

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



**Studium vybraných půdních charakteristik ve vztahu k erozi půdy**

**Bc. Kateřina Drncová**

Diplomová práce

Předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Mgr. v oboru

Ochrana a tvorba krajiny

Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Bořivoj Šarapatka, CSc.

Olomouc 2015



Drncová K. (2015): Studium vybraných půdních charakteristik ve vztahu k erozi půdy. Diplomová práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 62 pp, v češtině.

## **Abstrakt**

Degradace půd je závažným problémem na intenzivně zemědělsky využívaných půdách i mimo ně. Největší podíl na degradaci půd v České republice má vodní eroze, která bývá ovlivňována činností člověka. Dopady působení eroze jsou často nevratné a mohou mít pronikavé environmentální i ekonomické důsledky.

Cílem práce bylo studium vybraných půdních charakteristik ve vztahu k erozi půdy. Modelovým územím pro detailní výzkum byl půdní blok poblíž obce Čejkovice (okres Hodonín). Černozemě na této lokalitě i v okolí jsou intenzivně obhospodařované a dlouhodobě degradované, zejména vodní erozí. Intenzivní eroze právě na tomto půdním typu nám umožňuje pozorovat barevný přechod mezi erozními a akumulacími plochami. Výzkum zahrnoval pedologický průzkum za pomoci měřických leteckých snímků, spojený s odběrem půdních vzorků, které byly laboratorně analyzovány.

Vybrané půdní analýzy potvrdily rozdíly mezi erozními a akumulacími plochami. Z nich vyplývá, že v erozí zasažených profilech dochází ke smyvu povrchového A-horizontu a na povrch se dostává podorniční vrstva (spraš). Hodnoty obsahu organického uhlíku i humusu jasně ukazují výrazný úbytek těchto látek v A-horizontu erozních oblastí. Naopak u akumulčních ploch obsah organického uhlíku (humusu) je výrazně vyšší. Hodnoty uhličitánů byly zřetelně vyšší v erodovaných vzorcích než v akumulovaných. Typickou vlastností černozemního půdního profilu je vyplavování uhličitánů z povrchového horizontu do spodních vrstev horizontu, což potvrzují i naměřené výsledky. Tato vlastnost uhličitánů ovlivňuje i pH půdy. Hodnoty pH byly prakticky stejné, ale do hloubky půdního profilu se mízně zvyšovali. Obsah humusu v jednotlivých horizontech a barva půdy jsou obecně v těsné korelaci, potvrzuje to i rozbor půdních vzorků. Měření spektrální odrazivosti potvrdilo, že tmavé humusové horizonty černozemních půd více absorbují světlo, než horizonty podorniční (světlé). Erozní části více odrazují světlo a směrem do hloubky profilu se tyto hodnoty zvyšují. Všechny výsledky prokázaly účinnost zvolených půdních analýz pro degradaci ohrožené půdy. Posouzení zrnitostního složení neprokázalo odlišnosti mezi erozní a akumulacími částí, ani v závislosti na hloubce půdního profilu. Z výsledků

vychází, že erozní činnost ovlivňovala stejným způsobem pozorované zrnitostní frakce, jak erodovaných, tak akumulovaných ploch.

Získané výsledky byly dále porovnány s publikovanými údaji. Ve většině případů byly výsledné hodnoty podobné. Aktuální naměřené hodnoty organického uhlíku (humusu) byly v některých případech o něco nižší, příčinou může být stále se vymývající organický uhlík z půdního horizontu.

Výsledky mohou přispět k určení míry degradace půdy erozí a pomáhat diagnostikovat akumulované či překryté horizonty. Znalost prostorového rozložení erodovaných a akumulovaných ploch je důležitým předpokladem pro efektivní ochranu půdy, zejména pro návrh půdoochranných opatření před účinky eroze na zemědělsky intenzivně využívané krajině.

**Klíčová slova:** černozem, degradace půdy, eroze, pedologie, půdní rozbor

Drncová K. (2015): Selected soil characteristics in relation to the soil erosion. Master thesis, The Department of Ecology & Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, 62 pp, in Czech.

## **Abstract**

The soil degradation is a big issue especially in areas of intensive farming. In the Czech Republic the degradation of soils is caused mostly by water erosion, which often occurs due to the man activity. The impact of the soil erosion can be irreversible and it also can have environmental and ecological consequences.

The objective of the thesis is the study of the selected soil characteristic in relation to the soil erosion. The study area places near to the village Čejkovice (Hodonín county). The chernozem soil in this study area is degraded especially due to the water erosion. There can be observed the color transition between the accumulation and erosion bores. The research done in this area included the study of the aerial photographs in connection with sampling. The samples were analysed in the laboratory.

The used soil analysis confirmed that there happens the erosive wash of the A-horizon in the eroded profiles. On the other hand the loess gets on the top of the profile. The amount of carbonates is much higher in the erosion bores than in the accumulation bores. The wash of the carbonates from the top horizon is the typical characteristic of the chernozem soil. The laboratory results confirmed that as well. The soil pH is also affected by this process. The pH value slightly increases the deeper the sample was taken. The humus content is correlated with the color of the soil. The measurements confirm also the ratio of absorbed light by the single horizons. The results of analyses prove the validity of the chosen methods in soil degradation assessment.

The results were also compared with results already published. The measured values were similar in the most of the cases. The outputs can help with determination of the soil degradation by water erosion. The knowledge of distribution of the accumulation and erosion bores is an important condition for soil protection in erosion.

**Keywords:** chernozem, degradation soil, erosion, pedology, soil analysis

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. Dr. Ing. Bořivoje Šarapatky, CSc. s použitím citované literatury.

V Olomouci 30. Dubna 2015

Podpis

## Obsah

Seznam tabulek.....	viii
Seznam obrázků.....	ix
1. Úvod.....	1
2. Úvod do problematiky.....	3
2.1. Kvalita půdy.....	3
2.2. Degradace půdy.....	3
2.3. Eroze půdy.....	5
2.4. Letecké měřické snímky.....	10
3. Cíl práce.....	12
4. Materiál a metody.....	13
4.1. Modelové území.....	13
4.2. Odběr vzorků.....	16
4.3. Popis horizontů.....	18
4.4. Analýza půdních vzorků.....	20
5. Výsledky.....	25
5.1. Hodnocení eroze v modelovém území s využitím půdních vzorků.....	25
6. Diskuze.....	37
7. Závěr.....	40
8. Literatura.....	41
9. Přílohy.....	46

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Obsah humusu (Šarapatka 2014) .....	20
Tabulka 2: Hodnocení půd podle výměnné půdní reakce (Pokorný et al. 2007) .....	21
Tabulka 3: Orientační určení obsahu uhličitanu v půdě (Zbiral, et al. 2010) .....	22



## Seznam obrázků

Obr. 1: Lokalizace zájmového území v rámci ČR .....	13
Obr. 2: Plocha transektů a sond v zájmovém území Čejkovice 2014 .....	13
Obr. 3: Viditelné barevné změny mezi akumulací a erodovanými plochami na černoze ..	16
Obr. 4: Odběr půdních vzorků pomocí zarážené sondy .....	17
Obr. 5: Plastové válce s odebranými vzorky .....	17
Obr. 6: Odebrané vzorky půdy v igelitových sáčcích .....	18
Obr. 7: sondy z erodovaných částí .....	18
Obr. 8: sondy z akumulovaných částí .....	18
Obr. 9: Jankův vápnoměr .....	22
Obr. 10: Spektrofotometr s příslušenstvím pro kalibraci a vyhodnocení měření .....	23
Obr. 11: Průměrné hodnoty vybraných vlastností akumulací a erozních ploch v rámci studovaného území. Zvýrazněné plochy znázorňují hranici hloubek profilů na základě půdních vlastností. (Šarapatka et al. 2015, upraveno) .....	26
Obr. 12 (a;b): Znázornění rozdělení hloubek podle půdních vlastností na příkladu obsahu uhlíku 1E a 1A .....	27
Obr. 13 (a;b): Statistické znázornění obsahu organického uhlíku (%) erozní vs. akumulací plochy (E/A), 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu .....	30
Obr. 14 (a;b): Statistické znázornění: obsahu humusu (%) erozní vs. akumulací plochy (E/A) 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu .....	31
Obr. 15 (a;b): Statistické znázornění pH erozní vs. akumulací plochy (E/A) 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu .....	31
Obr. 16 (a;b): Statistické znázornění spektrofotometrie erozní vs. akumulací plochy (E/A) 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu .....	32
Obr. 17 (a;b): Statistické znázornění uhličitánů (%) erozní vs. akumulací plochy (E/A) 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu .....	33
Obr. 18 (a;b): Statistické znázornění zrnitostní frakce F1 [%] (2-0,25mm) erozní vs. Akumulací plochy (E/A), 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu .....	33
Obr. 19 (a;b): Statistické znázornění zrnitostní frakce F2 [%] (0,25-0,05mm) erozní vs. akumulací plochy (E/A), 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu .....	34
Obr. 20 (a;b): Statistické znázornění zrnitostní frakce F3 [%] (0,05-0,01mm) erozní vs. akumulací plochy (E/A), 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půd. profilu	35

Obr. 21 (a;b): Statistické znázornění zrnitostní frakce F4 [%] (0,01-0,001mm) erozní vs. akumulární plochy (E/A), 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půd. profilu	35
Obr. 22 (a;b): Statistické znázornění zrnitostní frakce F5 [%] (<0,001mm) erozní vs. akumulární plochy (E/A), 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu.....	36

## **Poděkování**

Především děkuji mému vedoucímu práce prof. Dr. Ing. Bořivoji Šarapatkovi, CSc. za svědomité vedení a pomoc při tvorbě mé diplomové práce. Také Mgr. Patriku Netopilovi za terénní spolupráci, za ochotu, pomoc a čas při práci v laboratoři a cenné rady. Dále chci poděkovat Ing. Ladislavu Čápkovi za poskytnuté materiály. Výskumnému ústavu pôdoználectva a ochrany pôdy v Bratislavě chci poděkovat za pořízení analýzy zrnitostního složení. V neposlední řadě patří velké poděkování mé rodině a kamarádům za zázemí a podporu.

V Olomouci, 29. dubna 2015

## 1. Úvod

Půda je základním pilířem lidského života, je neobnovitelným přírodním zdrojem, bez kterého by život nemohl existovat. V současné době velmi často dochází k jejímu znehodnocování a nenávratnému poškození. Ve většině případech prvotní příčinou ztráty hodnoty půdy je lidská činnost. Pokud chceme, aby její využívání a přínos byl dlouhodobě udržitelný, je nezbytné poškození půdy předcházet a snažit se půdu chránit (Vopravil 2009).

Půda je dynamický systém nesčetných forem bakterií, hub, různých půdních živočichů – žížal, roztočů, stonožek, mnohonožek, larev a kořenů autotrofních rostlin, které v komplexních trofických sítích zabírají různé životní niky (Dykyjová 1989). Vznik, vývoj a do značné míry půdní vlastnosti jsou ovlivňovány půdotvornými faktory a podmínkami. Půda se však tvoří velmi pomalu, asi 100 – 400 let je potřeba na vytvoření jednoho centimetru (Šarapatka et al. 2002).

Půda není jen základní produkcí biomasy, ale představuje také kulturní a historické dědictví států a Země. Obsahuje paleontologické a archeologické artefakty, které vypovídají o přeměnách krajiny ve čtvrtohorách a narůstajícím vlivem člověka na přírodu (Břízová 2007).

Neodmyslitelnou součástí půdy je její organický podíl, tvoří jej živé organismy jak rostlinné (kořeny rostlin, sinice, houby, apod.), tak živočišné (mikroorganismy, bezobratlí i obratlovci) a neživá organická hmota (Vráblíková, Vráblík 2006).

Neživá půdní organická hmota je součtem veškerého organického materiálu, jež se nachází v půdě a na jejím povrchu. Jejím zdrojem jsou odumřelé zbytky rostlin a živočichů, v různém stupni rozkladu, stejně jako živé organismy, vyjma nadzemních částí živých rostlin (Sumner 2000). Relativně malý obsah, ale velký význam (Kozák 2004).

Organická hmota půdy je ta součást půdy, která je odlišná od horniny a která půdě zabezpečuje úrodnost. Její zastoupení a složení je významným morfologickým znakem. Jednotlivé složky se podílejí na tvorbě sorpčního komplexu, struktuře agregátů, objemové a měrné hmotnosti, zásob energie a biogenních prvků (Sotáková 1982).

Změny v množství obsahu půdní organické hmoty a rovnováha množství organické hmoty závisí na vzájemném působení pěti faktorů: podnebí, utváření krajiny, textura, vstupní látky a narušení půdy (Schjonning 2004).

Pokud půda neplní jednu nebo více ze svých základních funkcí, dochází ke snížení úrodnosti, využitelnosti půdy a snižují se také ekologické funkce půdy, tento proces je nazýván jako degradace půdy (Brtnický et al. 2012, Brožík 2006). Mezi hlavní degradační faktory na území České republiky patří ztráta organické hmoty, zhutnění, acidifikace a převážně působení eroze (Sáňka 2011).

Potenciální ohroženost zemědělské půdy erozí ovlivňují nejen klimatické vlivy a členitost terénu, ale také typy půd, z nichž některé jsou vzhledem ke své zrnitosti a struktuře ohroženější než jiné. Obecně lze říci, že půdy s vyšším podílem jílu jsou odolnější k erozi, než půdy písčité. Význam ochrany půdy před erozí má i obsah organické složky, čím je větší, tím se půda stává odolnější před účinky eroze. Roli hraje i kompaktnost půdy a obsah vody (Němeček et al. 2011).

Každý zásah do krajiny by měl být pečlivě zvažován, protože poškozená půda vyžaduje rekultivaci trvající stovky let. Snažme se půdu chránit a pečovat o ni.

## **2. Úvod do problematiky**

Půda jako přírodní zdroj je ve své podstatě vyčerpatelným a poškozitelným zdrojem. Vznikala dlouhodobě, jako součást Země za velmi složitých pedologických procesů. Její rozlohu a tvorbu můžeme s ohledem na délku lidského života považovat prakticky za ukončenou. Člověk a lidská společnost ve vztahu k půdě působí vlastně jako faktor, který půdu omezuje a devastuje (Volný 1982).

### **2.1. Kvalita půdy**

Klíčovým faktorem kvality půdy je půdní organická hmota. Přímou nebo nepřímou ovlivňuje mnoho fyzikálních, chemických a biologických vlastností, které kontrolují produktivitu půdy a její odolnost vůči degradaci (Schjonning 2004).

Ochrana kvality půdy, stejně jako ochrana vzduchu a kvality vody, musí být základním cílem národní politiky životního prostředí. Jednou z definic kvality půdy podle Dorana a Parkina (1994) je kvalita půdy chápána jako schopnost půdy fungovat v hranicích ekosystému a udržovat jeho produktivitu, zajišťovat kvalitu prostředí a podporovat zdravý vývoj rostlin a živočichů. Kvalitní zdravá půda musí mít schopnost chránit kvalitu životního prostředí, podporovat produktivitu rostlin a živočichů a neohrožovat zdraví lidí (Šarapatka et al. 2002).

### **2.2. Degradace půdy**

Degradace půdy je proces, při kterém dochází ke snížení úrodnosti, využitelnosti půdy a snižují se její ekologické funkce. (Brožík 2006)

Degradace půdy je každé vratné nebo nevratné poškození kvality a zdraví půdy, lze tedy říci že:

- vše co snižuje kvalitu/zdraví půd lze označit za degradaci,
- pokud půda neplní některou ze základních funkcí, došlo k její degradaci (Lal 1998).

Nejdůležitějšími degradačními druhy jsou: vodní a větrná eroze, zasolení, zamokření, zhutnění, desertifikace, urbanizace a těžba surovin. Pojem degradace vypovídá o nepříznivých změnách v koloběhu živin a organické hmoty v půdě, o změnách v struktuře, textuře, resp. o nepříznivých změnách chemických, fyzikálních a biologických vlastností půdy (Janeček et al. 2008).

Dělení degradace půdy máme několik, nejzákladnější je dělení na přirozenou například působením vnějších podmínek jako klima, povětrnostní a vodní podmínky, půdotvorné procesy, pozvolné změny textury, vymývání látek, přesun koloidů v profilu, změny v množství a složení půdních mikroorganismů) nebo degradaci antropogenní, která je způsobována činností člověka, například špatnými závlahami, pěstováním plodin s mělkými kořeny, odlesňováním apod. (Brtnický et al., 2012).

Hlavními mechanismy degradace půdy jsou dnes již téměř vždy spjaty s činností člověka. Obecně jde o tyto příčiny:

- odstranění vegetace (deforestace a deflorizace),
- nadměrné využití (exploatace) vegetace,
- zemědělské postupy,
- nadměrná pastva,
- průmyslové technologie (Šarapatka et al. 2002; Šimek 2004).

Mezi hlavní degradační procesy podle Várallyay (1994) patří:

- eroze půdy (vodní, větrná),
- acidifikace,
- salinizace a alkalizace,
- degradace fyzikálních vlastností (struktury, utužení, křusta na povrchu),
- extrémní vodní režim (přemokření, zaplavení, sucho),
- kontaminace polutanty a změna pufrovací schopnosti (poškození sorpčního komplexu),
- biologická degradace (změna (snížení) organické hmoty, populace edafonu),
- biologická a abiotická imobilizace (vyplavování, změna obsahu živin).

Všechny tyto typy degradace spolu vzájemně souvisí; převažující typ degradace podmiňuje vznik dalších a vznikne tak řetězová reakce, kterou lze jen velmi obtížně zastavit a půdu navrátit do původního stavu. Záznamy o degradaci půdy erozí jsou staré více než 7000 let (Janeček et al. 2002).

Různými formami degradace je globálně postiženo na 2 miliardy hektarů půdy (15 % pevniny). Celosvětovým problémem je zvláště nevhodný zásah člověka, který způsobuje urychlení přírodních procesů (Oldeman 1994).

V České republice denně ubývá záborem půdy 15 ha zemědělské půdy, vodní erozí je poškozeno 1780 tis. ha (tj. 42 % ZPF – Zemědělský půdní fond), větrnou erozí

je potencionálně ohroženo asi 17 % ZPF a utužením 45 % ZPF, acidifikací různého stupně je postiženo 73 % ZPF, sucho ohrožuje asi 1 % ZPF a zamokření necelé 2 % ZPF (Brtnický et al. 2012).

### **2.3. Eroze půdy**

Slovo „eroze“ je latinského původu a je odvozené od slova „erodere“- rozhlodávat. V současné době se eroze definuje jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných částic působením vody, větru, ledu a jiných tzv. erozních činitelů. Pokud by erozní činnost neprobíhala, nevznikala by ani současná zemědělská půda (Janeček et al. 2002).

Podle intenzity je pak dělena na normální (přírozenou) erozi, je to činnost, kterou se neustále přetváří územní reliéf, probíhá za neporušených přírodních podmínek celkem pozvolna a nejčastěji nepozorovaně a neškodně (Bennet 1939; Cáblik, Jůva 1963). Naproti tomu se eroze může stát velmi výraznou a nebezpečnou v zemědělsky a lesnicky využívané krajině, kde je přírozený průběh eroze mnohonásobně zrychlen. Tímto jevem vzniká tzv. zrychlená eroze, při níž dochází k odnosu povrchových vrstev půdy rychlostí vyšší, než je rychlost přírozené tvorby půdy, čímž je zemědělská půda ochuzována o nejúrodnější část – ornici (Janeček et al. 2008; Cáblik, Jůva 1963).

Zrychlenou erozi způsobují například odlesňování a špatné hospodaření s lesy, nepříznivé zemědělství, nesprávné technické zásahy, nevhodné používání plodin a nevhodný způsob hospodaření na pozemcích (Podhrázská, Dufková 2005).

Transportované půdní částice a na nich vázané látky neohrožují jen zemědělské pozemky, ale např. znečišťují vodní zdroje, snižují průtočnou kapacitu toků, zhoršují prostředí pro vodní organizmy, zanášejí komunikace, povrchové kanalizace obcí apod. (Janeček et al. 2002). Množství plavenin ve vodních tocích vzrůstá se zvyšující se intenzitou eroze po nevhodných zásazích člověka. V České republice je erozí ohroženo přes 40 % zemědělsky obhospodařované půdy (Šarapatka et al. 2008).

Dle Vráblíkové a Vráblíka (2008) je působení eroze v současné době zesíleno:

- vytvořením příliš velkých polí na svazích,
- rušením hydrografických prvků v krajině (např. zatravnění údolnic),
- pěstováním plodin nedostatečně chránících povrch půd před erozí (kukuřice) na úkor víceletých pícnin a travinných porostů,
- zhutňováním půdy.



### **2.3.1. Druhy eroze**

Erozi je možné rozdělit na erozi vodní (akvatickou), větrnou (eolickou), ledovcovou (glaciální), sněhovou atd. podle různých erozních činitelů.

Eroze půdy má různé formy, které jsou rozděleny na základě průběhu eroze a následných škod způsobených odnosem půdy. Nejmírnější formou je tzv. plošná eroze, která se projevuje především na mírných svazích rovnoměrně po celém území. Plošná eroze vzhledem k mírnému sklonu nemusí být na první pohled patrná, ale v některých případech dochází k postupnému snižování profilu až na skalní podloží, tudíž následky mohou být katastrofální. Soustředěním plošného odtoku vzniká tzv. rýhová (výšková) eroze, která v napadeném půdním povrchu vytváří malé, avšak zřetelně patrné rýžky, které se postupně prohlubují (Šarapatka et al. 2002).

Dalším vývojovým stupněm je eroze výmolová (srážková). Nastává, jestliže srážkový odtok soustředěný ve větší a rychle tekoucí proudy, vymílá na svahových plochách hluboké výmoly a brázdy. Proudová (bystřinná) eroze vzniká v horských polohách s příkrými svahy, které jsou nedostatečně kryty vegetací. Je to nejzřetelnější stupeň vymílání zemského povrchu (Janeček et al. 2002).

Uvedené erozní formy nebývají v přírodě zpravidla ostře rozlišeny, nýbrž na sebe navzájem navazují, a to často bez zjevného přechodu (Cáblík, Jůva 1963).

#### **2.3.1.1. Vodní (fluviální) eroze**

Vodní eroze půdy působí mechanickou silou povrchové vody. Z agronomického hlediska znamená eroze fyzikální, chemickou a biologickou degradaci půdy, nenávratnou ztrátu zeminy, humusu a živin, ovlivnění mikrobiálního života a narušení, popřípadě zničení plodin. Intenzita vodní eroze koreluje s přívalovými dešti, délkou a sklonem svahu, vlastnostmi půdy, rostlinným krytem a působením člověka (Šarapatka et al. 2002).

Následky nadměrné půdní eroze pozorujeme i mimo zemědělské pozemky: dochází k zanášení komunikací, povrchové kanalizace obcí, příkopů, nadměrnému usazování sedimentů v přirozených i umělých vodních tocích a nádržích (Holý 1978).

V České republice se vodní eroze vyskytuje nejčastěji. Celkově je v ČR ohroženo vodní erozí přes 40 % zemědělských půd (Vopravil et al. 2010), což ukazuje, že jde o velmi vážný problém, kterému je zapotřebí se věnovat.

### **2.3.1.2. Větrná (eolitická) eroze**

Podstatou větrné eroze je působení větrného proudění na povrch půdy. Kinetickou energií větru dochází k rozrušování půdní hmoty. Za určitých okolností dochází k odnosu zeminy a následně k jejímu ukládání na zemědělském pozemku nebo mimo něj, při snížení poklesu energie vzdušného proudu (Holý 1978).

Nejvíce se větrná eroze projevuje na jaře, kde je půda po zimě bez vegetace a suchá (zvláště, po sněhem chudé zimě) (Cáblík, Jůva 1963).

Větrná eroze je spojena s odstraněním vegetace zpevňující půdu a tlumící rychlost větru při jejím povrchu. K tomuto dochází především při přeměně ploch původně trvale pokrytých vegetací na ornou půdu (Janeček et al. 2002). K výraznému nárůstu intenzity větrné eroze došlo v Čechách a na Moravě v období socialistické intenzifikace zemědělské výroby v padesátých letech, kdy vytvářením rozsáhlých půdních celků a likvidací krajinné zeleně vznikly velmi vhodné podmínky pro erozní činnost větru. Různým stupněm větrné eroze je v ČR potenciálně ohroženo 7,5 % zemědělské půdy (Janeček et al. 2008).

### **2.3.1.3. Sněhová (nivální) eroze**

Sněhová eroze odnáší při tání půdu stejně jako déšť (Favis-Mortlock 2005), oproti vodní erozi má však určitá specifika (Janeček et al. 2008), např. kinetická energie sněhových srážek, která působí na zemský povrch je zcela zanedbatelná (Bernsdorf 1995).

## **2.3.2. Příčiny eroze**

Erozi ovlivňují a podmiňují různí místní činitele, kteří rozhodují o jejím vzniku, průběhu a intenzitě. Mezi činitele, kteří ovlivňují erozi, patří: klimatické a hydrologické poměry (zeměpisná poloha, nadmořská výška, teplota aj.), geologické a půdní (textura a struktura, půdní typ a druh aj.), morfologické (sklon území, délka a tvar svahu, expozice), biologické a hospodářsko-technické poměry (poloha a tvar pozemku, střídání plodin). Činitele nikdy nepůsobí jednotlivě, vždy ve vzájemném seskupení, kdy může jeden z činitelů převládat a tím být rozhodující pro průběh a účinnost eroze (Berdna 2002).

Zrychlenou erozi ovlivňuje zejména odlesňování, které obnažuje původně chráněné svahové a horské polohy. Nevhodným umístěním a jednostranným pěstováním kultur, špatným agrotechnickým zpracováním půdy aj. (Berdna 2002).

Člověk má značný vliv na vznik a průběh erozních procesů. Je výrazným činitelem při vzniku zrychlené eroze a na erozní procesy působí přímo i nepřímo. V České republice se na vysokém erozním ohrožení orné půdy podílí zejména značné zornění zemědělské půdy, scelování pozemků v minulosti, likvidace krajinných prvků, podíl hospodaření na pronajaté půdě, pokles stavů hospodářských zvířat, změny v osevních plochách pěstovaných plodin a změny ve využívání krajiny směřující k neustálému úbytku zemědělské půdy (Soukup 2006).

### **2.3.3. Následky eroze a její vliv na vlastnosti půd**

Eroze půdy ochuzuje zemědělské půdy o nejurodnější část – ornici. Převážně zhoršuje fyzikální a chemické vlastnosti půd.

Mezi fyzikální vlastnosti, které eroze ovlivňuje, patří zejména struktura, textura, objemová hmotnost, vodní kapacita, pórovitost, infiltrační schopnost, ztráta příznivé hloubky pro vývoj kořenů aj. Vlivem eroze dochází jak ke kvantitativním změnám fyzikálních vlastností, tak i ke změnám vzájemných vztahů mezi jednotlivými půdními vlastnostmi (Janeček et al. 2002).

Transportované půdní částice a na nich vázané látky znečišťují vodní zdroje, zanášejí akumulární prostory nádrží, snižují, průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují prostředí pro vodní organismy, zvyšují náklady na úpravu vody a těžbu usazenin a velké povodňové průtoky poškozují budovy, komunikace, koryta vodních toků, apod. (Janeček et al., 2002)

Eroze negativně ovlivňuje i chemické vlastnosti půd, zejména snižuje obsah organické hmoty a humusu v půdě, v důsledku ztráty povrchové vrstvy půdy. Obnažuje podorničí s nízkou přirozenou úrodností a vyšší kyselostí, snižuje obsah minerálních živin v půdě hlavně dusík (N), fosfor (P), draslík (K) a hořčík (Mg) (Janeček et al. 2002; Frey et al. 1985).

V erozním smyvu bývá daleko větší obsah organických látek a živin než v půdě, která byla erodována, tudíž na akumulovaných plochách by měl být zaznamenán vyšší obsah těchto látek (Frey et al. 1985)

Ztráta organické hmoty má také vliv na efektivnost použití herbicidů. I když jsou aplikovány v doporučených dávkách, často herbicidy poškozují úrodu na erodovaných půdách s nižším obsahem organických látek. Výrobci herbicidů proto musejí dávkování přizpůsobit v závislosti na obsahu organických látek v půdě, tak aby mohly být bezpečně a efektivně využívány (Janeček et al. 2002).

Biologická degradace půd postižených erozí se projevuje hlavně jako důsledek snížení obsahu organické hmoty v půdě, zmenšení organického uhlíku a kvantitativním i kvalitativním úbytkem mikroorganismů a vlastně celého edafonu, což je nepřímý důsledek působení eroze (Lal 1994).

Frye et al. (1985) uvádí, že se erozí snižují hektarové výnosy přibližně o 15 % při odebrání 5 cm ornice (tj. přibližně 750 t/ha) a o 30 % při odebrání 15 cm svrchní vrstvy půdy (2 250 t/ha).

Eroze negativně ovlivňuje produkci plodin, mimo výše zmíněné jevy, také např.: vzniklé erozní rýhy a výmoly znesnadňují pohyb strojů po pozemcích, dále způsobuje ztráty osiv, sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin a celkově poškozují plodiny a kultury (Janeček et al. 2002).

Na území naší republiky je téměř polovina ploch orné půdy různým stupněm ohrožena erozí a vyžaduje důslednou protierozní ochranu. V našich podmínkách je protierozní ochrana zvláště nutná na svazích s mělce uloženým skalním podložím a s vysokým obsahem šterku. Následky zrychlené eroze zemědělských půd vážně ohrožují jejich úrodnost, včetně mnohamilionových škod v intravilánech měst a obcí, způsobovaných povrchovým odtokem a smyvem půdy ze zemědělských pozemků (Janeček et al. 2002).

Eroze, snižující produkční schopnost půd a urychlující jejich degradaci, má nejen ekonomický dopad na uživatele půdy, ale působí mimo hranice pozemků, které často převyšují škody na samotných pozemcích (Podhrázská, Dufková 2005).

#### **2.3.4. Protierozní opatření**

Systém protierozních opatření je velmi složitý a zabývají se jimi speciální vědecká i praktická pracoviště. V ČR je v současné době podle analýz Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy (VÚMOP), která od roku 2011 zjišťuje a shromažďuje data o erozních událostech na zemědělské půdě, ohrožena vodní erozí více než polovina zemědělské půdy (VÚMOP 2015). Degradace půdy za posledních 30 let výrazně zrychlila, proto je zapotřebí řešit ochranu půdy proti erozi (Ministerstvo zemědělství ČR).

Účelem těchto opatření je podle Janečka et al. (2002):

- chránit půdu před účinky dopadajících kapek deště
- podporovat vsak vody do půdy
- zlepšovat soudržnost půdy

- omezovat unášecí sílu vody a soustředěného povrchového odtoku
- neškodně odvádět povrchově odtékající vodu a zachycovat smytou zeminu

Je také potřeba respektovat zájmy majitelů a uživatelů pozemku, ochranu přírody, životního prostředí a tvorbu krajiny (Dostál et al. 2002).

Hlavní zásadou protierozní ochrany půdy je pěstování kultur a porostů s vysokým protierozním ochranným účinkem na sklonitých erozí ohrožených pozemcích. Především by neměla ohrožená půda erozí zůstat delší dobu bez dostatečného vegetačního pokryvu nebo posklizňových zbytků, zejména v době nejčastějšího výskytu přívalových dešťů, tzn. od května do září (Dostál et al. 2002).

#### **2.3.4.1. Navržení protierozního opatření proti vodní erozi**

Ochrana půdy před zrychlenou vodní erozí spočívá v organizačních, agrotechnických a technických opatřeních.

*Organizační opatření* je nejméně účinné opatření, které spočívá v delimitaci kultur zalesněním nebo zatravněním, změnou velikosti a tvaru pozemku, protierozním rozmístěním plodin a pásovém střídání plodin.

*Agrotechnická opatření* jsou již více účinná, spočívají ve zpracování půdy pomocí agrotechniky. Patří mezi ně: vrstevnicové obdělávání, meliorace podorničních horizontů, mulčování, výsev do ochranné plodiny, strniště a ponechání rostlinných zbytků na povrchu půdy, setí do hrubé brázdy, přerušované brázdění, stabilizace povrchu půdy.

*Technická opatření* jsou nejúčinnější opatření, ale také nejnákladnější. Mezi obecné protierozní zásahy patří: terasování, průlehy, terénní urovnávky, ochranné hrázky, příkopy, protierozní kanály, polní cesty s protierozním charakterem, protierozní nádrže, sanace strží a úvozů (Janeček et al. 2002; Šarapatka et al. 2002).

## **2.4. Letecké měřické snímky**

V práci bylo použito leteckých snímků za účelem analýzy erozních a akumulčních ploch.

Dálkový průzkum Země studuje, snímá a měří objekty a jevy v krajinné sféře bez přímého kontaktu s nimi. Obecně lze zde zahrnout problematiku snímkování, zpracování, vyhodnocení (analýzy) a výstupu distančně pořízených dat (Svatoňová, Lauerman 2010). Data poskytnutá metodami dálkového průzkumu Země pro

pedologické účely (nejčastěji k určování půdní vlhkosti, obsahu organických látek, barvy a mapování eroze) se používají letecké a družicové snímky (Pokorný, Prax 2004, Khel et al. 2009).

Letecké měřické snímkování z letadel umožňuje rychlý a bezkontaktní sběr geografických dat. Využití leteckého snímkování je vhodné zejména při zaměřování rozsáhlých územních celků nebo stavebních objektů. Velkým přínosem této metody je fakt, že při ní nedochází ke zjednodušení (generalizaci) povrchu, jak tomu je u klasického geodetického zaměření. Srozumitelnost a přehlednost i pro laickou veřejnost je velkou předností leteckého snímkování. Umožňuje zaměřovat nebezpečné a těžko přístupné lokality (G4D s.r.o. 2013).

Kvalita leteckých snímků je ovlivňována vegetační pokrývkou, proto je vhodné pořizovat snímky v době bez vegetačního krytu. Mezi výhody leteckých snímků patří zejména rychlost a přesnost zaznamenání povrchu na snímku při relativně nízkých nákladech na jejich pořízení a následnou interpretaci v porovnání s pozemním měřením. Interpretace obrazu znamená obecně hodnocení (klasifikace) informací zachycených na snímcích. (Svatoňová, Lauerman 2010).

### **3. Cíl práce**

Cílem diplomové práce je:

1. Zhodnotit způsoby studia eroze půdy v černozemních oblastech jižní Moravy.
2. Na základě analýzy půdních vzorků z vybraných erozních a akumulčních ploch svahů potvrdit nebo vyvrátit použitelnost analogových leteckých měřičských snímků.
3. Nastínit možnosti plošného hodnocení erozních procesů v krajině.

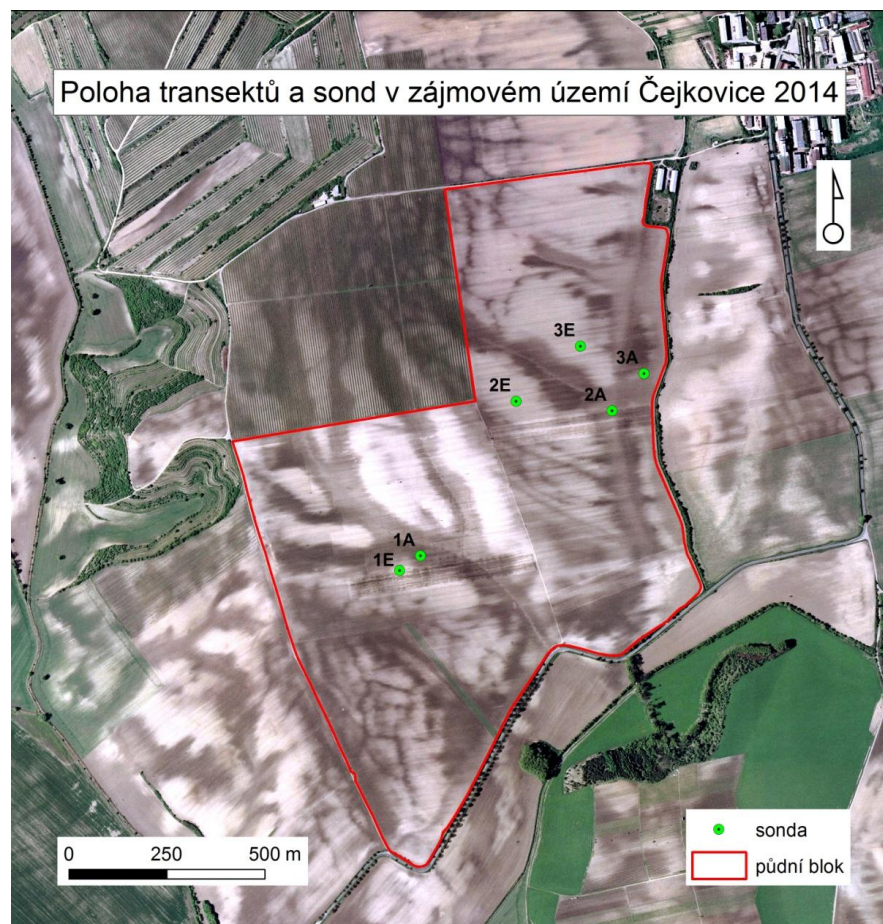
## 4. Materiál a metody

### 4.1. Modelové území

Modelové území bylo zvoleno na základě zřetelných přechodů akumulčních a erodovaných ploch, na zemědělsky intenzivně využívané půdě ve vztahu k erozi půdy. Obec Čejkovice se nachází 15 km od Hodonína a Břeclavi (asi 40 km od Brna). Zkoumané území leží jihovýchodně od obce Čejkovice.



Obr. 1: Lokalizace zájmového území v rámci ČR



Obr. 2: Plocha transektů a sond v zájmovém území Čejkovice 2014



#### **4.1.1. Obecná charakteristika území**

Hodnoty získané z neveřejného registru půd zájmového území:

*Půdní blok:* 8701/0 (mapový čtverec - 570 – 1190)

*Výměra:* 109,13 ha

*Kultura:* orná půda

*Režim EZ/PO:* konvenční hospodaření

*Uživatel:* Zemědělská a.s. Čejkovice (ID LPIS - 1663)

*Územní příslušnost:* Hodonín (BM)

#### **Geografické informace:**

*Průměrná nadmořská výška:* 216,49 m

*Průměrná sklonitost:* 4,40°

*Obvod:* 5837,78 m

*Expozice:* 359,05°

*Mapový čtverec:* 570-1190

*Mapový list:* 34-21-24

*Mapový list 1:5000:* Hustopeče 1-8

#### **Informace týkající se vody:**

*Vzdálenost od vody:* 0,12 m

*Překryv se svažitými pozemky:* 0,23 ha

*Odvodňovací zařízení:* 10,12 ha

*Plošné znečištění vod:* 109,13 ha

*Vhodnost zatravnění:* 2015-2020

*Výměra ve zranitelné oblasti:* 109,13 ha

Půdní blok je zařazen do nitrátové zranitelné oblasti, je zde zákaz hnojení typem N4 a zákaz hnojení pro hnojiva s rychle uvolněným dusíkem a minerálními hnojivy.

Protierozní opatření pro osevy mezi obdobími 1.1.2015 až 31.12.2015 (1.1.2014-31.12.2014 stejné opatření)

Z celkové výměry pozemku je erozně ohroženo 9,08 ha, zbylých 100,05 ha ohroženo erozí není. Na té části půdního bloku, na které se vyskytuje plocha mírně erozně ohrožených půd lze pěstovat plodiny tak, aby byly splněny následující podmínky:

Erozně nebezpečné plodiny kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, čirok a slunečnice mohou být pěstovány pouze s využitím půdoochranných technologií.

Dané území má specifické suché teplé klima (Šarapatka, 1996)

### **Geomorfologie:**

Čejkovice náleží ke geomorfologické oblasti Středomoravských Karpat. Nachází se na pomezí Ždánického lesa a Kyjovské pahorkatiny. Geologické podloží tvoří jílovce, pískovce a slepence ždánické jednotky (Jan, Štěpánek (eds.) et al. 1998).

### **Geologie a pedologie:**

Z geologického hlediska je území tvořeno sedimenty třetihor a čtvrtohor. Modelové území je intenzivně zemědělsky využíváno a je tvořeno černozemí typickou na hrubších spraších (Jan, Štěpánek (eds.) et al. 1998).

### **Černozemě**

Černozemě se vytvořily ze spraší, písčitých spraší a slínů intenzivní akumulací a kondenzací půdní organické hmoty, v podmínkách nepromytého vodního režimu. Původní vegetace byly stepi a lesostepi (Jandák et al. 2010).

Mezi základní pedogenetický proces patří černozemní humifikace a akumulace humusu. Mezi přeměnami organických látek bohatých na vápník, tj. mezi mineralizací a humifikací je rovnováha. Výsledkem je tmavý, různě mocný humusový horizont, který je typický pro černozemě a má velmi dobré fyzikální a chemické vlastnosti (Tomášek 2007, Prax, Pokorný 2004).

Pro půdní profil je charakteristický mocný, tmavě zbarvený humusový (černický) horizont, který zasahuje do hloubky někdy až 80 cm. Tento horizont se vyznačuje odolnou vodostálou půdní strukturou a je značně oživený (edafon). U černozemí na spraši je typický výskyt vápničných žilek (pseudomicelií), povlaků a konkrecí (bílé vápnitě agregáty – cicváry), vzniklých následkem migrace karbonátů profilem. (Vopravil et al. 2009).

K uvolňování tmavého humusového A-horizontu a její následné akumulaci dochází v důsledku nevhodných agrotechnických zásahů i osevních postupů a nevyhovujících sklonitostních poměrů. Tyto účinky posilují tzv. erozní smyv, při kterém dochází k uvolnění svrchní části horizontu (Netopil 2013). Na erodovaných místech vystupuje na povrch světlejší podpovrchový horizont s půdotvorným substrátem (spraší).

Tato skutečnost se projevuje i na leteckých snímcích, kde je evidentní zřetelný barevný přechod mezi erodovanými a akumulovanými plochami (viz. obr. 3). Převážně z tohoto důvodu bylo vybráno zájmové území právě na půdním typu černozem. Barevné přechody umožnily výběr míst odběru vzorků z map na erodovaných a akumulovaných místech. Tímto tedy můžeme potvrdit nebo vyvrátit použitelnost analogových leteckých měřičských snímků s analýzou odebraných půdních vzorků.



Obr. 3: Viditelné barevné změny mezi akumulací a erodovanými plochami na černozemi

#### 4.2. Odběr vzorků

Odběr vzorků proběhl v září roku 2014 v katastru obce Čejkovice (Jihomoravský kraj, okres Hodonín) na zemědělsky intenzivně obhospodařovaném bloku orné půdy, které je svou dispozicí erodováno či akumulováno. Primárním degradačním činitelem je zde zrychlená vodní eroze.

Vzorky byly odebírány v transektech protínající svahy postiženy erozí, pomocí zarážené sondy pro odběr neporušených vzorků Rammkernsonde, průměr 63 mm, za pomoci ručního vytahovacího zařízení a pohonem elektropneumatického kladiva, který zajišťovala elektrocentrála (Stitz 2014). Odebrány byly na šesti místech na základě analýzy leteckých snímků (ortofotomap) se zobrazenými erozními plochami a se zaměřením GPS navigací, do hloubky jednoho metru. Tři vzorky byly odebrány na místech, kde je půda erodována a tři vzorky na půdě akumulované.



Obr. 4: Odběr půdních vzorků pomocí zarážené sondy



Obr. 5: Plastové válce s odebranými vzorky

Vzorky byly v plastovém válci vyjmuty z kovového odběrového zařízení a dopraveny do laboratoře Katedry ekologie a ŽP Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Rozříznutím odběrného plastového válce byly získány vzorky půdy, které byly nejprve naskenovány, a poté rozděleny vždy na deset stejných dílů do předem popsaných igelitových sáčků. Vzorky byly v sušárně při teplotě 105 °C vysušeny a prosety na dvoumilimetrovém sítu.



Obr. 6: Odebrané vzorky půdy v igelitových sáčcích

### 4.3. Popis horizontů

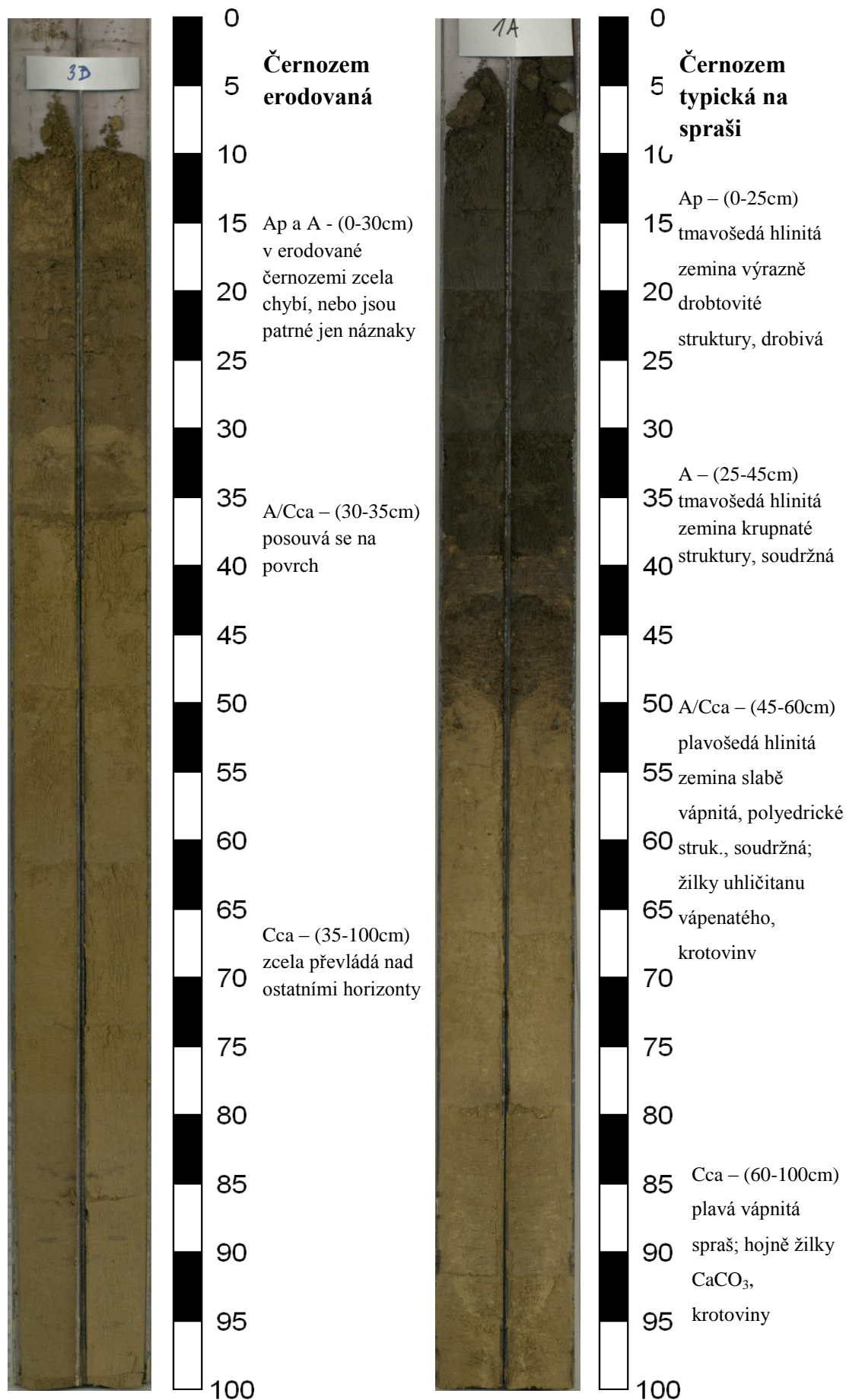
Po naskenování vzorků byl proveden jejich popis. Obr. 7 ukazuje erodované sondy, kde je humusový horizont výrazně smytý a převládá podorničí. Na obr. 8 jsou znázorněny půdní sondy odebrané na akumulovaných plochách. U vzorku 2A (uprostřed) je zřetelně vidět naakumulovaný humusový horizont, který převažuje v celé výšce odebraného vzorku. Na následující straně jsou detailně popsány dva vybrané horizonty.



Obr. 7: sondy z erodovaných částí



Obr. 8: sondy z akumulovaných částí



## 4.4. Analýza půdních vzorků

### 4.4.1. Stanovení organického uhlíku

Neoddělitelnou součástí půdy je její organický podíl, který tvoří neživá organická hmota a živé rostlinné a živočišné organismy.

Základním a nejdůležitějším rozbořem organické složky půdy je určení organického uhlíku a zásoby humusu, které určují půdní úrodnost (Dykyjová 1989).

Obsah humusu je v daném transformačním a transportním půdním systému většinou v rovnováze. Tento stav lze zvýšeným přístupem organických hnojiv upravit, avšak po omezení jejich přísunu se v relativně krátké době vrátí obsah organických látek na původní množství (Jandák et al. 2010).

Klasifikace dle Šarapatky dělí půdy podle obsahu humusu (v procentech hmotnosti) následovně:

Tabulka 1: Obsah humusu (Šarapatka 2014)

Půdy	lehké	střední
Bezhumózní	0	0
Slabě humózní	<1	<2
Středně humózní	1-2	2-5
Silně humózní	>2	>5

Po usušení a prosetí bylo naváženo 0,5 g půdního vzorku do Erlenmayerové baňky. K tomuto vzorku bylo pipetou přidáno 10 ml  $K_2Cr_2O_7$ , dále bylo do roztoku v zapnuté digestoři přidáno 20 ml  $H_2SO_4$ . Půda s roztokem chromsírové směsi byla nechána 1 hodinu stát, poté bylo přidáno 170 ml destilované vody, 2 ml koncentrované  $H_3PO_4$  a 7 kapek indikátoru o-fenantrolinu.

Takto připravený vzorek byl titrován 0,5 M Mohrovou solí pomocí byrety. Byl sledován barevný přechod indikující konec titrace z lahově zelené na hnědočervenou barvu, následně byla zapsána spotřeba. Stejným způsobem byl připraven Faktor Mohrovy soli. Nakonec byl proveden výpočet, pomocí kterého byly zjištěny hodnoty uhlíku a humusu v procentech (Zbiral et al. 2010).

#### 4.4.2. Stanovení pH

Hodnota pH má vliv na většinu chemických a biologických procesů v půdě. Z tohoto důvodu stanovené pH patří k základním požadavkům pro zjištění kvality půdy (Zbiral, et al. 2010).

Druhy půdní reakce:

*Aktivní reakce* je způsobena výskytem volných  $H^+$  iontů v půdním roztoku. Měří se nejčastěji ve vodném výluhu půdy a označuje se jako  $pH_{H_2O}$  (Šimek 2007).

*Výměnná půdní reakce* ( $pH/KCl$  nebo  $pH/CaCl_2$ ) je definována jako schopnost půdy měnit pH roztoků minerálních solí (elektrolytů). Je dána kationty vodíku, které jsou sorbovány půdními koloidy a které se mohou za určitých podmínek uvolnit do půdního roztoku a tím zvyšovat kyselost půdy (Pokorný et al. 2007).

Výměnná půdní reakce  $pH/CaCl_2$  byla použita při analýze vzorků.

Tabulka 2: Hodnocení půd podle výměnné půdní reakce (Pokorný et al. 2007)

Hodnota $pH/CaCl_2$	Hodnocení
do 4,5	silně kyselá
4,6 - 5,5	kyselá
5,6 - 6,5	slabě kyselá
6,6 - 7,2	neutrální
nad 7,2	alkalická

Pro stanovení pH bylo naváženo 5 g půdního vzorku a přidáno 50 ml extrakčního roztoku (chlorid vápenatý  $c(CaCl_2) = 0,01 \text{ mol/l}$ ). Roztok se nechal extrahovat na mechanické třepačce 60 minut. Po extrakci byl roztok ponechán 1 hodinu v klidu. Vzorky byly měřeny na pH metru ponořením elektrody do roztoku. Těsně před měřením byl vzorek lehce promíchán. Měří se, dokud se hodnota na pH metru neustálí. Před, a po každém měření, byla elektroda propláchnuta destilovanou vodou. Hodnoty byly zapsány (Zbiral, et al. 2010).

#### 4.4.3. Kvantitativní stanovení obsahu uhličitánů volumetricky

Podstata stanovení uhličitánů spočívá v jejich snadném rozkladu kyselinou podle rovnice:  $CaCO_3 + MgCO_3 + 4 HCl = CaCl_2 + MgCl_2 + 2 CO_2 + 2 H_2O$ . Čím více je v půdě uhličitánů, tím větší množství  $CO_2$  se uvolní a reakce je intenzivnější. Obsahuje-li půda více než 0,3 % uhličitánů, je zásoba uhličitánů v půdě dostačující a není nutné vápnit (Vinter 2013).



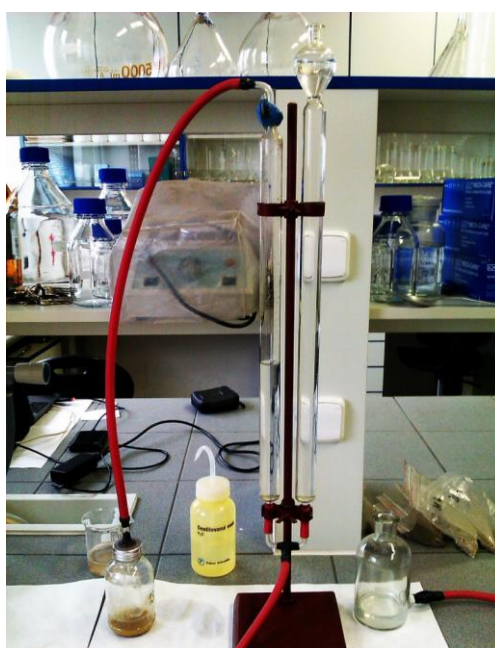
Principem kvantitativního stanovení obsahu uhličitánů volumetricky je, že se uhličitany rozkládají kyselinou chlorovodíkovou v půdě. Objem uvolněného oxidu uhličitého je úměrný obsahu uhličitánů ve vzorku.

Nejprve byla provedena orientační zkouška, která slouží k zjištění množství navážky vzorku půdy v gramech. Do mělké porcelánové misky s kyselinou chlorovodíkovou se přidal asi 1 gram půdního vzorku. Podle intenzity vývinu plynů a doby, po kterou dochází k jejich uvolňování, se určí přibližný obsah uhličitánů podle tabulky (Zbírál, et al. 2010).

Tabulka 3: Orientační určení obsahu uhličitánu v půdě (Zbírál, et al. 2010)

Vývin plynů	Obsah uhličitánů (%(m/m)CaCO <sub>3</sub> )	Hodnocení AZPP (%(m/m)CaCO <sub>3</sub> )
Žádný nebo téměř žádný	méně než 0,3	0
Slabý	0,3 – 1	1
Zřetelný	1 – 5	2
Intenzivní a dlouhotrvající	více než 5	3

Do širokohrdlé nádoby byl podle orientační zkoušky navážen vzorek (většinou 4 g), do něj bylo přidáno 20 ml destilované vody a po utěsnění a napojení na Jankův vápnoměr bylo přidáno 7 ml zředěné kyseliny chlorovodíkové ( $c(\text{HCl}) = 4 \text{ mol/l}$ ). Obsah nádoby byl postupně promícháván až do ukončení vývinu oxidu uhličitého. Uvolněný objem byl na Jankově vápnoměru odečten. Stejným způsobem byl připraven slepý vzorek (Zbírál, et al. 2010).



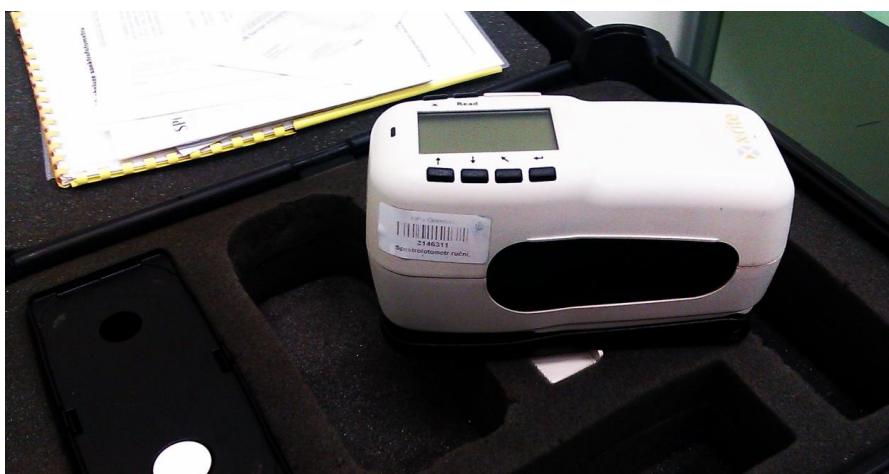
Obr. 9: Jankův vápnoměr

#### 4.4.4. Barva půdy a spektrální fotometrie

Barva půdy je jednou z důležitých půdních vlastností, i když je pro lidský zrak značně subjektivní. Bývá indikátorem fyzikálních, chemických a biologických půdních vlastností či půdních procesů (Viscarra et al. 2006). Barva půdy se v ploše i s hloubkou půdního profilu přirozeně mění. Určení barvy pomocí spektrofotometrie představuje alternativní přístup ve srovnání s klasickými metodami (Munsellovy tabulky) (Rothwell 2006).

Barva může být zajímavým ukazatelem některých obecných půdních vlastností, stejně jako nám může prozradit některé chemické procesy, které v ní probíhají (např. braunifikace = hnědnutí, leucinizace = vybělení, glejizace apod.). Barva je rovněž jedním z hlavních 9 morfologických znaků, které nám pomáhají odlišit jednotlivé půdní horizonty. Charakteristická barva rovněž dala název některým půdám (černozem, hnědozem, šedozem, andozem apod.) (Vlček 2013).

Pomocí přenosného spektrálního fotometru SP62 od firmy X-RITE bylo měřeno odrazené spektrum půdních vzorků, které byly v igelitových sáčcích po 40ti gramech. Každý vzorek byl měřen třikrát, a přístroj hodnoty zprůměroval. Spektrální fotometrie využívá absorbování (pohlcování) nebo odraz světla určité vlnové délky. Čím je vzorek světlejší (nad 60 %), tím více se světlo odráží a naopak čím je tmavší (kolem 50 %), tím více se absorbuje. Měřený rozsah je 0 % - 200 % reflektance (schopnost odrazu).



Obr. 10: Spektrofotometr s příslušenstvím pro kalibraci a vyhodnocení měření

#### 4.4.5. Stanovení zrnitostního složení

Zrnitostním složením, kterým se rozumí rozdělení velikostí zrn, je jednou z nejdůležitějších základních půdních charakteristik. Spolu s dalšími charakteristikami

ovlivňuje řadu fyzikálních a chemických vlastností, mimo jiné i úrodnost půdy. Tvar a velikost zrn jsou dány velikostí minerálů v matečných horninách, velikostí zrn novotvarů a průběhem fyzikálního a chemického zvětrávání. S klesající velikostí zrna se při stejném celkovém objemu rychle zvětšuje počet zrn a jejich povrch.

Zrnitostní složení půdních vzorků zpracovala organizace: Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy v Bratislavě.

Půdní částice se dispergují varem s alkalickým roztokem  $(\text{NaPO}_3)_6$ . Vzniklá suspenze se po zředění na jednotný objem 1000 ml promíchá a nechá volně sedimentovat. K vlastnímu stanovení byla použita pipetovací metoda. Po uplynutí příslušného času rovnajícího se době usazování částic určité maximální velikosti se z dané hloubky odpipetuje konstantní objem suspenze do zvážené nádoby. Po odpaření a vysušení se novým vážením zjistí hmotnost příležitostné zrnitostní frakce (Zbiral, et al. 2010).

## 5. Výsledky

Pro zhodnocení míry eroze na zemědělsky intenzivně obhospodařované půdě byl absolvován terénní průzkum spojený s odběrem neporušených půdních vzorků a jejich následnou analýzou vybranými chemickými a fyzikálními metodami, blíže viz. kapitoly 4.2, 4.3, 4.4.

Výsledná data měla za cíl potvrdit nebo vyvrátit použitelnost analogových leteckých měřičských snímků a data získaná z disertační práce pana Mgr. Netopila, který ve své práci toto zájmové území hodnotí.

### 5.1. Hodnocení eroze v modelovém území s využitím půdních vzorků

Půdní sondy byly odebrány na šesti místech z transektu kolmého na svah, tři v místech erozí postižené plochy a tři v akumulární ploše. Cílem bylo ukázat, jak erozní proces degraduje dané území směrem do hloubky. Na erodovaných plochách bylo patrné pouhým okem, že zde prakticky neexistuje humusový A-horizont a na povrch se dostává půdotvorný horizont (spraš).

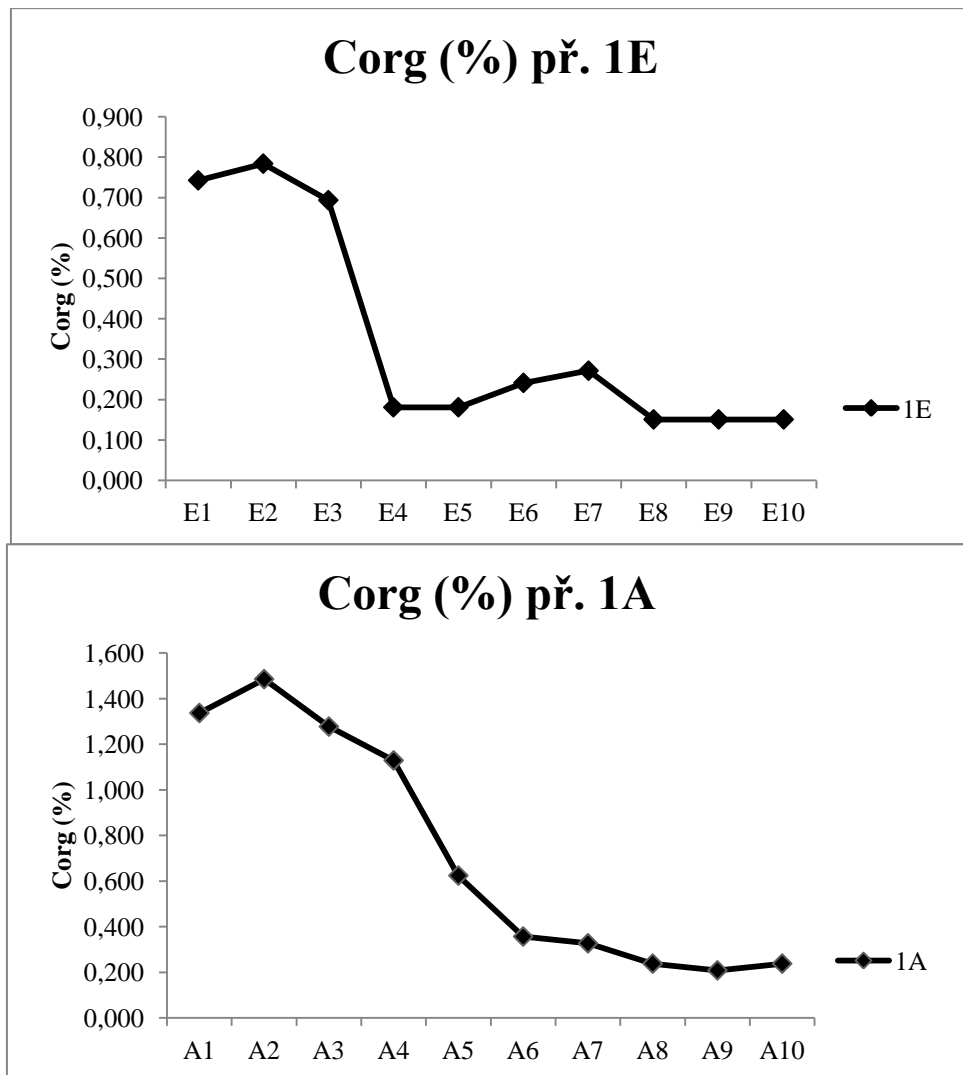
Výsledky rozborů vzorků byly statisticky vyhodnoceny formou tzv. box plotů (krabicových grafů) v aplikaci Excel. Diagram zobrazuje data ve tvaru obdélníkové krabice, jehož okraje tvoří hranici prvního a třetího kvartilu a dvou úseček, které značí maximum a minimum. Obdélník je rozdělen mediánem (plná čára) na dvě části, který dělí řadu vzestupně seřazených výsledků na dvě stejně početné poloviny (Peltier 2011).

Vzorky byly zprůměrovány a srovnávány byly vždy sondy s převažující erozí (E) a s převažující akumulací (A) bez ohledu na hloubku půdního profilu. Dále byly srovnávány erozní a akumulární plochy se závislostí na hloubce půdního profilu, kde byly vyčleněny dvě hloubkové kategorie na základě měnících se vlastností povrchového horizontu. Hloubková kategorie byla stanovena u akumulárních vzorků v hloubce 0-40 cm, kam patří vzorky půdy označeny A1–A4 a v hloubce 40-100 cm, s půdními vzorky A5–A10. U erozních horizontů byl půdní profil rozdělen na 0-30 cm (E1–E3) a 30-100 cm (E4–E10) viz. Obr 11.

A1 - A4 (0-40 cm)	C [%]	1.1	E1 - E3 (0-30 cm)	C [%]	0.6
	uhlíčitany [%]	4.4		uhlíčitany [%]	17.1
	pH/CaCl <sub>2</sub>	7.6		pH/CaCl <sub>2</sub>	7.8
	reflektance [%]	51.5		reflektance [%]	59.8
A5 - A10 (40-100 cm)	C [%]	0.4	E4 - E10 (30-100 cm)	C [%]	0.2
	uhlíčitany [%]	13.6		uhlíčitany [%]	15.9
	pH/CaCl <sub>2</sub>	7.8		pH/CaCl <sub>2</sub>	7.8
	reflektance [%]	62.9		reflektance [%]	64.8

Obr. 11: Průměrné hodnoty vybraných vlastností akumulčních a erozních ploch v rámci studovaného území. Zvýrazněné plochy znázorňují hranici hloubek profilů na základě půdních vlastností. (Šarapatka et al. 2015, upraveno)

Obrázky č. 12 a 13 znázorňují změnu půdních vlastností konkrétně obsahu uhlíku, podle kterého bylo stanoveno rozdělení hloubek půdního profilu pro statistické zpracování. V obr. č. 12 v erodovaných plochách je patrný velký pokles naměřených hodnot mezi hloubkami 30-40 cm (E3-E4). Rozdělení akumulované plochy je znázorněné v obr. č. 13, kde je evidentní rozdíl mezi hloubkou 40 – 50 cm (A4-A5).



Obr. 12 (a;b): Znázornění rozdělení hloubek podle půdních vlastností na příkladu obsahu uhlíku 1E a 1A

Naměřené hodnoty u humusu resp. organického uhlíku statistickým srovnáním potvrdilo předpoklad, že v erozi zasaženém profilu, díky smytému humusovému horizontu a převládající spraši jsou hodnoty výrazně nižší (medián bez závislosti na hloubce půdního profilu 0,37 % humus, 0,21 % org. uhlík a v závislosti na hloubce 0-30 cm 1,06 % humus a 0,62 % org. uhlík, 30-100 cm 0,34 % humus a 0,2 % org. uhlík), naopak u akumuláční ploch vyšší (medián bez závislosti na hloubce 0,81 % humus, 0,47 % org. uhlík a v závislosti na hloubce 0-40 cm 1,95 % humus a 1,13 % org. uhlík, 40-100 cm 0,68 % humus a 0,39 % org. uhlík). Maximální hodnota obsahu humusu na erozní ploše činila 1,26 % (0,73 % organický uhlík), na akumulované ploše

max. 1,99 % (1,15 % org. uhlík). Velmi nízký podíl humusu byl naměřen na silně degradovaném profilu erozní plochy. Minimum činilo na erodované ploše 0,31 % humusu (0,17 % org. uhlíku), na akumulované 0,62 % humusu (0,36 % org. uhlíku).

Naměřené hodnoty pH byly ve všech horizontech prakticky stejné. Potvrdilo se zde, že u černozemí jsou uhličitany, které ovlivňují pH, vyplaveny do hlubších vrstev. Medián pro pH bez závislosti na hloubce byl 7,79 u erodovaných poloh (dále jen E) a 7,76 u akumulovaných poloh (dále jen A). Medián pro pH v horizontu 0-30 cm (E) 7,75; 30-100 cm (E) 7,83 a v horizontu 0-40 cm (A) 7,58; 40-100 cm (A) 7,82. Maximum pH u erozních ploch 7,9; u akumulčních ploch 7,89. Minimum (E) 7,74; (A) 7,54.

Obsah uhličitánů byl výrazně vyšší v erodovaných vzorcích než v akumulovaných. Medián u (E) v celém profilu byl 17 % a u (A) 11,1 %. Medián v hloubce 0-30 cm (E) 17,2 %, v 30-100 cm (E) 14,7 % a 0-40 cm (A) 4,2 %, 40-100 cm (A) 13,7 %. Pro erodované max. 19,5 %, min. 14,1 %, pro akumulované plochy bylo max. 16,3 % a min. 3,9 %. Pro horizont 0-30 cm (E) max. 17,25 %, min. 17 %; 30-100cm (E) max. 19,5 %, min. 14,1 %; 0-40cm (A) max. 5,4 %, min. 3,9 % a 40-100 cm (A) max. 16,25 %, min. 10,4 %.

Hodnocení půdního profilu spektrální fotometrií mělo za cíl objektivně postihnout kolorimetrické vlastnosti půdních vzorků. Vyšší absorbancí se projevilo tmavé zbarvení a nižší reflektancí emitované záření viz. kapitola 4.4.4. Tyto pravidla se také projevila ve výsledcích, kde jsou patrné rozdíly erozních a akumulčních ploch, kde u erozních převládají světlejší vzorky (s podílem spraše, čistá spraš v C-horizontu), tím se mění podíl pohlceného a odraženého světla. Medián u (E) v celém profilu byl 64,7 % a u (A) 61,48 %. Medián v hloubce 0-30 cm (E) 59,74 %, v 30-100 cm (E) 64,94 % a 0-40 cm (A) 51,83 %, 40-100 cm (A) 62,82 %. Pro erodované max. 65,43 %, min. 58,65 %, pro akumulované plochy bylo max. 64,95 % a min. 49,95 %. Pro horizont 0-30 cm (E) max. 60,88 %, min. 58,65 %; 30-100 cm (E) max. 65,43 %, min. 63,89 %; 0-40 cm (A) max. 52,43 %, min. 49,95 % a 40-100 cm (A) max. 64,95 %, min. 61,40 %.

Dále byly srovnávány hodnoty jednotlivých zrnitostních frakcí (F1-F5). Všechny frakce jsou charakteristické minimálním rozptylem hodnot a častými extrémy. U frakce F1 (2-0,25 mm) byly naměřeny hodnoty pro (E): medián 0,79 %; max. 1,4 %; min. 0,19 % a pro (A) hodnoty: medián 0,81 %; max. 2,16 %; min. 0,27 %. Medián v hloubce 0-30 cm (E) 1,23 %, v 30-100 cm (E) 0,52 % a 0-40 cm (A) 1,04 %,

40-100 cm (A) 0,64 %. Pro horizont 0-30 cm (E) max. 1,44 %, min. 0,799 %; 30-100 cm (E) max. 1,33 %, min. 0,19 %; 0-40 cm (A) max. 2,16 %, min. 0,93 % a 40-100 cm (A) max. 0,87 %, min. 0,27 %.

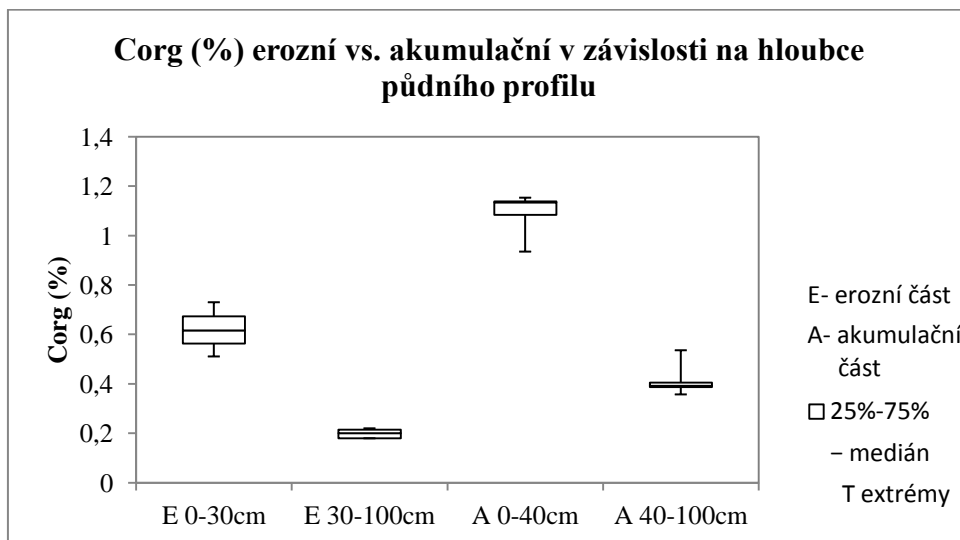
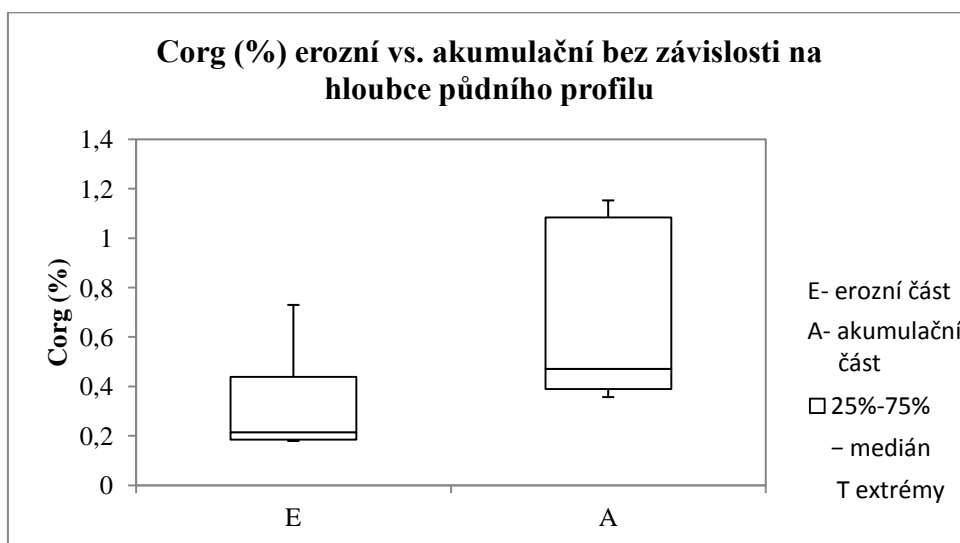
Hodnoty frakce F2 (0,25-0,05 mm) jsou: pro (E) medián 22,45 %; max. 26,29 %; min. 12,8 % a pro (A) hodnoty: medián 16,91 %; max. 26,7 %; min. 13,03 %. Medián v hloubce 0-30 cm (E) 18,49 %, v 30-100 cm (E) 23,59 % a 0-40 cm (A) 17,09 %, 40-100 cm (A) 16,91 %. Pro horizont 0-30 cm (E) max. 26,08 %, min. 15,99 %; 30-100 cm (E) max. 26,29 %, min. 12,82 %; 0-40 cm (A) max. 21,73 %, min. 13,98 % a 40-100 cm (A) max. 26,70 %, min. 13,03 %.

U frakce F3 (0,05-0,01 mm) jsou rozptýly hodnot celkem velké s minimem extrémů. Hodnoty pro (E): medián 45,99 %; max. 52,41 %; min. 42,35 % a pro (A) hodnoty: medián 46,92 %; max. 50,44 %; min. 42,46 %. Medián v hloubce 0-30 cm (E) 45,16 %, v 30-100 cm (E) 46,84 % a 0-40 cm (A) 45,73 %, 40-100 cm (A) 47,18 %. Pro horizont 0-30 cm (E) max. 50,27 %, min. 42,71 %; 30-100 cm (E) max. 52,41 %, min. 42,35 %; 0-40 cm (A) max. 48,58 %, min. 43,91 % a 40-100 cm (A) max. 50,44 %, min. 42,46 %.

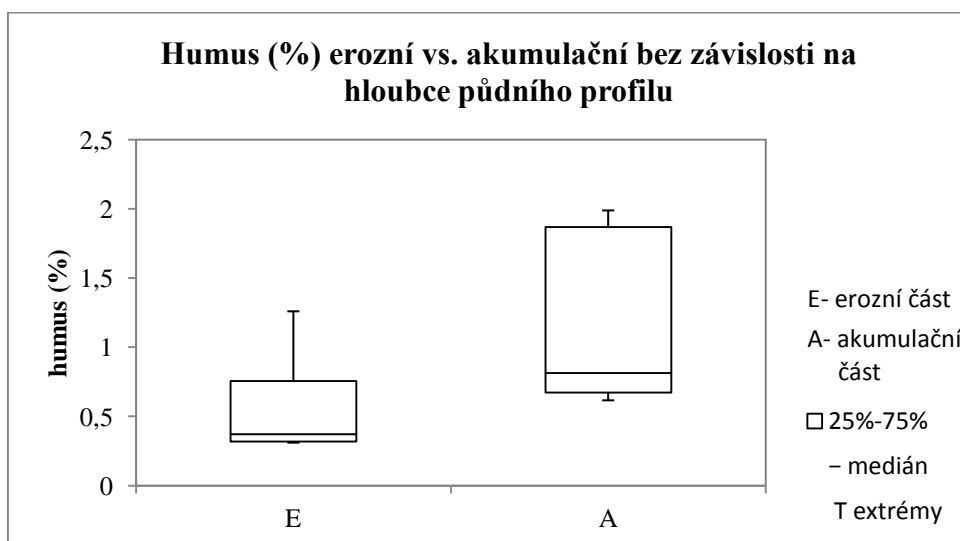
U frakce F4 (0,01-0,001 mm) jsou časté větší rozptýly hodnot i extrémů. Hodnoty v kategorii F4 pro (E) jsou: medián 15,19 %; max. 19,14 %; min. 13,38 % a pro (A) hodnoty: medián 17,87 %; max. 21,19 %; min. 14,30 %. Medián v hloubce 0-30 cm (E) 16,79 %, v 30-100 cm (E) 14,85 % a 0-40 cm (A) 16,68 %, 40-100 cm (A) 18,43 %. Pro horizont 0-30 cm (E) max. 18,56 %, min. 16,36 %; 30-100 cm (E) max. 19,14 %, min. 13,38 %; 0-40 cm (A) max. 18,01 %, min. 15,21 % a 40-100 cm (A) max. 21,19 %, min. 14,30 %.

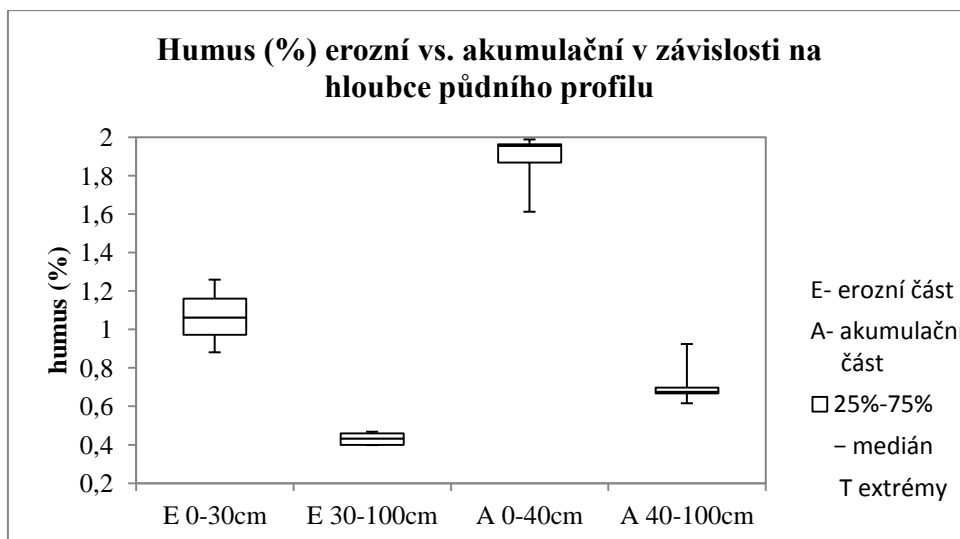
U frakce F5 (<0,001 mm) jsou charakteristické větší rozptýly hodnot a časté extrémů. Hodnoty pro (E): medián 15,56 %; max. 16,35 %; min. 13,62 % a pro (A) hodnoty: medián 16,81 %; max. 20,09 %; min. 15,81 %. Medián v hloubce 0-30 cm (E) 16,14 %, v 30-100 cm (E) 15,44 % a 0-40 cm (A) 18,53 %, 40-100 cm (A) 16,29 %. Pro horizont 0-30 cm (E) max. 16,35 %, min. 13,62 %; 30-100 cm (E) max. 15,88 %, min. 14,01 %; 0-40 cm (A) max. 20,09 %, min. 17,28 % a 40-100 cm (A) max. 17,59 %, min. 15,81 %.



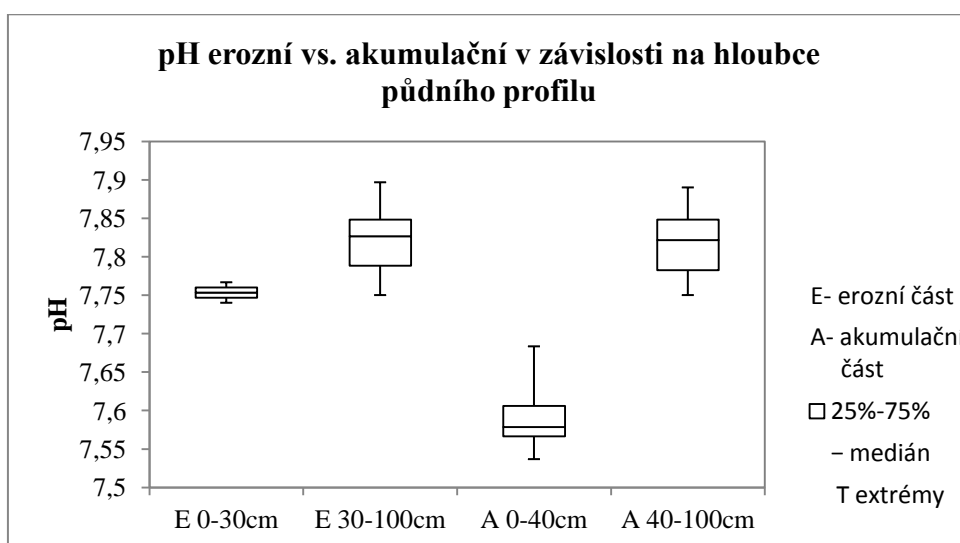
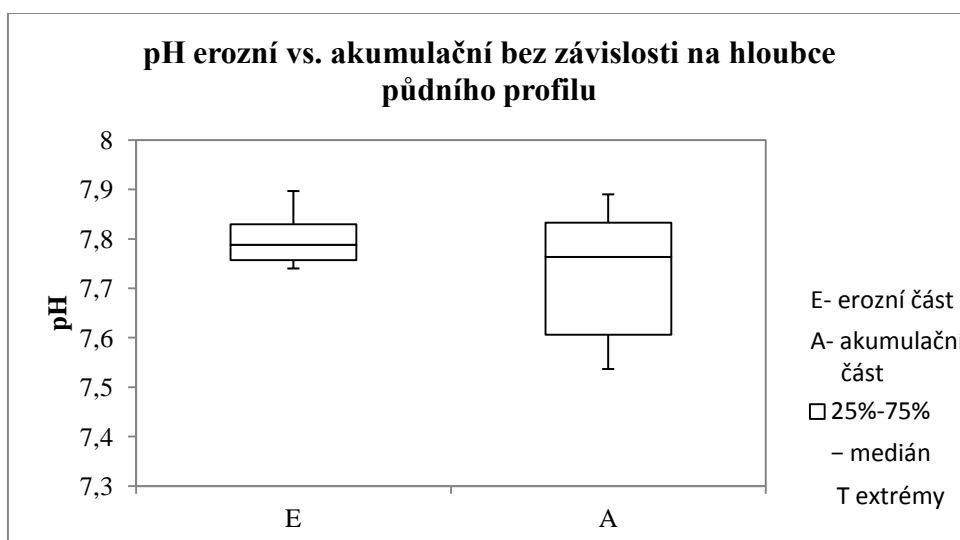


Obr. 13 (a;b): Statistické znázornění obsahu organického uhlíku (%) erozní vs. akumulární plochy (E/A), 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu

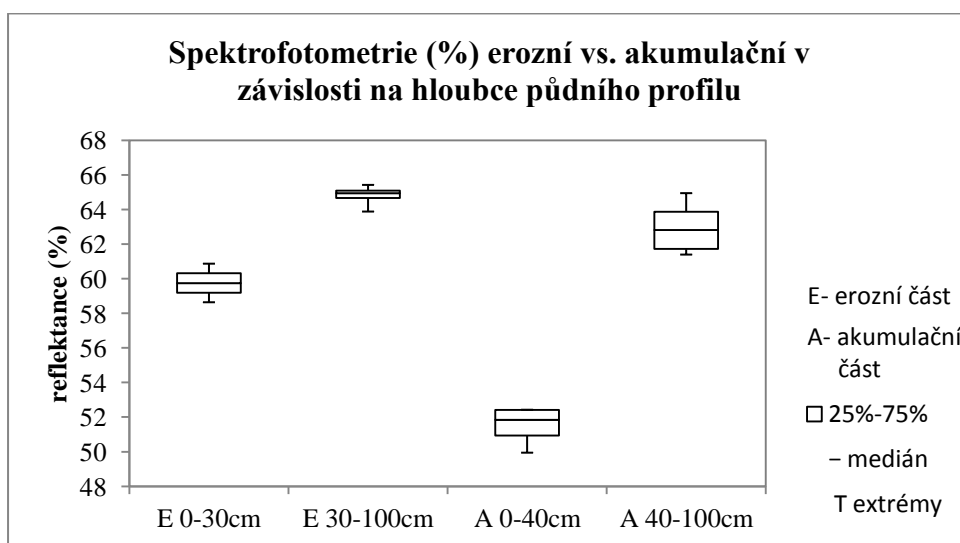
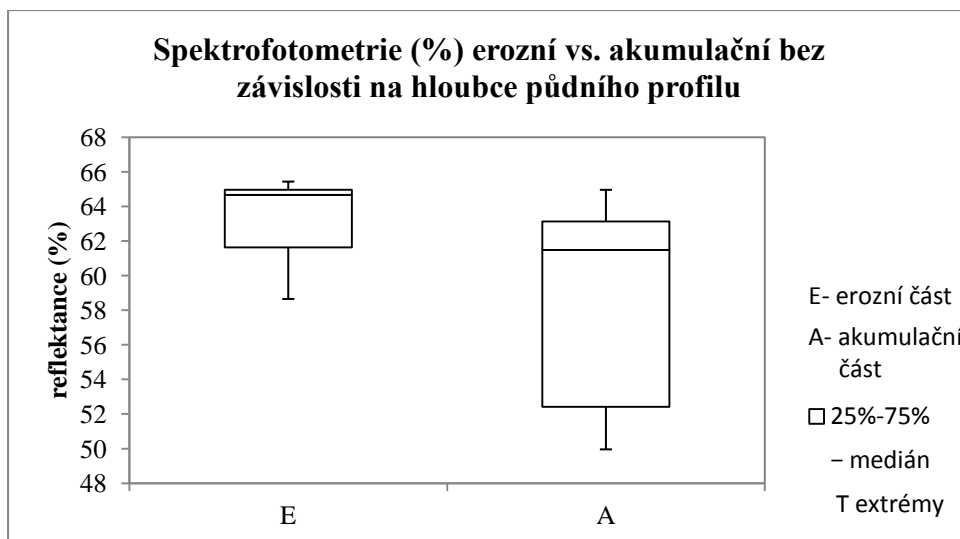




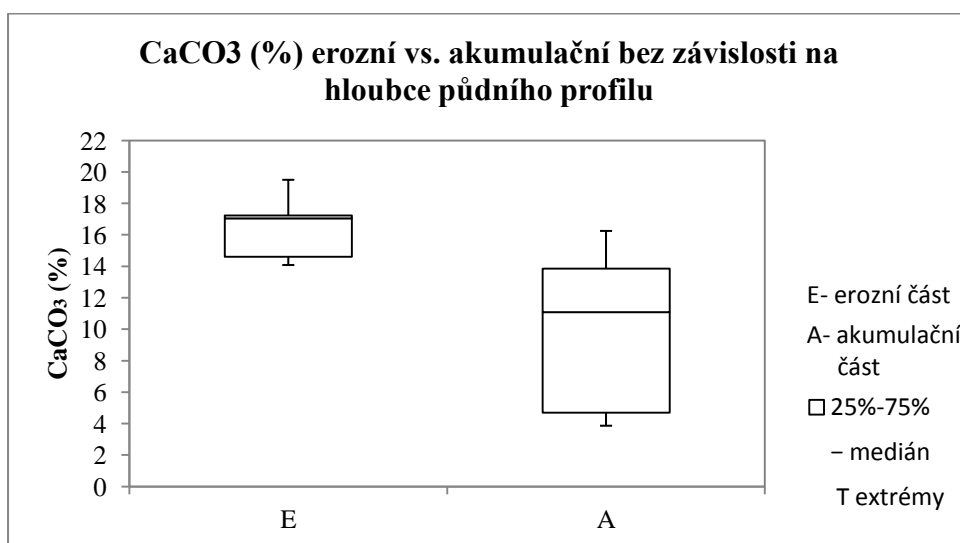
Obr. 14 (a;b): Statistické znázornění: obsahu humusu (%) erozní vs. akumulární plochy (E/A) 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu

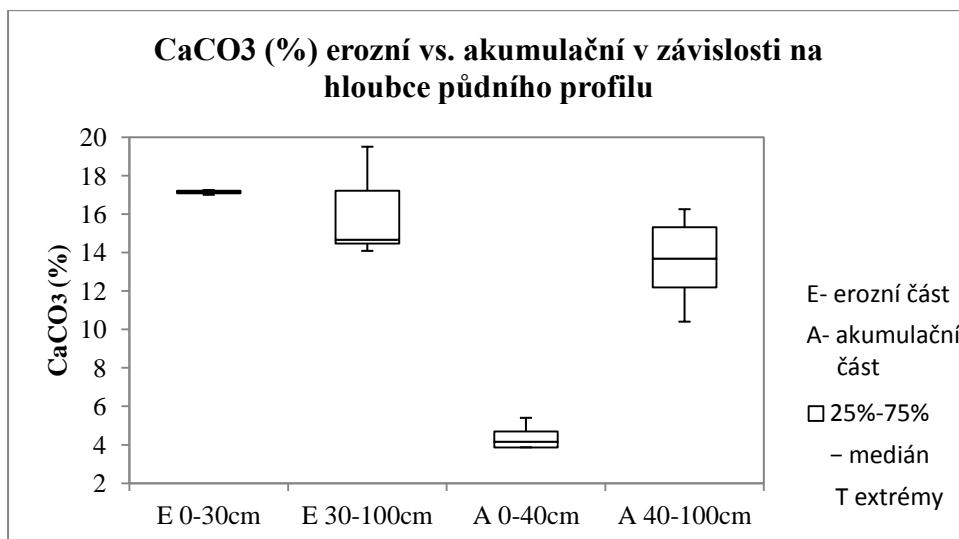


Obr. 15 (a;b): Statistické znázornění pH erozní vs. akumulární plochy (E/A) 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu

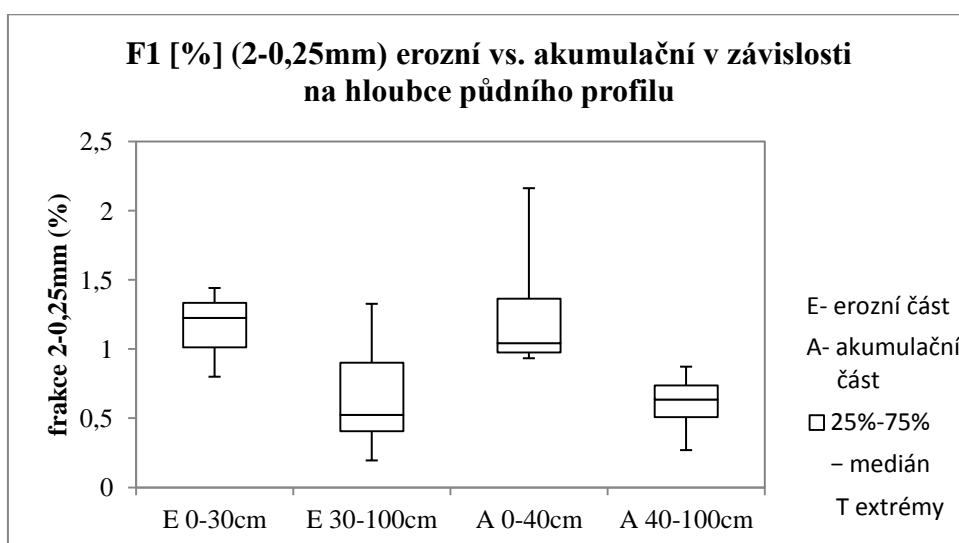
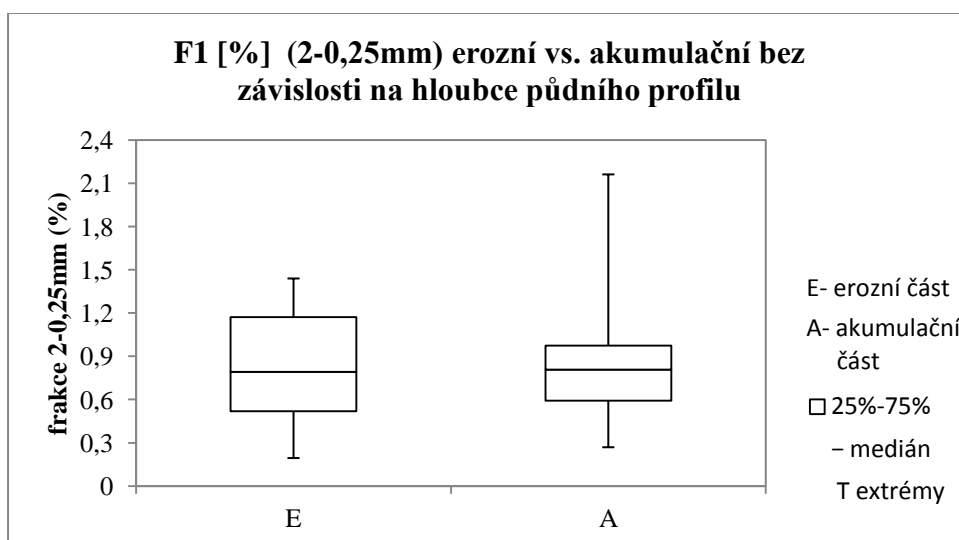


Obr. 16 (a;b): Statistické znázornění spektrofotometrie erozní vs. akumulární plochy (E/A) 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu

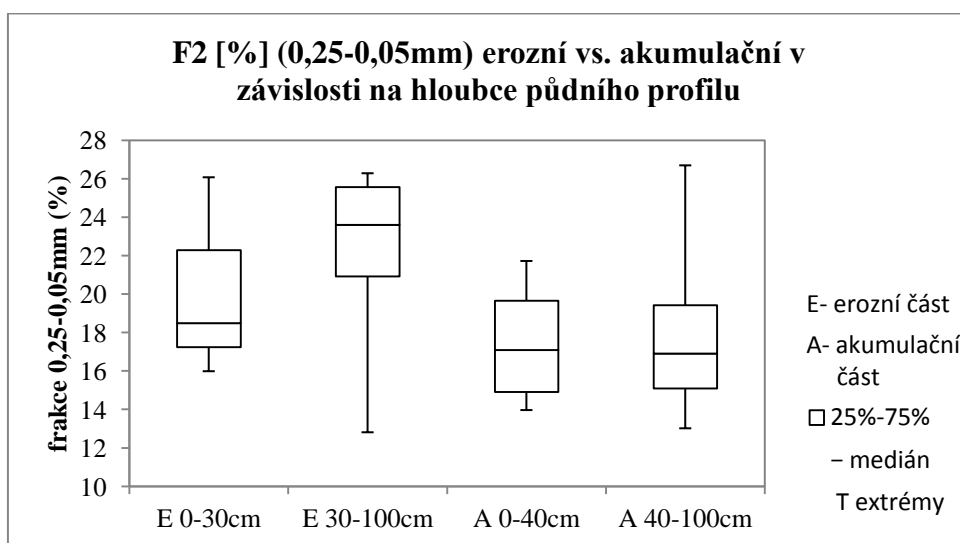
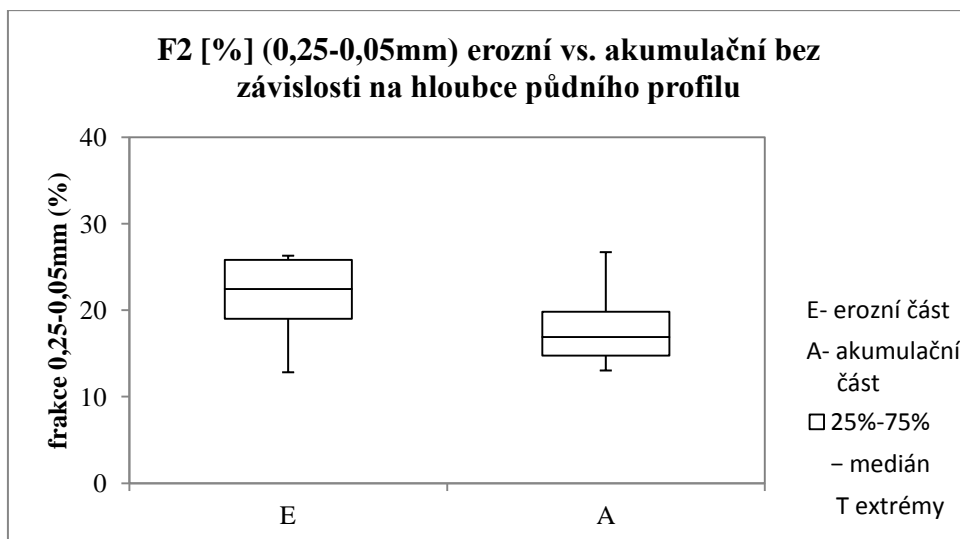




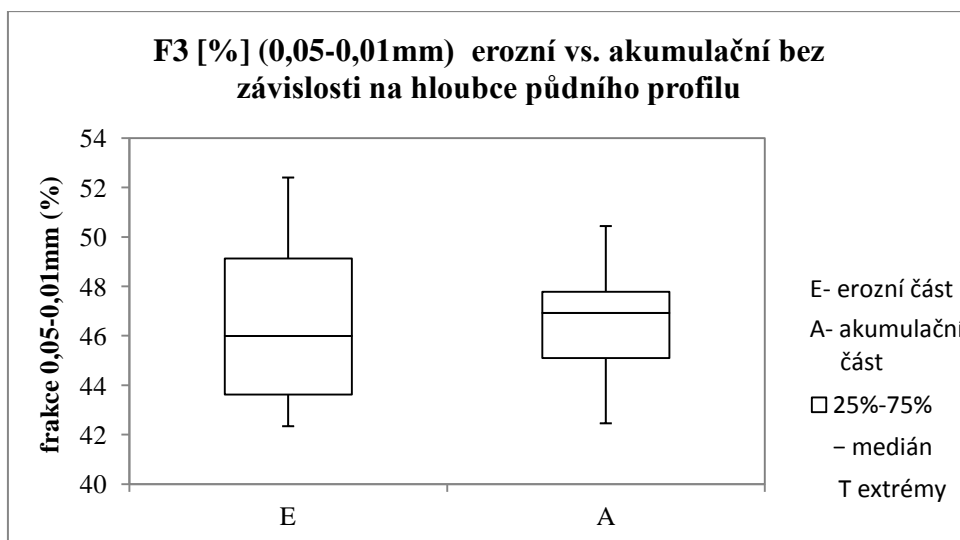
Obr. 17 (a;b): Statistické znázornění uhličitánů (%) erozní vs. akumulární plochy (E/A) 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu

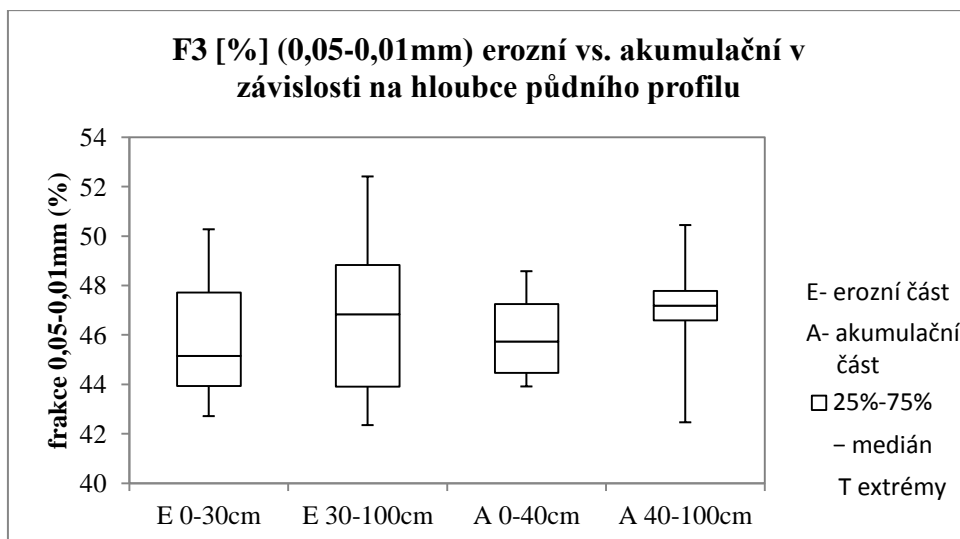


Obr. 18 (a;b): Statistické znázornění zrnitostní frakce F1 [%] (2-0,25mm) erozní vs. Akumulační plochy (E/A), 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu

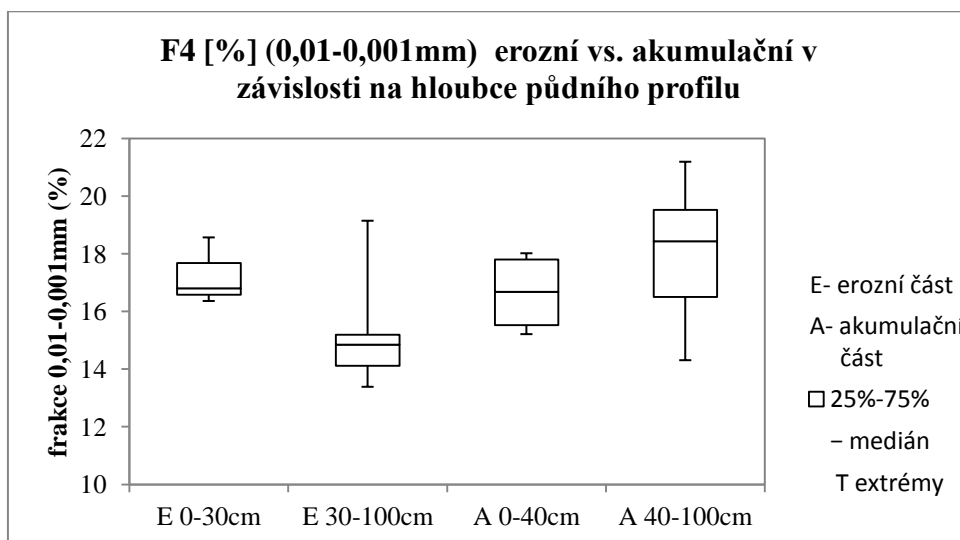
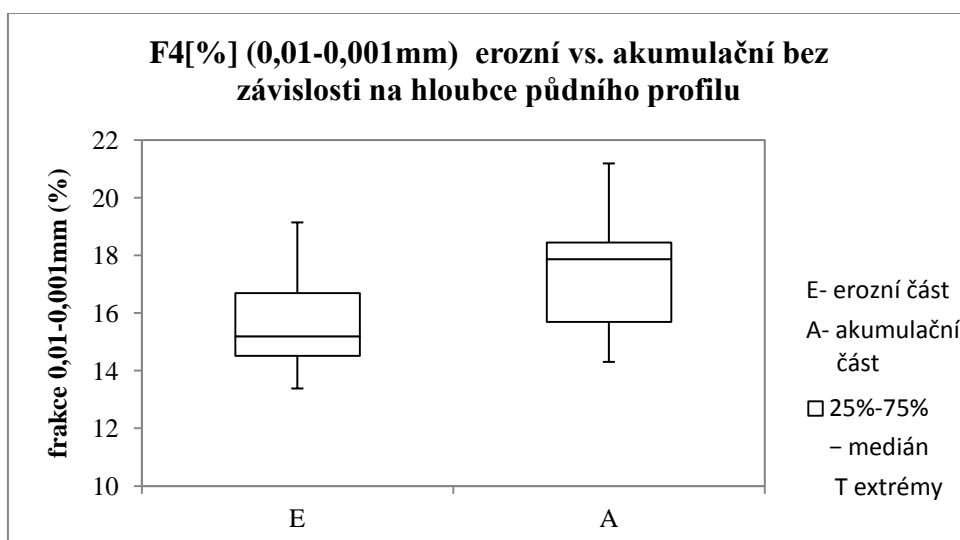


Obr. 19 (a;b): Statistické znázornění zrnitostní frakce F2 [%] (0,25-0,05mm) erozní vs. akumulární plochy (E/A), 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu

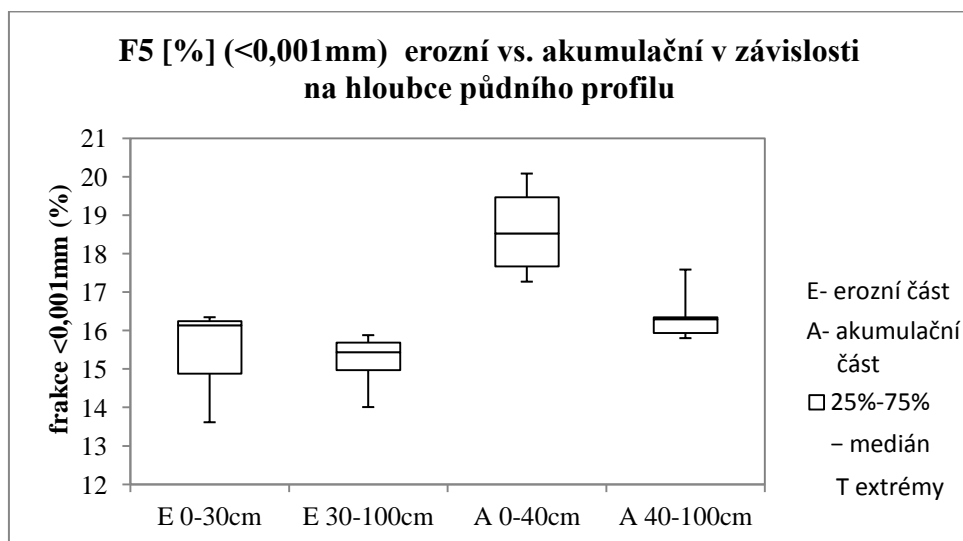
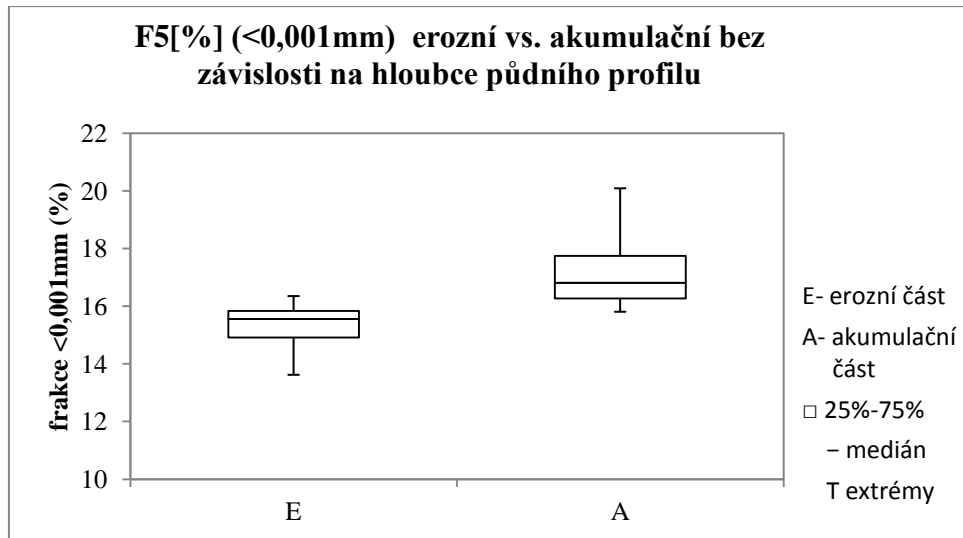




Obr. 20 (a;b): Statistické znázornění zrnitostní frakce F3 [%] (0,05-0,01mm) erozní vs. akumuláčnÍ plochy (E/A), 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce pŮdnÍho profilu



Obr. 21 (a;b): Statistické znázornění zrnitostní frakce F4 [%] (0,01-0,001mm) erozní vs. akumuláčnÍ plochy (E/A), 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce pŮdnÍho profilu



Obr. 22 (a;b): Statistické znázornění zrnitostní frakce F5 [%] (<0,001mm) erozní vs. akumuláční plochy (E/A), 1. bez závislosti na hloubce, 2. se závislostí na hloubce půdního profilu

## 6. Diskuze

Modelové území (oblast Čejkovice) spadá vlivem degradačních procesů do nejohroženějších míst v ČR. Nejvíce jsou zde půdy ohroženy vodní erozí a ztrátou organické hmoty. Dle Šarapatky a Bednáře (2015) je v celkovém modelu degradace ohroženo v ČR vodní erozí až 51,3 % půdního fondu a ztrátou půdní organické hmoty 24,9 %.

Spektrální charakteristika půdního typu černozemě je nejvíce ovlivněna obsahem organické hmoty v půdě, dále vlhkostí půdy, strukturou a složením obsahu minerálních látek půdy (Dobrovolný, 1998).

Jak je již zmíněno v kapitole (4.1.1.), v případě, že je půdní profil narušen erozní činností, vrchní humusový horizont je odplavován a na povrch se dostává spodní světlejší horizont. Odlišné zbarvení je pak patrné na leteckých snímcích. V práci bylo leteckých snímků využito, ke zjištění erozních a akumulčních ploch pro odběr půdních vzorků.

Morgan et al. (2010) ve své publikaci uvádí všeobecné informace o využití leteckých snímků. Zpracovávání leteckých snímků a jejich využití na místní úrovni, včetně využití leteckých snímků pro různé vědní disciplíny, mimo jiné studium degradace půd, řeší ve své práci Aber et al. (2010). Jejich praktické využití při studiu erozních škod uvádějí Marzolf a Poesen (2009). Paine a Kiser (2012) ve své práci také uvádějí informace o leteckém snímkování půd. Leteckým snímkům se při studiu eroze věnují dále Brady a Weil (2002), Fulajtár (2001) a Mulders et al. (1987), který diskutoval obsáhle možnosti uplatnění tohoto zdroje dat v pedologii. Metody zjišťování rozsáhlé eroze v podobě tzv. erozních oblastí, které byly použity v diplomové práci, navazují na výzkumy prezentované v těchto publikacích. Ty docházejí k podobným závěrům.

Důležitým prostředkem v indikaci eroze na pozemku jsou i laboratorní analýzy půdního profilu. Porovnáním analýz vzorků půd z erozí postiženého profilu a profilu s erozí akumulovaného materiálu lze odhadnout trvání, rozsah a intenzita tohoto druhu degradace půdy. Výsledné zprůměrované hodnoty potvrzují značné rozdíly mezi vzorky odebranými v erozní a akumulční části (obr. 11).



Podle Němečka et al. (1967) je takto možné postupovat u illimerizovaných půd, hnědozemí a černozemí, částečně i u hlubokohumózních tmavých rendzin. Stejný autor uvádí, že podobná kritéria k hodnocení erozního smyvu nelze zatím použít u hnědých půd.

Základním diagnostickým znamením černozemního A-horizontu je vysoký obsah organického uhlíku (humusu). Výsledky obsahu uhlíku i humusu jasně ukazují výrazný úbytek těchto látek v A-horizontu erozních oblastí (E1-E3), kde došlo k výraznému smyvu povrchového horizontu a s ním i organických látek a živin. Podíl humusu vzorků se silně a středně degradovaným profilem řadíme dle Šarapatky (2014) mezi půdy slabě humózní až bezhumózní. Opakem jsou výsledky z málo narušených, akumulčních ploch (A1-A4), kde je organických látek dostatek. Tyto oblasti patří dle Šarapatky (2014) mezi půdy středně až silně humózní. Obsah humusu v jednotlivých horizontech a barva půdy jsou obecně v těsné korelaci (Olson et al. 2002), potvrzuje to i rozbor půdních vzorků.

Další typická vlastnost černozemního půdního profilu je vyplavování uhličitánů z povrchového horizontu (A1-A4) do spodních vrstev horizontu (A5-A10). Povrchové vrstvy erozních ploch (E1-E3) mají podobné hodnoty jako podloží vzorků akumulční části (A5-A10). Výjimkou je půdní sonda 2A, která je tvořena v celém profilu materiálem svrchního humusového horizontu. Uhličitany jsou proto vyplaveny z celého horizontu. Tuto vlastnost černozemního typu potvrzují i naměřené hodnoty, které vycházejí oproti ostatním profilům velmi nízké.

Průměrné hodnoty pH při zaokrouhlení jsou prakticky stejné. Výjimkou je povrchový horizont akumulční plochy. Tento jev může souviset s vyplavením uhličitánů do spodních vrstev, kde jsou poté přítomny ve zvýšeném množství a projevují se zvrstvením horizontů např. tzv. pseudomycelií a cieváry (bílé vápnité agregáty). Při narušení přirozeného zvrstvení horizontů je poté možno obsah uhličitánů použít při diagnostice dynamiky erozních procesů (Netopil 2013).

Analýza pomocí spektrofotometrie rozlišuje barevné rozdíly na základě závislosti obsahu humusu (organické hmoty). Hodnocení půdního profilu spektrální fotometrií mělo za cíl objektivně postihnout kolorimetrické vlastnosti jednotlivých půdních vzorků. Měření spektrální odrazivosti potvrdilo, že tmavé humusové horizonty černozemních půd více absorbují světlo, než horizonty podorniční (světlé). Erozní části více odrazují světlo a směrem do hloubky profilu se tyto hodnoty zvyšují. Čím byly

vzorky světlejší (s podílem spraše), tím byl poměr pohlceného a odraženého světla opačný. Využitím spektrofotometrie v pedologii uvádí Viscarra a McBratney (2008). Barva půdy bývá indikátorem fyzikálních, chemických i biologických půdních vlastností (procesů).

Dalším studovaným parametrem bylo posouzení zrnitostního složení. Naměřené hodnoty neprokázaly odlišnosti mezi erozní a akumulací částí, ani v závislosti na hloubce půdního profilu. Z výsledků vychází, že erozní činnost ovlivňovala stejným způsobem pozorované zrnitostní frakce, jak erodovaných, tak akumulovaných ploch.

Dále bylo provedeno srovnání výsledků mezi aktuálními výsledky a výsledky uvedenými v disertační práci Netopila (2013). Srovnávány byly analýzy organického uhlíku (humusu) a spektrofotometrie, u vzorků odebraných na stejných místech. První byla porovnávána sonda 2E se sondou odebranou z transektu 1 a označenou číslem 1 (viz. příloha C). Hodnoty obsahu organického uhlíku (humusu) i reflektance byly velmi podobné, výsledky sondy 2E byly nepatrně nižší. Dalšími srovnávanými sondami byly 3A s výběrovou sondou V008-001 (příloha D). Obsah organického uhlíku (humusu) byl v povrchovém horizontu velmi podobný, hodnoty spodního C-horizontu byly u sondy 3A nižší. Navazuje na to i síla odraženého světla (reflektance), která byla u sondy 3A v C- horizontu vyšší. Zde se dá říci, že postupem času se organický uhlík vymývá z horizontu a půda se postupně zesvětluje. U sond 1E a výběrové sondy V009-001 (příloha E) byl rozdíl hodnot stejný jako v předchozím srovnání.

V práci používané laboratorní metody vhodně doplňují analýzu obrazu z leteckých snímků, přispívají k určení míry degradace půdy erozí a pomáhají diagnostikovat akumulované či překryté horizonty. Znalost prostorového rozložení erodovaných a akumulovaných ploch je důležitým předpokladem pro efektivní ochranu půdy, zejména pro návrh půdochranných opatření před účinky eroze na zemědělsky intenzivně využívané krajině (Morgan 2005).

## 7. Závěr

Dle Oldemana (1998) je globální produkce z orné půdy o 12,7% nižší, než by byla bez degradačních procesů. Pimentel et al. (1993) odhadují celkovou produkci o 15 až 30 procent nižší v důsledku erozí způsobených vlivů.

Výsledky sledování prokázaly účinnost zvolených půdních analýz pro hodnocení degradace ohrožené půdy. Letecké snímky poskytly uspokojivé výsledky z hlediska vymezení rozsahu a lokalizace degradovaných ploch erozí. Důležité je správný výběr postiženého místa (výběr správného typu půd), nejlépe tam, kde je zřetelně vidět barevný přechod ornice a podložních vrstev půdního profilu, což byl případ v modelovém území s černozemním typem půd, který je pro tuto metodu ideální. Důležitým faktorem je datum pořízených snímků, nejlépe v období bez vegetačního krytu. Detekce erozních ploch vybraných pomocí leteckých snímků byla ověřena terénním průzkumem doplněným o odběr půdních vzorků. Výsledky následných laboratorních analýz těchto vzorků poté umožňují indikovat erozní/akumulační procesy v půdním profilu. Všechny v práci použité laboratorní metody se ukázaly jako uspokojivé.

Analýzy popsané v této práci pomohou k hodnocení degradace zemědělské půdy a jsou důležité pro zjištění vlivu degradačních procesů na produkci pěstovaných plodin. Zajímavé by bylo využít tyto metody na jiných typech půd, u kterých lze hodnotit erozní smyv půd, např. na illimerizovaných půdách, hnědozemích nebo u hlubokohumózních tmavých rendzin.

## 8. Literatura

- Aber J. S., Marzloff. I. & Ries. J. (2010): Small-Format Aerial Photography: Principles. techniques and geoscience applications. Elsevier.
- Bernsdorf, B., Richter, G., Schmidt, R.G. (1995): Die Kartierung der Schneeschmelz-Erosion – Probleme und Möglichkeiten der Felderhebung. Univ. Trier, H. 14.
- Brady, N. C. & R. R. Weil (2002): Nature and Properties of Soils. Thirteenth edition. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Educational.
- Brtnický, M., et al. (2012): Degradace půdy v České republice. 1.vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, vydal Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy 91 s.
- Brožík, J. (2006): Úvod do studia pedologie, meliorací zemědělských půd a rekultivací území poškozených těžbou nerostných surovin, Skriptum.
- Břízová E. (2007): Vodní a mokřadní ekosystémy v průběhu pozdního glaciálu a holocénu na základě pylových analýz. Zprávy Čes. Bot. Společ., Praha, 42, Mater. 22, 85-97.
- Cáblík J. & Jůva K. (1963): Protierozní ochrana půdy. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 324 s.
- Dobrovolný P. (1998): Dálkový průzkum Země. Digitální zpracování obrazu. (Remote data sensing – digital image classification). Masaryk university. Brno. (In Czech)
- Dostál, T., Krása, J., Váška, J. & Vrána, K. (2002): Mapa erozního ohrožení půd a transportu sedimentu v České republice. Vodní hospodářství, roč. 52, č. 2. ss. 46-50.
- Favis-Mortlock, D., (2005): What is soil erosion? Dostupné na: <http://www.soilerosion.net/>, 15. 1. 2015.
- Fulajtár E. (2001): Identification of Severely Eroded Soils from Remote Sensing Data Tested in Rišňovce, Slovakia. In: STOTT, D. E., R. H. MOHTAR and G. C. STEINHARDT eds. Sustaining the Global Farm, Proceedings. Purdue University and USDA – ARS National Soil Erosion Research Laboratory, pp. 1075-1081.

- Fulajtár E. (2001): Identification of Severely Eroded Soils from Remote Sensing Data Tested in Rišňovce, Slovakia. In: STOTT, D. E., R. H. MOHTAR and G. C. STEINHARDT eds. Sustaining the Global Farm, Proceedings. Purdue University and USDA – ARS National Soil Erosion Research Laboratory, pp. 1075-1081.
- Frye W.W., Bennet O.L. & Buntley G.J. (2002): Restoration of crop productivity on eroded or degraded soils. Soil erosion and crop productivity 1985. Wi 53711, USA.(In.: Janeček, M. et. al. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha: ISV nakladatelství, 201s
- Holý, M. (1978): Protierozní ochrana. Praha: vyd. SNTL/ALFA. 288 s, DT 502.654:631.4.
- Jan L. & Štěpánek V. (eds.) et al. (1998): Čejkovice 1248-1998. Vyd. 1. Čejkovice: Obecní úřad Čejkovice
- Janeček M et al.(2002): Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha: ISV nakladatelství, 201 s.
- Janeček, M. (2008): Základy erodologie. Praha: vyd. ČZÚ, Fakulta životního prostředí. 165 s.
- Khel T. et al. (2009): Metodický postup interpretace podkladů Dálkového průzkumu Země k omezení dopadů přírodních a antropických vlivů na půdu. Vyd. 1. Praha: VÚMOP, 45 s.
- Lal, R. (1998): Soil Quality nad sustainability. In: Lal R., Blum W.H., Valentin C., Steward B.A. (Ed.) Methods for assessment of soil degradation. CRC Press Boca Raton-New York. p.17-30.
- Laník J. & Halada J., (1960): Kniha o půdě1, Půda a rostlina, Státní zemědělské nakladatelství Praha 260 s.
- Letecké měřické snímkování (2013): G4D s.r.o. – dostupné na: <http://www.g4d.cz/letecke-snimkovani/mericke-snimkovani>, přístup – 2. 5. 2015
- Marzolf I. & Poesen. J. (2009): The potential of 3D gully monitoring with GIS using high-resolution aerial photography and a digital photogrammetry system. Geomorphology. Vol. 111. pp. 48–60.

- Ministerstvo zemědělství ČR (2011): Příručka ochrany proti vodní erozi, Praha: Ministerstvo zemědělství ČR. 56 s.
- Morgan, R. P. C. (2005): Soil Erosion and Conservation. Third edition. Blackwell Publishing.
- Morgan. J. L., Gergel. S. E. & Coops. N.C. (2010): Aerial Photography: A rapidly Evolving Tool for Ecological Management. BioScience. Vol 60. No. 1. pp. 47 – 59.
- Mulders, M. A. (1987): Remote Sensing in Soil Science. Developments in Soil Science 15. Amsterdam: Elsevier.
- Netopil P. (2013): Studium degradace zemědělsky intenzivně využívaných půd se zaměřením na erozi [disertační práce]. [Ostrava (CZ)]: Ostravská univerzita.
- Němeček J. et al. (1967): Průzkum zemědělských půd ČSSR: souborná metodika. Díl první. Metodika terénního průzkumu, sestavování půdních map, kartogramů a průvodních zpráv, Geneticko-agronomická klasifikace půd ČSSR. Praha: Ministerstvo zemědělství a výživy.
- Němeček, J., a kol. (2011): Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha: vyd. ČZU. 94 s.
- Oldeman, L. R. (1994): The global extent of soil degradation. In: GREENLAND, D. J. and I. SZABOLCS eds. Soils resilience and sustainable land use. Wallingford: CAB International, pp. 99-118
- Olson K.R., Gennadiyev A.N., Jones R.L. & CHernyanskii S. (2002): Erosion on cultivated and reforested hillslope in Moscow Region, Russia. Soil Science Society of America Journal 66: 193-201.
- Paine. D. P. & Kiser. J. D. (2012): Aerial Photography and Image Interpretation. Third edition. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Peltier J. (2011): Excel Box and Whisker Diagrams (Box Plots) – <http://peltiertech.com/excel-box-and-whisker-diagrams-box-plots/>, přístup: 17. 4. 2015.
- Pimentel D., Alien J. & Beers A. (1993): Soil erosion and agricultural productivity. In: Pimentel, D. (ed.). World soil erosion and conservation. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.

- Podhrázská, J. & Dufková, J. (2005): Protierozní ochrana půdy. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 99 s.
- Prax A. & Pokorný E. (2004): Klasifikace a ochrana půd. Vyd. 2., přeprac. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita.
- Rothwell R.G. (ed.) (2006): New techniques in sediment core analysis. Geological Society, London, special publications, 267 p.
- Sáňka M. (2011): Hlavní degradační faktory půd a jejich hodnocení. In Degradace a regenerace krajiny – krajina, těžba, půda, voda. Mendelova univerzita v Brně: Brtnický M., Brtnická H., Foukalová J., Kynický J. 236-241 s.
- Soukup, M. (2006): Opatření v zemědělské krajině pro zlepšení vodních útvarů. Praha: vyd. VÚMOP, v.v.i. 108 s.
- Stitz G. (2014): Catalog Mesger;ate und Apparate – [http://www.stitz-gmbh.de/en\\_catalog.html](http://www.stitz-gmbh.de/en_catalog.html), přístup: 12. 3. 2015.
- Sumner M. (2000): Handbook of soil science. Taylor & Francis group, LLC.
- Svatoňová H. & Lauermann L. (2010) Dálkový průzkum Země - aktuální zdroj geografických informací. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita.
- Šarapatka B. (1996): Pedologie. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 235 s.
- Šarapatka B., Dlapa P. & Bedrna Z. (2002): Kvalita a degradace půdy. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 346 s.
- Šarapatka B. (2014): Pedologie a ochrana půdy. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 232 s.
- Šarapatka B. & Bednář. M. (2015): Assessment of Potential Soil Degradation on Agricultural Land in the Czech Republic. Journal of Environmental Quality. Vol. 44. No. 1. pp. 154 – 161.
- Šarapatka B., Bednář M. & Netopil P. (2015): Soil degradation analysis with a focus on soil erozion as an aspekt of agrarian landscape evaluation. Advances on Agriculture (v redakci).
- Šimek M. (2004): Základy nauky o půdě. 4: degradace půdy. Vyd. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita.

- Šimek M. (2007): Základy nauky o půdě 1. Neživé složky půdy, České Budějovice, 152 s.
- Škarpa P. (2010): Laboratorní výuka z výživy rostlin – [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/laborator](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator), přístup 25. 3. 2015.
- Tomášek M. (2007): Půdy České republiky. 2. dopl. vyd. Praha: Český geologický ústav, 68 s.
- Várallyay G. (1994): Soil databases for sustainable land use: Hungarian case study. In: GREENLAND, D. J and I. SZABOLCS eds. Soils resilience and sustainable land use. Wallingford: CAB International, pp. 469-495.
- Vinter V. et al. (2013): Experimenty pro přírodovědné kroužky na téma: Životní prostředí. 1. Vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 106 s.
- Viscarra Rossel R.A., Minasny B., Roudier P. & McBratney A.B. (2006): Colour space models for soil science. *Geoderma* 133: 320-327.
- Viscarra Rossel, R. A. & A. B. McBratney (2008): Diffuse Reflectance Spectroscopy as a Tool for Digital Soil Mapping. In: HARTEMINK, A. E., A. McBRATNEY and M. de L. MENDONÇA-SANTOS eds. Digital Soil Mapping with Limited Data. Springer, pp. 165-172.
- Vlček V. (2013): Kvalita a zdraví půdy – [http://user.mendelu.cz/xvlcek1/kzp/KZP\\_prednasky.pdf](http://user.mendelu.cz/xvlcek1/kzp/KZP_prednasky.pdf), přístup: 20. 3. 2015.
- Volný S. (1982): Ochrana a tvorba krajiny. Brno: Vysoká škola zemědělská v Brně. 197 s.
- Vopravil J. et al. (2009-2011): Půda a její hodnocení v ČR. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha, 1. vydání, 148 s.
- VÚMOP (2015): Monitoring eroze zemědělské půdy – <http://me.vumop.cz/mapserv/monitor/>, přístup: 25. 3. 2015.
- Zbíral, Honsa et al. (2010): Analýza půd I. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 290 s.



## 9. Přílohy

Příloha A 1 Přehled výsledků laboratorních analýz vzorků pedologických sond

<b>vzorek</b>	<b>pH</b>	<b>% uhličitany</b>	<b>% C</b>	<b>% humus</b>	<b>% reflektance</b>
1A1	7,23	0,0	1,337	2,30	47,6
1A2	7,11	0,0	1,485	2,56	48,31
1A3	7,28	0,4	1,277	2,20	47,4
1A4	7,55	1,0	1,129	1,95	47,4
1A5	7,66	7,4	0,624	1,08	55,91
1A6	7,72	19,8	0,356	0,61	66,31
1A7	7,75	26,0	0,327	0,56	68,74
1A8	7,77	24,5	0,238	0,41	67,64
1A9	7,77	21,5	0,208	0,36	67,72
1A10	7,79	19,0	0,238	0,41	62,04
1E1	7,66	14,8	0,743	1,28	55,94
1E2	7,72	14,5	0,784	1,35	57,61
1E3	7,69	14,8	0,693	1,20	57,92
1E4	7,67	19,5	0,181	0,31	66,13
1E5	7,74	17,5	0,181	0,31	65,63
1E6	7,71	19,0	0,241	0,42	63,85
1E7	7,78	14,0	0,271	0,47	64,01
1E8	7,75	14,0	0,151	0,26	65,57
1E9	7,81	14,0	0,151	0,26	64,43
1E10	7,83	15,0	0,151	0,26	65,54
2A1	7,66	5,8	0,965	1,66	50,56
2A2	7,66	5,6	1,069	1,84	56,79
2A3	7,67	6,0	1,158	2,00	52,37
2A4	7,67	6,8	0,832	1,43	57,34
2A5	7,8	6,8	0,743	1,28	56,95
2A6	7,78	7,2	0,653	1,13	51,47
2A7	7,77	7,0	0,653	1,13	54,86
2A8	7,78	6,0	0,683	1,18	56,63
2A9	7,73	4,4	0,743	1,28	54,98
2A10	7,78	3,6	0,802	1,38	52,73

Příloha A 2 Přehled výsledků laboratorních analýz vzorků pedologických sond

<b>vzorek</b>	<b>pH</b>	<b>% uhličitany</b>	<b>% C</b>	<b>% humus</b>	<b>% reflektance</b>
2E1	7,78	18,0	0,624	1,08	63,05
2E2	7,82	17,5	0,713	1,23	60,79
2E3	7,81	17,8	0,356	0,61	65,37
2E4	7,81	20,0	0,238	0,41	63,62
2E5	7,82	15,8	0,238	0,41	63,45
2E6	7,81	16,0	0,238	0,41	65,13
2E7	7,86	16,0	0,208	0,36	64,52
2E8	7,86	16,0	0,238	0,41	64,56
2E9	7,91	16,0	0,208	0,36	64,91
2E10	7,95	13,8	0,208	0,36	66,38
3A1	7,84	5,8	1,099	1,89	51,7
3A2	7,84	6,0	0,905	1,56	52,2
3A3	7,79	7,0	0,965	1,66	54,01
3A4	7,83	8,4	0,844	1,46	52,48
3A5	7,79	17,0	0,241	0,42	71,35
3A6	7,83	15,0	0,181	0,31	68,78
3A7	7,88	15,8	0,181	0,31	66,74
3A8	7,98	16,8	0,151	0,26	70,59
3A9	8,05	14,3	0,211	0,36	69,31
3A10	8,1	12,8	0,181	0,31	69,9
3E1	7,78	19,0	0,482	0,83	60,23
3E2	7,76	19,0	0,693	1,20	57,54
3E3	7,76	19,0	0,482	0,83	59,34
3E4	7,77	19,0	0,241	0,42	65,08
3E5	7,82	18,0	0,211	0,36	62,59
3E6	7,83	17,0	0,181	0,31	66,59
3E7	7,84	12,3	0,121	0,21	65,25
3E8	7,88	13,8	0,151	0,26	66,16
3E9	7,88	14,0	0,181	0,31	64,89
3E10	7,91	14,3	0,181	0,31	62,99

Příloha B Přehled výsledků zrnitosti vzorků pedologických sond

<b>vzorky</b>	<b>F1 [%]</b> (2-0,25 mm)	<b>F2[%]</b> (0,25-0,05 mm)	<b>F3 [%]</b> (0,05-0,01 mm)	<b>F4 [%]</b> (0,01-0,001 mm)	<b>F5 [%]</b> (<0,001 mm)
1A1	0,868	21,161	43,253	13,607	21,111
1A2	1,293	6,587	53,940	20,724	17,456
1A3	0,444	24,062	36,672	16,868	21,953
1A4	1,044	20,131	38,523	18,992	21,310
1A5	0,621	3,797	58,434	19,601	17,547
1A6	0,321	25,060	40,070	19,544	15,006
1A7	0,887	17,595	43,084	23,664	14,769
1A8	0,519	22,853	36,375	24,944	15,309
1A9	0,831	24,969	41,281	17,744	15,174
1A10	0,342	27,332	43,714	14,898	13,714
2A1	0,464	16,362	48,990	17,051	17,132
2A2	2,845	17,774	46,472	15,558	17,351
2A3	0,857	18,368	45,650	16,318	18,807
2A4	0,996	9,005	55,704	16,434	17,861
2A5	0,436	26,134	41,235	13,745	18,450
2A6	0,863	9,940	55,136	17,317	16,745
2A7	0,194	12,284	53,633	15,657	18,232
2A8	0,444	12,881	54,361	15,503	16,812
2A9	0,627	11,659	56,735	13,878	17,102
2A10	1,202	30,699	36,791	12,973	18,334
3A1	1,465	27,664	39,496	16,241	15,134
3A2	2,346	17,564	45,315	17,757	17,019
3A3	1,991	14,429	51,642	12,438	19,499
3A4	0,925	16,529	46,201	17,741	18,604
3A5	0,433	9,146	51,658	21,993	16,770
3A6	0,459	17,048	46,806	18,396	17,292
3A7	1,534	19,528	42,612	20,327	16,000
3A8	0,363	8,126	53,032	23,112	15,367
3A9	0,770	23,717	43,080	15,951	16,481
3A10	0,628	22,079	46,881	15,043	15,369
1E1	0,469	31,407	34,900	16,960	16,265
1E2	0,410	23,018	44,163	15,918	16,490
1E3	0,891	22,396	44,490	15,457	16,765
1E4	1,592	31,938	38,502	14,290	13,678
1E5	0,883	24,140	46,805	14,392	13,678
1E6	1,185	32,264	36,642	15,587	13,678
1E7	0,236	33,888	36,252	13,666	13,678
1E8	0,263	19,500	51,038	13,291	13,678
1E9	0,129	11,455	57,254	15,459	13,678
1E10	0,398	7,313	61,567	14,031	13,678

2E1	<b>0,883</b>	<b>7,170</b>	<b>56,595</b>	<b>18,389</b>	<b>13,678</b>
2E2	<b>2,599</b>	<b>37,657</b>	<b>38,037</b>	<b>13,236</b>	<b>13,678</b>
2E3	<b>0,937</b>	<b>19,299</b>	<b>48,796</b>	<b>15,626</b>	<b>13,678</b>
2E4	<b>2,227</b>	<b>20,855</b>	<b>46,999</b>	<b>15,490</b>	<b>13,678</b>
2E5	<b>1,128</b>	<b>20,308</b>	<b>47,807</b>	<b>14,726</b>	<b>13,678</b>
2E6	<b>0,611</b>	<b>29,821</b>	<b>40,453</b>	<b>13,375</b>	<b>13,678</b>
2E7	<b>0,987</b>	<b>17,440</b>	<b>51,080</b>	<b>14,187</b>	<b>13,678</b>
2E8	<b>0,396</b>	<b>28,894</b>	<b>42,125</b>	<b>12,397</b>	<b>13,678</b>
2E9	<b>0,133</b>	<b>9,725</b>	<b>46,149</b>	<b>28,650</b>	<b>13,678</b>
2E10	<b>0,647</b>	<b>32,856</b>	<b>36,375</b>	<b>15,305</b>	<b>13,678</b>
3E1	<b>2,967</b>	<b>16,903</b>	<b>43,970</b>	<b>20,338</b>	<b>13,678</b>
3E2	<b>0,667</b>	<b>17,577</b>	<b>45,940</b>	<b>19,921</b>	<b>13,678</b>
3E3	<b>0,567</b>	<b>6,293</b>	<b>57,526</b>	<b>19,311</b>	<b>13,678</b>
3E4	<b>0,158</b>	<b>22,465</b>	<b>47,888</b>	<b>15,556</b>	<b>13,678</b>
3E5	<b>0,346</b>	<b>19,443</b>	<b>50,010</b>	<b>15,425</b>	<b>13,678</b>
3E6	<b>1,249</b>	<b>16,794</b>	<b>49,954</b>	<b>16,855</b>	<b>13,678</b>
3E7	<b>0,329</b>	<b>26,826</b>	<b>42,716</b>	<b>15,349</b>	<b>13,678</b>
3E8	<b>0,229</b>	<b>22,402</b>	<b>47,355</b>	<b>14,458</b>	<b>13,678</b>
3E9	<b>0,321</b>	<b>17,276</b>	<b>53,826</b>	<b>13,314</b>	<b>13,678</b>
3E10	<b>0,528</b>	<b>21,397</b>	<b>50,386</b>	<b>12,140</b>	<b>13,678</b>

Příloha C Vybrané analýzy porovnané s disertační prací Mgr. Netopila (2013), sonda 1/2E

<b>sonda1</b>	<b>2E</b>	<b>C (%)</b>	<b>C (%)</b>	<b>humus (%)</b>	<b>humus (%)</b>	<b>spektrof.(%)</b>	<b>spektrof.(%)</b>
<b>2013</b>	<b>2015</b>	<b>2013</b>	<b>2015</b>	<b>2013</b>	<b>2015</b>	<b>2013</b>	<b>2015</b>
1.1	2E1	<b>0,785</b>	<b>0,624</b>	<b>1,355</b>	<b>1,08</b>	<b>63,595</b>	<b>63,05</b>
1.2	2E2	<b>0,79</b>	<b>0,713</b>	<b>1,355</b>	<b>1,23</b>	<b>64,615</b>	<b>60,79</b>
1.3	2E3	<b>0,325</b>	<b>0,356</b>	<b>0,565</b>	<b>0,61</b>	<b>69,245</b>	<b>65,37</b>
1.4	2E4	<b>0,34</b>	<b>0,238</b>	<b>0,59</b>	<b>0,41</b>	<b>70,515</b>	<b>63,62</b>
1.5	2E5	<b>0,355</b>	<b>0,238</b>	<b>0,615</b>	<b>0,41</b>	<b>69,795</b>	<b>63,45</b>
1.6	2E6	<b>0,23</b>	<b>0,238</b>	<b>0,39</b>	<b>0,41</b>	<b>69,39</b>	<b>65,13</b>
1.7	2E7	<b>0,33</b>	<b>0,208</b>	<b>0,57</b>	<b>0,36</b>	<b>70,56</b>	<b>64,52</b>
1.8	2E8	<b>0,26</b>	<b>0,238</b>	<b>0,44</b>	<b>0,41</b>	<b>69,625</b>	<b>64,56</b>
1.9	2E9	<b>0,17</b>	<b>0,208</b>	<b>0,295</b>	<b>0,36</b>	<b>69,505</b>	<b>64,91</b>
1.10	2E10	<b>0,23</b>	<b>0,208</b>	<b>0,39</b>	<b>0,36</b>	<b>69,665</b>	<b>66,38</b>

Příloha D Vybrané analýzy porovnané s disertační prací Mgr. Netopila (2013), V008-001/3A

<b>V008-001</b>	<b>3A</b>	<b>C (%)</b>	<b>C (%)</b>	<b>humus (%)</b>	<b>humus (%)</b>	<b>spektrof.(%)</b>	<b>spektrof.(%)</b>
<b>2013</b>	<b>2015</b>	<b>2013</b>	<b>2015</b>	<b>2013</b>	<b>2015</b>	<b>2013</b>	<b>2015</b>
1	3A1	<b>1,005</b>	<b>1,099</b>	<b>1,73</b>	<b>1,89</b>	<b>58,14</b>	<b>51,7</b>
2	3A2	<b>1,02</b>	<b>0,905</b>	<b>1,755</b>	<b>1,56</b>	<b>55,38</b>	<b>52,2</b>
3	3A3	<b>0,825</b>	<b>0,965</b>	<b>1,415</b>	<b>1,66</b>	<b>56,765</b>	<b>54,01</b>
4	3A4	<b>0,93</b>	<b>0,844</b>	<b>1,6</b>	<b>1,46</b>	<b>55,145</b>	<b>52,48</b>
5	3A5	<b>0,93</b>	<b>0,241</b>	<b>1,6</b>	<b>0,42</b>	<b>54,96</b>	<b>71,35</b>
6	3A6	<b>0,9</b>	<b>0,181</b>	<b>1,545</b>	<b>0,31</b>	<b>55,995</b>	<b>68,78</b>
7	3A7	<b>1,005</b>	<b>0,181</b>	<b>1,73</b>	<b>0,31</b>	<b>56,28</b>	<b>66,74</b>
8	3A8	<b>1,02</b>	<b>0,151</b>	<b>1,755</b>	<b>0,26</b>	<b>56,275</b>	<b>70,59</b>
9	3A9	<b>0,78</b>	<b>0,211</b>	<b>1,35</b>	<b>0,36</b>	<b>60,455</b>	<b>69,31</b>
10	3A10	<b>0,56</b>	<b>0,181</b>	<b>0,97</b>	<b>0,31</b>	<b>63,42</b>	<b>69,9</b>

Příloha E Vybrané analýzy porovnané s disertační prací Mgr. Netopila (2013), V009-002/1E

<b>V009-002</b>	<b>1E</b>	<b>C (%)</b>	<b>C (%)</b>	<b>humus (%)</b>	<b>humus (%)</b>	<b>spektrof.(%)</b>	<b>spektrof.(%)</b>
<b>2013</b>	<b>2015</b>	<b>2013</b>	<b>2015</b>	<b>2013</b>	<b>2015</b>	<b>2013</b>	<b>2015</b>
1	1E1	<b>0,84</b>	<b>0,743</b>	<b>1,45</b>	<b>1,28</b>	<b>55,62</b>	<b>55,94</b>
2	1E2	<b>0,965</b>	<b>0,784</b>	<b>1,66</b>	<b>1,35</b>	<b>56,03</b>	<b>57,61</b>
3	1E3	<b>0,84</b>	<b>0,693</b>	<b>1,445</b>	<b>1,2</b>	<b>54,66</b>	<b>57,92</b>
4	1E4	<b>0,47</b>	<b>0,181</b>	<b>0,8</b>	<b>0,31</b>	<b>60,1</b>	<b>66,13</b>
5	1E5	<b>0,25</b>	<b>0,181</b>	<b>0,43</b>	<b>0,31</b>	<b>68,58</b>	<b>65,63</b>
6	1E6	<b>0,16</b>	<b>0,241</b>	<b>0,27</b>	<b>0,42</b>	<b>69,395</b>	<b>63,85</b>
7	1E7	<b>0,14</b>	<b>0,271</b>	<b>0,24</b>	<b>0,47</b>	<b>70,735</b>	<b>64,01</b>
8	1E8	<b>0,12</b>	<b>0,151</b>	<b>0,21</b>	<b>0,26</b>	<b>69,365</b>	<b>65,57</b>
9	1E9	<b>0,105</b>	<b>0,151</b>	<b>0,185</b>	<b>0,26</b>	<b>70,21</b>	<b>64,43</b>
10	1E10	<b>0,09</b>	<b>0,151</b>	<b>0,16</b>	<b>0,26</b>	<b>69,34</b>	<b>65,54</b>

## Fotodokumentace



Příloha F Místo odběru půdních vzorků



Příloha G Modelové území