

Legenda			
Půdní jednotky		Půdotvorné substráty	
Ha	Kambizem kyselá	81	Zvětraliny fylitů
H	Kambizem	94	Zvětraliny pískovců a arkoz

#### 4.1.3 Geologická charakteristika

Železnobrodský bioregion se nachází v provincii Česká vysočina. Tento geologický celek tvoří většinu rozlohy České republiky, pomyslnou dělicí hranicí jsou města Znojmo, Brno, Olomouc a Ostrava. Na západ se rozkládá Česká vysočina a na východ od této hranice jsou Západní Karpaty. Západní Karpaty vznikly při alpínském vrásnění koncem druhohor a začátkem třetihor.

Česká vysočina se skládá převážně z vyvřelých nebo metamorfovaných hornin a vznikla při hercynském vrásnění. K tomuto horotvornému procesu došlo již v prvohorách během devonu a karbonu. Provincie se dále dělí na geomorfologické soustavy. Tato oblast se nachází v Krkonošsko - jizerském krystaliniku. (Chaloupský, 1989)

Území je tvořeno metamorfovanými horninami, jako jsou fylity, svory a diabázy, v menší míře jsou zde zastoupeny vápence a dolomity. Oblast je bohatá na vápencové

dolomitové jeskynní útvary. Na jihovýchodě území se začínají vyskytovat červené pískovce zasahující na toto území z podkrkonošského bioregionu. (Culek, 2013)



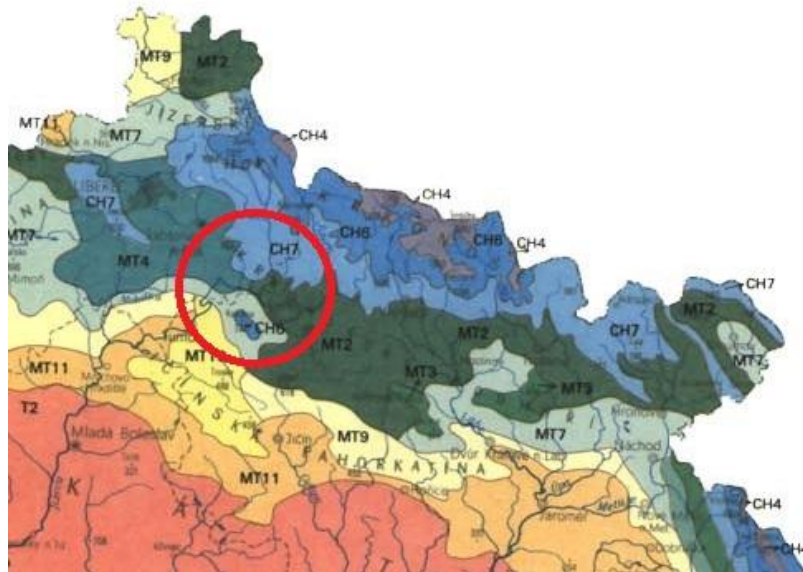
Obr. 7 Geologické členění ČR <sup>[URL5]</sup>

#### 4.1.4 Klimatická charakteristika

Klimatické podmínky toho území jsou kvůli členitosti reliéfu značně nevyrovnané. Západní část je mírně teplá MT4, východní část je chladnější MT2 a vyšší severní části území spadají do chladné oblasti CH7 podle rozdělení klimatických podmínek dle E. Quitta. Oblast je tedy mírně teplá až chladná (viz. obr. 8).

Podnebí je bohaté na srážky, kterých přibývá směrem na sever k Jizerským horám a Krkonoším. V této oblasti je průměrný počet dní s teplotou okolo 10°C asi 140 - 160, v severní chladnější části je to jen okolo 120 dní. V lednu jsou průměrné teploty -3 až -4 a v červenci pak kolem 15 - 17 °C. Sněhová pokrývka se vyskytuje v průměru 80 - 120 dní v zimním období. (Quitt, 1971; Culek, 2013)



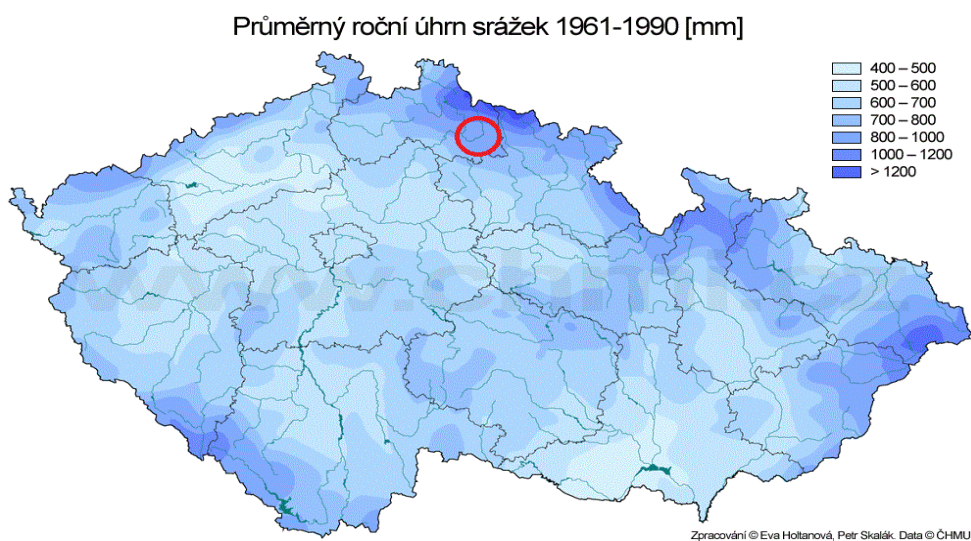


Obr. 8 Klimatické oblasti [URL6]

#### 4.1.5 Hydrologická charakteristika

Okres Semily se rozkládá v jihovýchodní části Libereckého kraje. Semilský okres je, co se týče přírodních podmínek, velmi různorodý. V tomto okrese najdete tři pásma, a to pásmo horské, podhorské a pásmo nížinaté. Nadmořské výšky se pohybují v rozmezí 236 m. n. m. až po vrchol hory Kotel ve výšce 1 435 m. n. m. [URL9]

Okresem protéká řeka Jizera, která pramení v Jizerských horách na hranicích s Polskem. Jizera je velice významným pravostranným přítokem Labe. Jedná se o pstruhovou řeku a slouží především jako zdroj pitné vody. V okrese se nachází další potoky a řeky, které se vlévají do Jizery, jako je Mumlava, Oleška, nebo Kamenice. V Českém ráji se nachází řada rybníků. Průměrné roční srážky tvoří asi 800 - 1000 mm. [URL9],[URL10]



Obr. 9 Mapa průměrného ročního úhrnu v České republice <sup>[URL7]</sup>

## 5 METODIKA

### 5.1 Odebírání půdních vzorků

Vzorky půdy byly odebírány 22. 10. 2015 na 24 lokalitách z povrchového - orničního horizontu ve třech opakování. Vzorky se odebíraly do Kopeckého fyzikálních válečků. Pro odebírání vzorků neporušené půdy mají Kopeckého válečky stanovený objem 100 cm<sup>3</sup> a maximální výšku 5 cm. Část svrchní zeminy byla odstraněna a urovnána, a válečky se opatrně zatlačovaly pomocí kladívka přes nástavec do půdy. Váleček bez viklání plynule zatlačíme tak hluboko, aby část zeminy přesahovala horní okraj válečku. Potom pomocí polní lopatky a nože vyjmeme váleček ze země. Po vyjmutí ze země pomocí ostrého nože zarovnáme spodní část válečku a přiklopíme víčkem. Poté odstraníme nástavec a zarovnáme i horní část válečku a opět nasadíme víčko, takto upravený váleček stáhneme dvěma gumičkami. Při odběru jsme také odebírali malé množství zeminy do igelitových sáčků pro zjištění zrnitosti. Odebrané vzorky byly ihned odvezeny do laboratoře na další zpracování. (Jandák a kol., 2003)

### 5.2 Teorie výpočtů vybraných fyzikálních vlastností

#### 5.2.1 Pórovitost

Celková pórovitost  $P$  udává okamžité zastoupení objemu pórů v celkovém objemu půdy. Z této hodnoty lze usuzovat okamžitou ulehlost půdy. Výsledek je v objemových procentech. (Jandák a kol., 2003)

Tab. 6: Kritické hodnoty pórovitosti podle Lhotského 1984 (Jandák a kol., 2003)

Půdní druh	J	JV,JH	H	PH	HP	P
Kritické P	< 48	< 47	< 45	< 42	< 40	< 38

Výpočet:

$$P = \frac{\rho_z - \rho_d}{\rho_z} * 100 \text{ (\% obj.)}$$

Vysvětlivky:

$\rho_s$  - měrná (specifická) hmotnost půdy ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )

$\rho_d$  - objemová hmotnost půdy redukovaná ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) (Šarapatka, 2014)

### 5.2.2 Objemová hmotnost půdy

Výpočet:

$$\mathbf{V_z} = \frac{m_z}{\rho_s} (\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$$

Vysvětlivky:

$m_z$  - hmotnost tuhé fáze vzorku (g)

$\rho_s$  - měrná (specifická) hmotnost ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )

Postup:

Vzorky v Kopeckého fyzikálních válečkách si v laboratoři zvážíme (musíme vědět, kolik váží prázdný váleček). Poté sundáme horní víčko a vzorek vysoušíme při teplotě  $105^\circ\text{C}$  do konstantní hmotnosti (již se nemění). Následně vzorek opět zvážíme. (Jandák a kol., 2003)

### 5.2.3 Měrná (specifická) hmotnost půdy

Výpočet:

$$\rho_s = \frac{N_s}{P_v + N_s - P_s} (\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$$

Vysvětlivky:

$N_s$  - navážka přepočítaná na sušinu u zeminy vyschlé na vzduchu

$P_v$  - hmotnost pyknometru s destilovanou vodou (g)

$P_s$  - hmotnost pyknometru se suspenzí (g)

Postup:

Do malé porcelánové misky nasypeme přesně 10 g vzorku jemnozeme, doplníme destilovanou vodou, tak aby byl vzorek ponořen alespoň 5 mm pod hladinou. Suspenzi

vaříme nad plamenem do mírného varu asi 3 až 10 minut. Vzorek se musí promíchávat skleněnou tyčinkou, aby se z něho uvolnil vzduch. Zchladlá suspenze se přelije do Gay-Lussacova pyknometru s minimálními ztrátami. Doplníme destilovanou vodou do poloviny zábrusu hrdla a otevřenou ponoříme až po hrdlo do vodní lázně o teplotě 20°C na 20 - 30 minut. Po temperování do baňky spustíme příslušnou zabroušenou skleněnou zátku pro odstranění vzduchových bublin u hladiny. Nakonec pyknometr zvážíme a celý postup zopakujeme, tentokrát s destilovanou vodou. (Jandák a kol., 2003)

#### 5.2.4 Minimální vzdušná kapacita půdy

Výpočet:

$$P_{ak} = P - \Theta_{pk} (\% \text{ obj.})$$

Vysvětlivky:

P - pórovitost (%)

$\Theta_{pk}$  - polní vodní kapacita (% obj.) (Rehák a Janský, 2000)

#### 5.2.5 Maximální kapilární vodní kapacita

Výpočet:

$$\Theta_{KMK} = B_2 - C (\% \text{ obj.})$$

Vysvětlivky:

$B_2$  - hmotnost neporušeného vzorku po 2hodinách odsávání na filtračním papíře (g)

C - hmotnost vysušeného vzorku při teplotě 105°C

Postup:

Váleček zvážíme v přirozené vlhkosti. Po zvážení podložíme stranu s břitem čtverečkem filtračního papíru a necháme sytit vodou ve vhodných nádobách. Následně položíme válečky na čtyři filtrační papíry, které jsou vyvýšené nad hladinu vody na stojáncích vysokých asi 1,5 - 2 cm v krabici, tak že okraje všech čtyř listů jsou ponořeny do vody nejméně 10 mm. Rovná plocha listů se však vody vůbec nedotýká,

filtrační papír tedy vzorek zásobuje pouze vodou vedenou kapilárními póry. Váleček shora zakryjeme těsně přiléhajícím víkem, aby se zamezilo výparům vody.

Vzorek necháme nasytit do té doby, až se bude lesknout voda na povrchu, nejméně však 24 hodin. Po nasycení váleček zvážíme a položíme na 4krát přeložený filtrační papír a necháme půlhodiny odstát - za tuto dobu opustí voda největší nekapilární póry, poté váleček opět zvážíme. Vážení provádíme opět po dvou hodinách. Při tomto vážení zjistíme hodnoty při stavu maximální kapilární vodní kapacity. (Jandák a kol., 2003)

### 5.2.6 Zrnitostní složení

Zrnitostní frakce je soubor všech částic půdy o různých velikostech, tvarech i průměrech. Půdní částice jsou nestejně velké, proto vznikaly klasifikace pro jejich třídění podle průměrů. Z procentuálního zastoupení frakcí se potom určují půdní druhy.

Mezi první objektivní třídění částic patří Atterbergův systém, který je založen na předpokladu rovnoměrného zastoupení částic. U nás byla nejprve používána klasifikace podle Kopeckého, ale v zemědělství se až doposud nejvíce užívá klasifikace, která se používala při Komplexním průzkumu zemědělských půd. Byla to zrnitostní klasifikace podle Nováka z roku 1949.

Tab. 7: Zrnitostní frakce podle KPZP

Název frakce	Průměr částic (mm)
Jíl	menší než 0,001
Jemný prach	0,001 - 0,005
Střední prach	0,005 - 0,01
Jílnaté částice	menší než 0,01
Hrubí prach	0,01 - 0,05
Jemný písek	0,05 - 0,25
Střední písek	0,25 - 2,00
Hrubí písek	2,00 - 4,00
Štěrk	4,00 - 30,00
Kamení	nad 30,00

Podle procentuálního zastoupení částic menších jak 0,01 se půda rozděluje na půdní druhy podle Nováka. (Jandák a kol., 2003)

Tab. 8: Zrnitostní klasifikace podle Nováka

Obsah částic < 0,01 mm (%)	Označení půdního druhu	Základní půdní druhy
0	písek	lehká půda
0 - 10	písčítá	
10 - 20	hlinitopísčítá	
20 - 30	písčitohlinitá	střední půda
30 - 45	hlinitá	
45 - 60	jílovitohlinitá	těžká půda
60 - 75	jílovitá	
> 75	jíl	

Dnes je ve světě nejrozšířenější trojúhelníková klasifikace podle USDA. S menší modifikací je toto hodnocení zrnitosti používáno i u nás.

U trojúhelníkového diagramu se na jednotlivé osy nanáší procentuální zastoupení jílu (< 0,002 mm), prachu (0,002 - 0,05 mm) a písku (0,05 - 2 mm). (Šarapatka, 2014)

Tab. 9: Klasifikace zrnitostních tříd podle trojúhelníkového diagramu (Jandák a kol., 2003)

písek, hlinitý písek	lehká zemina	1
písčítá hlína	lehčí střední zemina	2
hlína, prachovitá hlína, prach	střední zemina	3
písčítá jílovitá hlína, jílovitá hlína, prachovitá jílovitá hlína	těžká zemina	4
písčítý jíl, prachovitý jíl, jíl	velmi těžká zemina	5



Obr. 10 Trojúhelníkový diagram pro určení zrnitostních tříd podle Taxonomického klasifikačního systému půd ČR (Jandák a kol., 2003)



## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

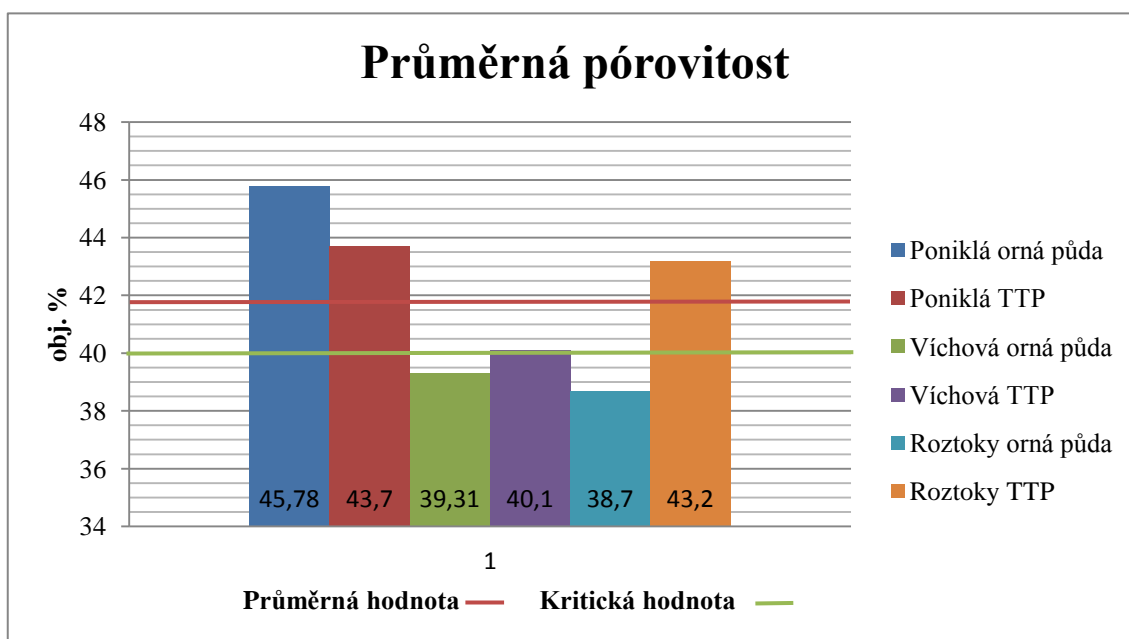
V bakalářské práci jsem vyhodnocovala a porovnávala výsledky odběrů půdních vzorků z orníčních horizontů orných půd a trvalých travních porostů. Půdní vzorky byly odebrány 22. 10. 2015. Zkoumaných lokalit bylo celkem 24 a odběry byly provedeny ve třech opakování.

Mezi zkoumanými fyzikálními vlastnostmi byly pórovitost, měrná hmotnost, objemová hmotnost redukováná, maximální vodní kapacita, minimální vzdušná kapacita a zrnitost. Průměrné hodnoty těchto vlastností byly porovnány s kritickými hodnotami uvedenými ve výše použité literatuře a s výsledky z komplexního průzkumu půd, z bazálního průzkumu půd z let 1992-2007, z průzkumu orníčního horizontu lokalit na Žďársku z roku 2014 (Huserková), z lokality Velkomeziříčska z roku 2013 (Kňourková) a z katastrálního území obce Lhotka v okrese Žďár nad Sázavou z roku 2011 (Ševčíková), kde jsou agroekologické, pedologické a klimatické podmínky podobné jako na lokalitách zkoumaných v této bakalářské práci.

Tab. 10: Přehled průměrných hodnot jednotlivých fyzikálních vlastností v obcích

Fyzikální vlastnosti	Poniklá		Vichová nad Jizerou		Roztoky u Jilemnice		Celkový průměr
	or. p	TTP	or. p	TTP	or. p	TTP	
Pórovitost (%)	45,78	43,70	39,31	40,10	38,70	43,20	41,80
Objemová hmotnost (g.cm <sup>-3</sup> )	1,56	1,53	1,55	1,54	1,55	1,54	1,54
Měrná hmotnost (g.cm <sup>-3</sup> )	2,54	2,59	2,60	2,63	2,61	2,63	2,6
Minimální vzdušná kapacita (% obj.)	10,63	9,19	4,38	4,48	3,53	7,99	6,7
Maximální kapilární kapacita (% obj.)	35,16	34,51	34,93	35,62	35,17	35,21	35,10

## 6.1 Pórovitost



Obr. 11 Porovnání průměrných hodnot pórovitosti na jednotlivých lokalitách

Optimální hodnoty pro svrchní orniční horizonty jsou v rozmezí 40 - 60%. Směrem do spodních vrstev půdy se pórovitost snižuje. Podle hodnot pórovitosti lze určit ulehlost, nebo naopak kyprost půdy. Pórovitost je také důležitým ukazatelem úrodnosti půd, protože je rozhodujícím faktorem pro propustnost vody a vzduchu a prorůstání kořenů rostlin.

Z výsledků je patrné, že mírně pod hranicí 40% jsou orné půdy ve Vichové nad Jizerou a ještě o něco nižší pórovitost mají orné půdy v Roztokách u Jilemnice, což znamená, že tyto půdy jsou více ulehlé a mají méně kapilárních pórů, ve kterých proudí voda a půdní vzduch. Půdy na ostatních lokalitách jsou v optimálním rozmezí.

Podle bazálního monitoringu, který proběhl v letech 1992 - 2007 na území celé České republiky je možné říct, že z 218 lokalit má 77 % dobrý, nebo nevyhovující stav půdy. Pouze 15 % má stav výborný. Stav půd na zkoumaných lokalitách odpovídá půdám spíše nevyhovujícím.

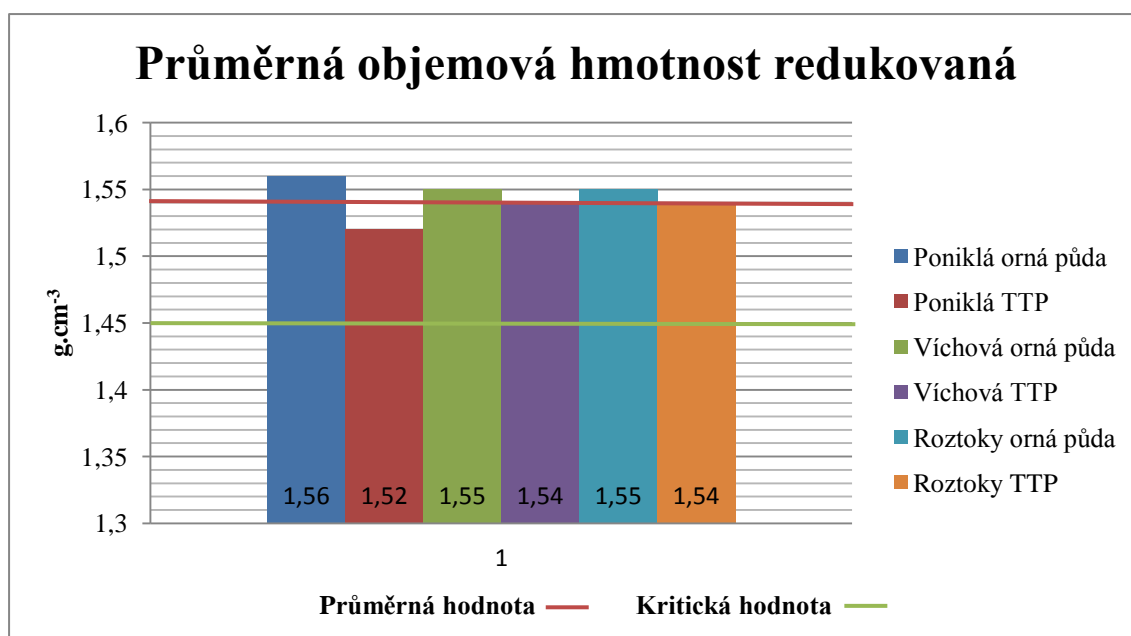
Průměrná pórovitost na lokalitách v podkrkonoší je 41,8 %. Na lokalitách Žďárských vrchů je podle Ševčíkové (2011) průměrná hodnota 45,75 % na polích a 44,57 % na loukách, Huserková (2014) uvádí hodnotu 48,63 % a průměrná hodnota

Velkomeziříčska je 47,23 % jak uvádí Kňourková (2013). Všechny zjištěné hodnoty odpovídají optimálním hodnotám v orničním horizontu.

Tab. 11: Hodnocení strukturního stavu humusového horizontu u středně těžkých a těžkých půd podle pórovitosti (Kutílek, 1966)

Strukturní stav humusového horizontu	Pórovitost (%)
Výborný	> 54
Dobrý	46 - 54
Nevyhovující	39 - 46
Nestrukturní	31 - 39

## 6.2 Objemová hmotnost



Obr. 12 Porovnání průměrných hodnot objemové hmotnosti reduková na jednotlivých lokalitách

Objemová hmotnost reduková udává hmotnost půdy v neporušeném stavu včetně pórů po vysušení do konstantní hmotnosti. Její hodnoty do hloubky vzrůstají. Objemová hmotnost by neměla přesáhnout hodnotu 1,45 g.cm<sup>-3</sup> podle Lhotského.

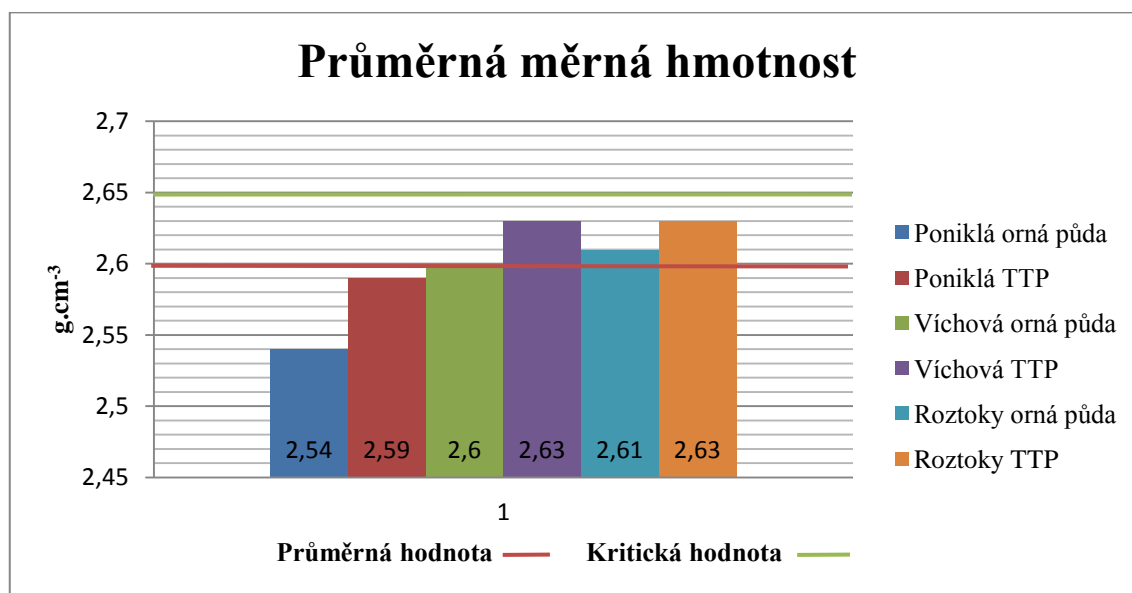
Tab. 12: Kritické hodnoty objemové hmotnosti redukované podle Lhotského 1984 (Jandák a kol., 2003)

Půdní druh	J	JV, JH	H	PH	HP	P
Kritické hodnoty OHR ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	1,35	1,40	1,45	1,55	1,60	1,70

Z výsledků lze vyčíst, že hodnoty všech půd jsou nad limitem  $1,45 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , což znamená, že půdy jsou spíše utužené. K tomu dochází zejména při obdělávání půdy stále na stejnou hloubku a nadměrným zemědělským využíváním. V České republice je ztuhnutím ohroženo asi 40 - 45 % zemědělských půd podle bazálního monitoringu z let 1992 - 2007.

Na zkoumaných lokalitách byla průměrná hodnota objemové hmotnosti  $1,54 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Výsledky na níže uvedených lokalitách odpovídají optimálnímu stavu orničního horizontu. Hodnoty Žďárských vrchů byly podle Ševčíkové (2011) na polích  $1,39 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  a na loukách  $1,46 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  a podle Huserkové (2014)  $1,33 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Kňourková (2013) uvádí na území Velkomeziříčska průměrnou hodnotu  $1,39 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ .

### 6.3 Měrná (specifická) hmotnost



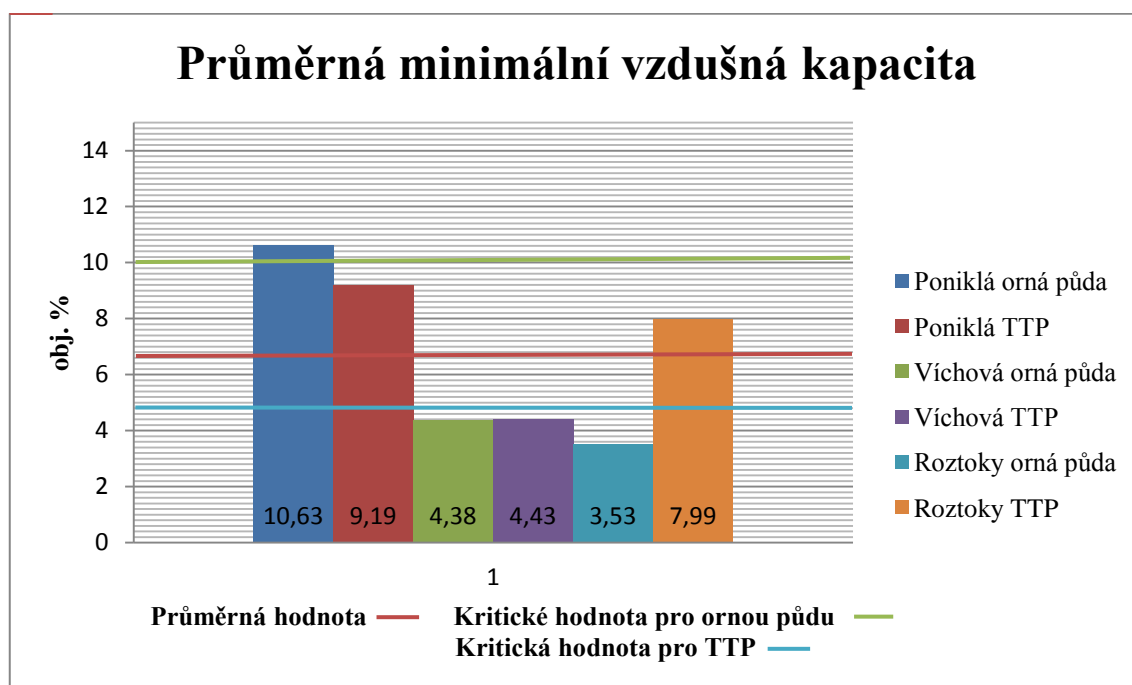
Obr. 13 Porovnání průměrných hodnot měrné hmotnosti na jednotlivých lokalitách

Měrná hmotnost se odvíjí od hornin, ze kterých půda vzniká, a také závisí na obsahu humusu. Humusové látky měrnou hmotnost snižují. Optimální hodnota pro naše půdy je  $2,65 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ .

Na zkoumaných lokalitách byla průměrná měrná hmotnost  $2,6 \text{ g. cm}^{-3}$ . Většina půd se blížila této průměrné hodnotě, pouze na orné půdě v Poniklé měly hodnotu nižší a to  $2,54 \text{ g. cm}^{-3}$ , tento výsledek může svědčit o tom, že tyto půdy obsahují větší množství humusu v orničním horizontu z důvodu přihnojování půdy.

Pokud porovnáme hodnoty Velkomeziříčska  $2,63 \text{ g.cm}^{-3}$  (Kňourková, 2013), hodnoty Žďárských vrchů  $2,64 \text{ g.cm}^{-3}$  na polích a  $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$  na loukách (Ševčíková, 2011) i hodnoty Huserkové (2014)  $2,61 \text{ g.cm}^{-3}$  s průměrnými hodnotami zjištěnými v lokalitách v podkrkonoší, zjistíme, že všechny hodnoty odpovídají optimální hodnotě pro půdy v České republice.

#### 6.4 Minimální vzdušná kapacita



Obr. 14 Porovnání průměrných hodnot minimální vzdušné kapacity na jednotlivých lokalitách

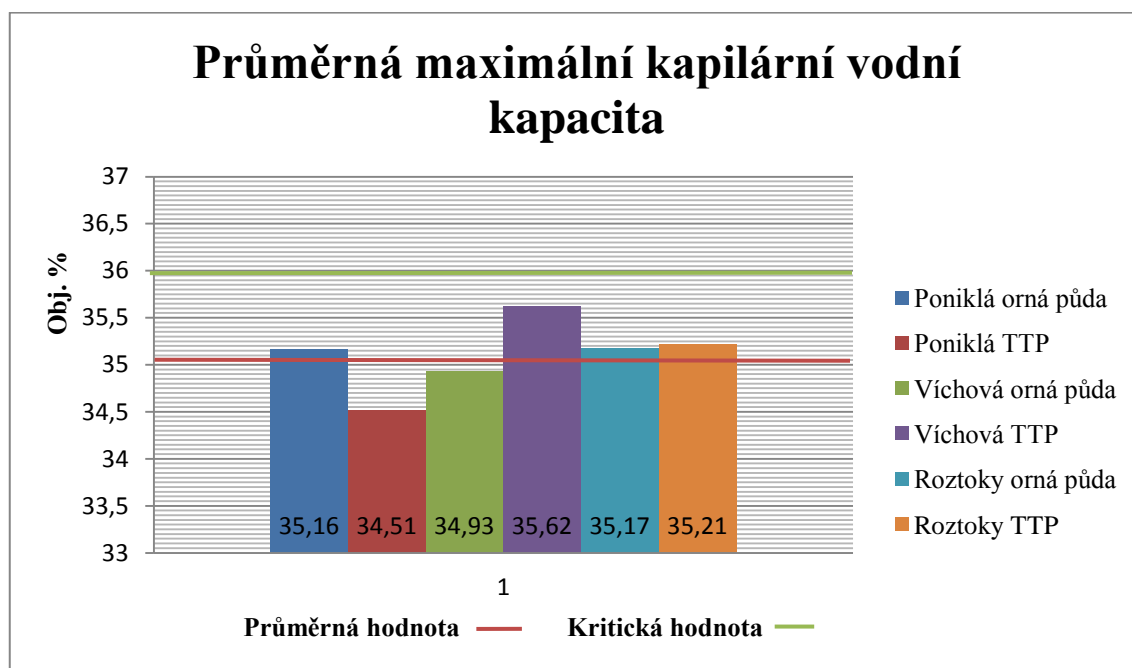
Podle minimální vzdušné kapacity lze určit poměr kapilárních a nekapilárních pórů. Hodnota minimální vzdušné kapacity by neměla v orných půdách klesnout pod 10 % a u luk a pastvit pod 5 %. Pokud jsou tyto hodnoty nižší, může to znamenat, že jsou póry v horních vrstvách horizontu zaplněné vodou a půda je přemokřená.

U orných půd byly pouze výsledky z Poniklé nad hranicí 10%. Ostatní dvě lokality měly hodnoty dokonce pod 5 %. To může znamenat, že tyto půdy obsahovaly vodu i v nekapilárních pórech a půda byla v orničním horizontu zamokřená.

U trvalých travních porostů byly hodnoty nad hranicí 5 % u vzorků z Poniklé a Roztok u Jilemnice. Ve Víchové byla hodnota o něco nižší než 5 %. Úplně nejnižší hodnoty byly naměřeny na lokalitách Poniklá orná půda 3, Víchová orná půda 1 a Roztoky orná půda 1 a 2, pouze 1,54 %, což znamená, že orniční horizont byl výrazně přemokřen. Naopak orná půda 1 a 2 v Poniklé dosahovaly hodnot 18,35 %. U trvalých travních porostů byla v lokalitách Poniklá TTP 1 a Roztoky TTP 2 zjištěna hodnota 18,35%. Průměrné hodnoty všech lokalit mohou být značně zkreslené kvůli velice rozdílným hodnotám na jednotlivých stanovištích.

Na lokalitách Žďárských vrchů byla zjištěna hodnota 14,9 % podle Huserkové (2014), což je optimální hodnota, naopak Ševčíková (2011) uvádí na polích hodnotu 6,67 %, což značí, že horizont byl přemokřený. Optimální hodnotu pro louky uvádí 7,06 %. Kňourková (2013) uvádí průměrné hodnoty Velkomeziříčska 13,98 %, tato hodnota je také optimální.

## 6.5 Maximální kapilární vodní kapacita



Obr. 15 Porovnání průměrných hodnot maximální kapilární vodní kapacity na jednotlivých lokalitách

Hodnota maximální kapilární vodní kapacity by neměla přesáhnout hodnotu 36%. Tato hodnota udává schopnost zadržet vodu v půdě pro potřebu rostlin, pokud je

hraniční hodnota přesazena, znamená to, že je porušena půdní struktura a může dojít k usychání rostlin.

Průměrná hodnota žádného vzorku však tuto hodnotu nepřesáhla, takže půdy poskytují rostlinám dobré podmínky pro růst a vývoj.

Průměrná hodnota lokalit v podkrkonoší byla 35,1 %, Ševčíková (2011) uvádí hodnoty Žďárských vrchů pro pole 39,08 % a pro louky 37,52 %, tyto hodnoty naznačují porušenou půdní strukturu. Oproti tomu Huserková (2014) uvádí hodnotu 33,73 %, tato hodnota nepřesahuje kritickou hranici. Ani hodnoty zjištěné na území Velkomeziříčska nepřesahují kritickou hranici, Kňourková (2013) uvádí průměrnou hodnotu 33,24 %.

## 6.6 Zrnitost

Tab. 13: Přehled výsledků zrnitostní klasifikace podle Nováka

Název lokality	Obsah částic < 0,01 mm (%)	Označení půdního druhu	Základní půdní druh
Poniklá - orná půda 1	13,00	hlinitopísčítá	lehká
Poniklá - orná půda 2	33,90	hlinitá	středně těžká
Poniklá - orná půda 3	34,40	hlinitá	středně těžká
Poniklá - orná půda 4	43,92	hlinitá	středně těžká
Poniklá - TTP 1	26,58	písčitohlinitá	středně těžká
Poniklá - TTP 2	24,38	písčitohlinitá	středně těžká
Poniklá - TTP 3	32,20	hlinitá	středně těžká
Poniklá - TTP 4	43,90	hlinitá	středně těžká
Víchová - orná půda 1	31,48	hlinitá	středně těžká
Víchová - orná půda 2	35,74	hlinitá	středně těžká
Víchová - orná půda 3	9,42	písčítá	lehká
Víchová - orná půda 4	51,10	jílovitohlinitá	těžká
Víchová - TTP 1	48,06	jílovitohlinitá	těžká
Víchová - TTP 2	24,28	písčitohlinitá	středně těžká
Víchová - TTP 3	31,84	hlinitá	středně těžká
Víchová - TTP 4	34,12	hlinitá	středně těžká
Roztoky - orná půda 1	42,18	hlinitá	středně těžká
Roztoky - orná půda 2	28,28	písčitohlinitá	středně těžká
Roztoky - orná půda 3	33,48	hlinitá	středně těžká
Roztoky - orná půda 4	29,86	písčitohlinitá	středně těžká
Roztoky - TTP 1	38,12	hlinitá	středně těžká
Roztoky - TTP 2	46,06	jílovitohlinitá	těžká
Roztoky - TTP 3	13,80	hlinitopísčítá	lehká
Roztoky - TTP 4	18,78	hlinitopísčítá	lehká

Tab. 14: Přehled výsledků zrnitostní klasifikace podle trojúhelníkového diagramu

Lokalita	Průměr částic <0,002 mm (%)	Průměr částic 0,002 - 0,05 mm (%)	Průměr částic 0,05 - 2,00 mm (%)	Zrnitostní třída
Poniklá - orná půda 1	9,32	22,84	67,84	písčité hlína
Poniklá - orná půda 2	23,46	29,36	47,18	hlína
Poniklá - orná půda 3	21,64	42,50	35,86	hlína
Poniklá - orná půda 4	23,56	51,82	24,62	prachovitá hlína
Poniklá - TTP 1	15,24	29,36	55,40	písčité hlína
Poniklá - TTP 2	16,90	29,52	53,58	písčité hlína
Poniklá - TTP 3	15,98	42,76	41,26	hlína
Poniklá - TTP 4	30,26	35,14	34,60	jílovitá hlína
Víchová - orná půda 1	24,42	14,00	61,58	písčité jílovitá h.
Víchová - orná půda 2	21,96	40,86	37,18	hlína
Víchová - orná půda 3	4,32	21,26	74,42	hlinitý písek
Víchová - orná půda 4	32,24	45,90	21,86	jílovitá hlína
Víchová - TTP 1	34,26	38,76	26,98	jílovitá hlína
Víchová - TTP 2	14,42	31,82	53,76	písčité hlína
Víchová - TTP 3	18,78	40,84	40,38	hlína
Víchová - TTP 4	22,50	24,02	53,48	písčité jílovitá h.
Roztoky - orná půda 1	23,12	46,24	30,64	hlína
Roztoky - orná půda 2	14,02	36,22	49,76	hlína
Roztoky - orná půda 3	24,22	14,20	61,58	písčité jílovitá h.
Roztoky - orná půda 4	20,88	28,38	50,74	hlína
Roztoky - TTP 1	22,90	19,62	57,48	písčité jílovitá h.
Roztoky - TTP 2	33,86	43,16	22,98	jílovitá hlína
Roztoky - TTP 3	9,12	15,04	75,84	písčité hlína
Roztoky - TTP 4	9,88	26,32	63,80	písčité hlína

Ze zrnitostního rozboru podle Nováka je patrné, že se jedná o půdy převážně hlinité, tedy středně těžké. Na lokalitách Poniklá orná půda 1, Víchová orná půda 3 a Roztoky TTP 3 a 4 se jedná o půdy hlinitopísčité až písčité, tedy o lehké půdy. A na lokalitách Víchová orná půda 4, Víchová TTP 1 a Roztoky TTP 2 se nachází jílovitohlinité, tedy těžké půdy.

Podle trojúhelníkového diagramu je nejčastější zrnitostní třídou hlína a písčité hlína. Dále se zde vyskytuje jílovitá hlína a to na lokalitách Poniklá TTP 4, Víchová orná půda 4, Víchová TTP 1 a Roztoky TTP 2. Většinou na lokalitách, kde se podle Novákovy klasifikace vyskytují těžké půdy. Na lokalitách Víchová orná půda 1, Víchová TTP 4, Roztoky orná půda 3 a Roztoky TTP 1 se vyskytuje písčité jílovitá hlína. Nejnižší obsah jílnatých částic měla lokalita Víchová orná půda 3 a to jen 9,42 %, naopak nejvíce



jílnatých částic obsahoval orniční horizont na lokalitě Víchová orná půda 4, naměřená hodnota byla 51,1 %.

Při porovnání s výsledky z komplexního průzkumu půd z jara 1968 je zřejmé, že zrnitostní složení v obci Poniklá je přibližně stejné. Dříve byla průměrná zrnitost v orničním horizontu 31,82 %, což stále odpovídá středně těžkým půdám. V obci Víchová nad Jizerou byla tato hodnota při komplexním průzkumu půd nižší, a to 29,1 %, tato hodnota odpovídá také středně těžkým půdám. Naopak v obci Roztoky u Jilemnice byla zrnitost vyšší, a to 36,46 %. Tato hodnota stále odpovídá středně těžkým půdám.

## 7 Závěr

V této bakalářské práci jsem hodnotila a porovnávala fyzikální vlastnosti půd v podhorských oblastech, a to jak na orných půdách, tak i na loukách a pastvinách. Průměrné hodnoty jsem porovnávala s dostupnými informacemi a s kritickými i optimálními hodnotami. Výsledky zkoumání jsou zpracovány v grafech a tabulkách.

Průměrné hodnoty pórovitosti byly ve většině případů v optimálním rozmezí 40 - 60 %, pouze na lokalitách Víchová orná půda a Roztoky orná půda byly hodnoty mírně pod hranicí 40%. Tyto půdy mohou být ztuhlé nešetřeným obděláváním půdy.

Objemová hmotnost redukována byla na všech lokalitách velice podobná a průměrná hodnota byla  $1,54 \text{ g. cm}^{-3}$ , což mírně překračuje kritickou hranici, která je  $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$  podle Lhotského (1984). Pokud je objemová hmotnost vyšší, značí to, že je půda více ulehlá a obsahuje méně pórů.

Měrná (specifická) hmotnost je velice variabilní a odvíjí se od obsahu minerálních látek v půdě i od obsahu humusu. V našich podmínkách se průměrná hodnota pohybuje okolo  $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$ , protože je v půdách zastoupen především křemen, který má hustotu  $2,6 \text{ g.cm}^{-3}$ . Průměrná hodnota výsledků byla  $2,6 \text{ g.cm}^{-3}$ , pouze výsledky v Poniklé na orné půdě byly o něco nižší, což mohlo způsobit zvýšené hnojení orné půdy.

Hodnoty minimální vzdušné kapacity se liší na orných půdách a na trvalých travních porostech. Minimální vzdušná kapacita vyjadřuje podíl nekapilárních pórů v půdě a její hodnoty by neměly přesáhnout u orných půd 10 % a u luk a pastvin 5 %. Výsledky této fyzikální vlastnosti byly velice variabilní. Jak na jednotlivých odběrných místech v obcích, tak i mezi průměry jsou velké rozdíly.

Hodnotu u orných půd přesahují pouze lokality v Poniklé. Avšak lokalita Poniklá orná půda 3 dosahovala nejnižších hodnot 1,54 % a naopak orná půda 1 a 2 dosahovaly hodnoty 18,35 %. A u luk a pastvin hodnotu 5% přesahují lokality v Poniklé a v Roztokách. To může znamenat, že půdy jsou náchylnější na vysychání při dlouhodobějším období sucha.

Pro maximální kapilární vodní kapacitu je hraniční hodnota 36 %, kterou by hodnoty na zkoumaných lokalitách neměly překročit, což se na žádné z lokalit nestalo. Průměrná hodnota byla 35,1 %. Nejvyšší průměrná hodnota byla na lokalitě Víchová TTP, a to 35,62 %. Nejnižší zjištěná hodnota byla v Poniklé na trvalých travních porostech, a to 34,51 %.

Z výsledků zrnitosti se dá říct, že nejčastějším půdním druhem podle Nováka jsou v těchto lokalitách půdy středně těžké, převážně hlinité a písčitohlinité. Tento výsledek potvrzují i výsledky z trojúhelníkového diagramu.

Většina pozemků v obcích Poniklá a Víchová nad Jizerou se vyskytuje na svažitých kopcích, orná pole obsahují velké množství skeletu, převážně křemene. Kvůli tomuto stavu půdy bych nedoporučovala pro toto území intenzivní obdělávání polí. Z hlediska svažitosti je zde také vysoké riziko vzniku vodní eroze. Trvalé travní porosty slouží především jako pastva pro skot, nebo je vegetace sečená a slouží jako krmivo pro dobytek převážně v zimním období. Obec Roztoky u Jilemnice se naproti tomu nachází v rovinnatější oblasti a půda je zde zbarvená do červena díky přítomnosti červených pískovců v podloží, které sem zasahují z podkrkonošského bioregionu. Červené zbarvení půdy může mít za následek také přítomnost železitých minerálů v půdě.

Z výsledků lze říct, že veškeré půdy na zkoumaných lokalitách jsou ovlivněné zemědělstvím a podle hodnot objemové hmotnosti a pórovitosti mohou být mírně zhutnělé. Je to nevyhnutelný důsledek intenzivního zemědělského využívání půdy. Hodnoty se na jednotlivých lokalitách lišily, tyto výkyvy však nebyly nijak velké, až na hodnoty minimální vzdušné kapacity. Nelze říct, že by půdy na zkoumaných lokalitách byly naprosto v dokonalém stavu, ale z výsledků je patrné, že pokud se budou dodržovat osevní postupy, ponechávat posklizňové zbytky, používat ve větší míře organická hnojiva a zemědělské stroje nebudou přejíždět po polích za špatných vlhkostních podmínek, ani nadbytečně často, fyzikální stav půd by se neměl rapidně zhoršovat.

## 8 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

### 8.1 Literární zdroje

**CULEK**, Martin, 2013, *Biogeografické členění České republiky*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-6693-9.

**DORAN**, J. W., **COLEMAN**, D. C., **BEZDICEK**, D. F. and **STEWART**, B. A., 1994, *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Spec, Publ. No. 35, Madison, WI.

**HUSERKOVÁ** J., 2014 - *Fyzikální vlastnosti půd v oblasti Žďárských vrchů*. Bakalářská práce (nepubl., dep. knihovna MENDELU v Brně), MZLU v Brně, Brno, 50 s.

**CHALOUPSKÝ**, Josef, 1989, *Geologie Krkonoš a Jizerských hor*. 1. vyd. Praha: Academia

**JANDÁK**, Jiří, **POKORNÝ**, Eduard and **PRAX**, Alois, 2001, *Půdoznalství*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-559-3.

**JANDÁK**, Jiří, **POKORNÝ**, Eduard, **HYBLER**, Vítězslav, **POSPÍŠILOVÁ**, Lubica, 2003, *Cvičení z půdoznalství*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-733-2.

**JANEČEK**, Miloslav, 2008, *Základy erodologie*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-1842.

**JAVŮREK**, Miloslav and **VACH**, Milan, 2008, *Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISBN 978-80-87011-57-7.

**KŇOURKOVÁ E.**, 2013 - *Fyzikální vlastnosti povrchových horizontů půd Velkomeziříčska*. Bakalářská práce (nepubl., dep. knihovna MENDELU v Brně), MZLU v Brně, Brno, 49 s.

**KUTÍLEK**, Miloslav, 1966, *Vodohospodářská pedologie: celostátní učebnice pro vysoké školy*. 1. vyd. Praha : SNTL.

**NĚMEČEK**, Jan, **SMOLÍKOVÁ**, Libuše and **KUTÍLEK**, Miroslav, 1990, *Pedologie a paleopedologie: celostátní vysokoškolská příručka pro stud. přírodověd. fak., skupiny stud. oborů geologické vědy*. 1. vyd. Praha: Academia. ISBN 80-200-0153-0.

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

**PODHRÁZSKÁ**, Jana and **DUFKOVÁ**, Jana, 2005, *Protierozní ochrana půdy*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-856-8.

**POLÁKOVÁ**, Šárka, **KUBÍK**, Ladislav and **MALÝ**, Stanislav, 2011, *Monitoring zemědělských půd v České republice 1992-2007*. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, odbor bezpečnosti krmiv a půdy. ISBN 978-80-7401-041-5.

**QUITT**, Evžen, 1971, *Klimatické oblasti Československa*. Brno.

**REHÁK**, Štefan and **JANSKÝ**, Libor, 2000, *Fyzika půdy I: základné fyzikálne vlastnosti pôdy*. 1. vyd. Bratislava: Univerzita Komenského. ISBN 80-223-1544-3.

**SCHJØNNING**, Per, **ELMHOLT**, Susanne and **TOLSTRUP CHRISTENSEN**, Bent, c2014, *Managing soil quality: challenges in modern agriculture*. Wallingford: CABI Publishing. ISBN 0-85199-671-X.

**SHUKLA**, Manoj, c2014, *Soil physics: an introduction*. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-4398-8842-1.

**ŠIMEK**, Miloslav, 2005, *Základy nauky o půdě*. 2., upr a rozš. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta. ISBN 80-7040-747-6.

**SMOLÍK**, Ladislav, 1957, *Pedologie*. Vyd. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. Řada stavební literatury.

**ŠARAPATKA**, Bořivoj, 1996, *Pedologie*. Vyd. 1 Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého. ISBN 80-7067-590-X.

**ŠARAPATKA**, Bořivoj, **BEDRNA**, Zoltán and **DLAPA**, Pavel, 2002, *Kvalita a degradace půdy*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN 80-244-0584-9.

**ŠARAPATKA**, Bořivoj, 2014, *Pedologie a ochrana půdy*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Odborná publikace. ISBN 978-80-244-3736-1.

**ŠEVČÍKOVÁ S.**, 2011 - *Vývoj fyzikálních vlastností povrchových horizontů půd v k. ú. Lhotka*. Diplomová práce (nepubl., dep. knihovna MENDELU v Brně), MZLU v Brně, Brno, 64 s.

**RICHTER**, Rostislav and **HLUŠEK**, Jaroslav, 2003, *Půdní úrodnost*. 2. upr. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. ISBN 80-7271-130-X.

**TAUFEROVÁ**, Alexandra, 2014, *Rostlinná produkce*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-716-9.

**TOMÁŠEK**, Milan, 2000, *Půdy České republiky*. 2. dopl. vyd. Praha: Český geologický ústav. ISBN 80-7075-403-6.

**VOPRAVIL**, Jan, 2010-, *Půda a její hodnocení v ČR*. 2. vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. ISBN 978-80-87361-05-4.

## **8.2 Internetové zdroje**

[URL1] Český statistický úřad: *Krajská správa ČSÚ v Liberci* [online]. [cit. 2016-03-17]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/mos/okres.jsp?k=CZ0514>

[URL2] Maps google [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [https://www.google.com/maps/d/edit?hl=cs&hl=cs&authuser=0&authuser=0&mid=z3WTvJoQbbk8.kyii\\_Qg5cFkM](https://www.google.com/maps/d/edit?hl=cs&hl=cs&authuser=0&authuser=0&mid=z3WTvJoQbbk8.kyii_Qg5cFkM)

[URL3] Maps google [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/d/edit?hl=cs&hl=cs&authuser=0&authuser=0&mid=z3WTvJoQbbk8.ks0bxYYW-SvA>

[URL4] Maps google [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/d/edit?hl=cs&hl=cs&authuser=0&authuser=0&mid=z3WTvJoQbbk8.k-t2yaPBbCZg>

[URL5] ELUC: *Elektronická učebnice* [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/298>

[URL6] Ovocnářská unie České republiky: *Klimatické regiony ČR* [online]. [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: <http://www.ovocnarska-unie.cz/sispo/?str=klima-mapa>

[URL7] Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu#>

[URL8] TYŠER, Luděk. *Kategorizace zemědělského území České republiky: Rajonizace zemědělské výroby* [online]. In: . s. 14 [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: <http://zemedelske-systemy.cz/rajonizace.pdf>

[URL9] Český statistický úřad: *Charakteristika okresu Semily* [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/xl/charakteristika\\_okresu\\_sm](https://www.czso.cz/csu/xl/charakteristika_okresu_sm)

[URL10] *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online]. In: . [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Jizera\\_\(%C5%99eka\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Jizera_(%C5%99eka))

*Webový archiv komplexního průzkumu půd: WAKPP* [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://wakpp.vumop.cz/?core=sondy>

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Odběrná místa v obci Poniklá	26
<i>(Zdroj: Maps google, [online])</i>	
Obr. 2 Odběrná místa v obci Vichová nad Jizerou	27
<i>(Zdroj: Maps google,[online])</i>	
Obr. 3 Odběrná místa v obci Roztoky u Jilemnice	28
<i>(Zdroj: Maps google, [online])</i>	
Obr. 4 Půdní mapa obce Poniklá	30
<i>(Zdroj: Česká geologická služba, půdní mapa 1:50 000, list 03-41 Semily)</i>	
Obr. 5 Půdní mapa obce Vichová nad Jizerou	30
<i>(Zdroj: Česká geologická služba, půdní mapa 1:50 000, list 03-41 Semily)</i>	
Obr. 6 Půdní mapa obce Roztoky u Jilemnice	31
<i>(Zdroj: Česká geologická služba, půdní mapa 1:50 000, list 03-41 Semily)</i>	
Obr. 7 Geologické členění ČR	32
<i>(Zdroj: www.ig.cas.cz)</i>	
Obr. 8 Klimatické oblasti	33
<i>(Zdroj: www.ovocnarska-unie.cz)</i>	
Obr. 9 Mapa průměrného ročního úhrnu v České republice	34
<i>(Zdroj: www.portal.chmi.cz)</i>	
Obr. 10 Trojúhelníkový diagram pro určení zrnitostních tříd podle Taxonomického klasifikačního systému půd ČR	40
<i>(Jandák a kol., 2003)</i>	
Obr. 11 Porovnání průměrných hodnot pórovitosti na jednotlivých lokalitách	42
Obr. 12 Porovnání průměrných hodnot objemové hmotnosti redukované na jednotlivých lokalitách	43
Obr. 13 Porovnání průměrných hodnot měrné hmotnosti na jednotlivých lokalitách	44
Obr. 14 Porovnání průměrných hodnot minimální vzdušné kapacity na jednotlivých lokalitách	45
Obr. 15 Porovnání průměrných hodnot maximální kapilární vodní kapacity na jednotlivých lokalitách	46



## 10 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Rozdělení pórů podle velikosti a sacího napětí vody (Jandák a kol.,2001)	15
Tab. 2: Rozdělení půdní struktury podle velikosti agregátů (Štefan, 2000)	17
Tab. 3: Třídění zrnitostní frakce (Jandák a kol.,2001)	18
Tab. 4: Optimální poměr vzduchu a vody v půdě (Jůva, 1964)	19
Tab. 5: Legenda k půdním mapám	31
Tab. 6: Kritické hodnoty pórovitosti podle Lhotského 1984 (Jandák a kol., 2003)	35
Tab. 7: Zrnitostní frakce podle KPZP	38
Tab. 8. Zrnitostní klasifikace podle Nováka	39
Tab. 9: Klasifikace zrnitostních tříd podle trojúhelníkového diagramu	39
Tab. 10: Přehled průměrných hodnot fyzikálních vlastností v obcích	41
Tab. 11: Hodnocení strukturního stavu humusového horizontu u středně těžkých a těžkých půd podle pórovitosti (Kutílek, 1966)	43
Tab. 12: Kritické hodnoty objemové hmotnosti redukované podle Lhotského 1984 (Jandák a kol., 2003)	44
Tab. 13: Přehled výsledků zrnitostní klasifikace podle Nováka	47
Tab. 14: Přehled výsledků zrnitostní klasifikace podle trojúhelníkového diagramu	48

## **11 SEZNAM PŘÍLOH**

Příl. 1: Poniklá - orná půda	59
Příl. 2: Poniklá - trvalý travní porost	59
Příl. 3: Víchová nad Jizerou - orná půda	60
Příl. 4: Víchová nad jizerou - trvalý travní porost	60
Příl. 5: Roztoky u Jilemnice - orná půda	61
Příl. 6: Roztoky u Jilemnice - trvalý travní porost	61

## 12 PŘÍLOHY



Příl. 1: Poniklá - orná půda



Příl. 2: Poniklá - trvalý travní porost



Příl. 3: Víchová nad Jizerou - orná půda



Příl. 4: Víchová nad Jizerou - trvalý travní porost





Příl. 5: Roztoky u Jilemnice - orná půda



Příl. 6: Roztoky u Jilemnice - trvalý travní porost