

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V  
PRAZE FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



Vliv environmentálního managementu území na půdní  
strukturu a zadržování vody v krajině

Bakalářská práce

**Zpracovatel:** Pavlína Poláková

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Lenka Pavlů, Ph.D.

Praha 2021

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pavλίna Poláková

Krajinářství

Územní technická a správní služba

Název práce

**Vliv environmentálního managementu území na půdní strukturu a zadržování vody v krajině**

Název anglicky

**The influence of environmental management on the soil structure and water retention in the landscape.**

---

### Cíle práce

- 1) Zhodnocení vlivu specifických krajinných prvků na retenci vody v krajině.
- 2) Vymezení půdních vlastností ovlivňujících retenci vody v krajině.
- 3) Zhodnocení změn půdních vlastností (stability půdní struktury) na modelovém příkladu území s environmentálním managementem.

Splněním těchto cílů má student prokázat schopnost samostatné vědecké práce a rovněž potvrdit či vyvrátit následující vědecké hypotézy vztahující se především k poslednímu cíli a tedy praktické části práce.

- 1) Environmentální management území (v modelovém území ponechání části orné půdy přirozené sukcesi) vede ke změně půdních vlastností.
- 2) Stabilita půdní struktury se tímto opatřením zvýší.
- 3) Změna půdní struktury pozitivně ovlivní retenci vody v půdě.

## **Metodika**

Bakalářská práce bude součástí širšího výzkumu zaměřeného na změnu managementu území a jeho vliv na půdní vlastnosti obecně. Výzkum započal v roce 2009 rozsáhlým půdním průzkumem tehdy zemědělsky využívaného území v okolí Ctěnického potoka. Poté bylo území ponecháno přirozené sukcesi. V roce 2020 bude průzkum zopakován a budou posouzeny změny půdních vlastností. V rámci této bakalářské práce bude (na směsných vzorcích svrchní vrstvy půdy z tohoto území a z okolní stále zemědělsky využívané

půdy) posouzena stabilita půdních agregátů metodou WSA – water stable aggregates. Rovněž budou odebrány neporušené půdní vzorky. U nich budou stanoveny základní fyzikální vlastnosti půdy určující retenční schopnost půdy pro vodu.

Porovnání vlivu jednotlivých managementů na půdní vlastnosti bude zpracováno a vyhodnoceno vhodnými statistickými metodami.

## **Doporučený rozsah práce**

Podle platných pokynů pro vypracování bakalářské práce.

## **Klíčová slova**

environmentální management území, půdní vlastnosti, stabilita půdní struktury

---

## **Doporučené zdroje informací**

Abiven, S., Menasseri, S., Chenu, C., 2009. The effects of organic inputs over time on soil aggregate stability — a literature analysis. *Soil Biol. Biochem.* 41, 1–12.

Amézketa, E., 1999. Soil aggregate stability: a review. *J. Sustain. Agric.* 14, 83–151.

Kodešová, R., Rohošková, M., Žigová A., 2009. Comparison of aggregate stability within six soil profiles under conventional tillage using various laboratory tests. *Biologia* 64, 550–554.

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

ŠIMEK, Miloslav et al. *Živá půda: biologie, ekologie, využívání a degradace půdy*. Praha: Academia, 2019. 789 s. ISBN 978-80-200-2976-8.

**Předběžný termín obhajoby**

2020/21 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Lenka Pavlů, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra pedologie a ochrany půd

Elektronicky schváleno dne 2. 9. 2020

**prof. Dr. Ing. Luboš Borůvka**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2020

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 30.3.2021

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Lenky Pavlů, Ph.D., a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala. Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce.

V Praze, dne 30. 3. 2021

Podpis:.....

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěla poděkovat mé vedoucí, doc. Ing. Lence Pavlů, Ph.D. za cenné připomínky, odborné rady a čas, který mi věnovala.

V Praze dne 30.3.2021

## **Abstrakt**

### **Vliv environmentálního managementu území na půdní strukturu a zadržování vody v krajině**

Práce je zaměřena na hodnocení vlivu environmentálního managementu na stabilitu půdních agregátů a na schopnost půdy zadržovat vodu. Environmentálním managementem je v tomto případě ponechání části orné půdy oblasti prameniště Ctěnického potoka přirozené sukcesi. Na lokalitě došlo k přirozené sukcesi travních společenstev a rozšíření mokřadní vegetace. Tento přirozeně utvářený krajinný prvek byl doplněn o uměle vytvořené tůně a o výsadbu dubů v okrajových částech. V práci jsou porovnávány půdy pod travními společenstvy s okolní nepřeměněnou ornou půdou.

V roce 2020, tedy 11 let od založení plochy, byly odebrány půdní vzorky a na nich stanoveny základní fyzikální parametry a posouzena stabilita půdních agregátů. Výsledky ukázaly, že na plochách pod sukcesními trávami došlo k mírnému zvýšení stability půdních agregátů a k výraznému zvýšení maximální kapilární kapacity půdy i retenční kapacity půdy.

Management území má tedy na stabilitu půdních agregátů a na schopnost zadržovat vodu významný dopad. Větší intenzita využívání půdy má negativní dopad na stabilitu půdních agregátů a schopnost zadržovat vodu.

### **Klíčová slova**

Environmentální management území, půdní vlastnosti, stabilita půdní struktury

## **Abstract**

### **The influence of environmental management on the soil structure and water retention in the landscape.**

The work is focused on the evaluation of the influence of environmental management on the stability of soil aggregates and on the ability of the soil to retain water. In this case, environmental management is leaving a part of the arable land in the area spring of the Ctěnický brook to natural succession. There was a natural succession of grass communities and the spread of wetland vegetation at the site. This naturally shaped landscape element was complemented by artificially created ponds and oak planting in the peripheral parts. The work compares soils under grass communities with the surrounding unconverted arable land.

In 2020, ie 11 years after the establishment of the area, soil samples were taken and the basic physical parameters were determined on them and the stability of soil aggregates was assessed. The results showed that in the areas under the succession grasses there was a slight increase in the stability of soil aggregates and a significant increase in the maximum capillary capacity of the soil and the retention capacity of the soil.

Land management therefore has a significant impact on the stability of soil aggregates and on the ability to retain water. Higher intensity of land use has a negative impact on the stability of soil aggregates and the ability to retain water.

### **Keywords**

Environmental management of the territory, soil properties, stability of soil structure



## Obsah

1	Úvod.....	11
2	Teoretická část.....	12
2.1	Půdní struktura .....	12
2.2	Tvorba agregátů a jejich stabilizace .....	14
2.3	Rozdělení agregátů .....	18
2.4	Faktory utvářející půdní strukturu .....	20
2.4.1	Mechanické faktory.....	22
2.4.2	Fyzikálně chemické faktory .....	22
2.4.3	Biologické procesy .....	23
2.4.4	Klima.....	23
2.4.5	Geografický region.....	25
2.4.6	Organická hmota, zrnitost, obsah kationtů.....	25
2.4.7	Kořeny rostlin .....	27
2.4.8	Mikrobiální aktivita.....	28
2.4.9	Půdní typ .....	28
2.5	Vztah stability agregátů vlastností půdy se zřetelem na zadržování vody ..	29
3	Praktická část .....	31
3.1	Charakteristika zájmového území .....	31
3.1.1	Půdní pokryv .....	32
3.1.2	Charakteristika podnebí .....	35
3.2	Metodika odběru vzorků .....	35
3.3	Výsledky.....	37
3.4	Diskuze .....	41
4	Závěr .....	43
5	Zdroje.....	44

6	Seznam příloh.....	48
---	--------------------	----

# 1 ÚVOD

Půdní struktura je jedním z nejdůležitějších atributů půdní úrodnosti, která je ovlivněna celým komplexem vnějších a vnitřních faktorů. Člověk svým chováním může pozitivně resp. negativně ovlivňovat strukturní stav půd.

I když dosud není zcela osvětlen princip tvorby půdních agregátů, již dlouho se ví, že se jedná o jednu z nejvýznamnějších půdních vlastností, které ovlivňuje stav půdy, ale i zemědělskou produkci.

Struktura půdy ovlivňuje řadu dalších půdních vlastností. V současné době je velmi aktuální otázka zadržování vody v půdě, a tedy v krajině. V tomto ohledu je struktura půdy velmi významným faktorem, který výrazně ovlivňuje schopnost půdy poutat vodu.

Z faktorů, které mají výrazný vliv na strukturu půdy je antropogenní činnost jeden z nejvýznamnější. Jedná se zejména o způsob zemědělského obhospodařování dané půdy. Degradovaná půdní struktura se pak projeví i v menší schopnosti půdy poutat vodu.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Půdní struktura

Uspořádání půdních částic v profilu půd je nazýváno také jako struktura půdy. Půdní struktura je dynamický komplex, který není stále dobře pochopen a poznán. Jacks (1963) uvádí, že spojováním minerálního a organického podílu se formuje organo-minerální komplex, který je nesmírně důležitý pro existenci života, ale jeho poznání zatím minimální.

Od dob Jackse sice mnohé pokroky v jílové mineralogii, koloidní chemii a jiných vědních disciplínách vedly k lepšímu porozumění geneze, charakteristice a managementu půdní struktury (Carter a Stewart, 1996). Nicméně, ani při současném množství poznatků z této oblasti však nedokážeme dát jednoznačně uspokojivé odpovědi na otázku, jak vlastně půdní struktura vzniká. Jedná se přitom o nejdůležitější fyzikální vlastnost (Fulajtár, 2006).

Bedrna et al. (1989), později Fulajtár (2006) charakterizovali strukturu půdy jako uspořádání půdních částic v určitém objemu půdy a jejich agregaci do větších strukturních jednotek. Volný prostor mezi půdními částicemi a agregáty tvoří půdní póry. Struktura půdy a od ní závislá pórovitost jsou rozhodujícími faktory režimu objemového půdního uspořádání.

Čurlík a Šurina (1998) také chápou půdní strukturu jako velikost, tvar a uspořádání pevných částic a pórů a primárních komponent do agregátů. Autoři dále uvádějí, že při jejím hodnocení se posuzuje velikost, tvar uspořádání, zřetelnost a stabilita půdních agregátů.

Kay (1997) zase uvedl, že strukturu půdy lze posuzovat ze čtyř různých a základních aspektů a to: forma, stabilita, odolnost a zranitelnost. Každý aspekt struktury půdy může být posuzován v rozdílných škálách. Pojem forma struktury se vztahuje na skupinu znaků, které popisují heterogenitu prostoru, který je závislý od času. Formy struktury jsou ovlivněny celkovou pórovitostí, rozdělením pórů v prostoru a jejich spojitostí v půdním profilu (Šimanský, 2006).

Ničením půdní struktury se snižuje úrodnost půd. Přirozené mechanické zhoršení půdní struktury je způsobeno především účinkem dešťových kapek a vodní erozí. Dešťové kapky působí zejména na půdu, která není pokryta rostlinstvem. Člověk ničí půdní strukturu mechanicky, hlavně nepřiměřenými zásahy do půdního prostředí a obráběním. Řešení otázky vhodnosti použitých systémů hospodaření na půdě z tohoto pohledu je stále aktuální. Půdní struktura tedy může být významně ovlivňována i agrotechnickými zásahy (Bronick a Lal, 2005).

Jednou z příčin složitosti struktury půdy je rozpětí škál při jejím vyhodnocování. Procesy formování struktury půdy probíhají v škále rozpětí od nanometrů do několika cm. Další příčinou složitosti je přirozená dynamika půdní struktury. Změny struktury kolísají v čase a prostoru a vyznačují se vysokou dynamikou změn (Bronick a Lal, 2005).

Bronick a Lal, (2005) definovali strukturu půdy ze čtyř rozdílných pohledů:

1. Pedologický pohled – tento přístup definuje strukturu půdy, která je založena na mechanickém pohledu v závislosti na vlastnostech jejích komponentů. Z pedologické hlediska je půdní struktura definována jako třídímní uspořádání jednotlivých minerálních zrn a organických složek do celků, které nazýváme agregáty.
2. Edafický pohled – tento přístup je založen na funkčních změnách struktury půdy ve spojitosti s růstem rostlin. Funkční změny půdní struktury souvisí s póry nebo prázdnyými místy, které regulují růst a vývoj kořenů, zadržování a pohyb vody a difúzi plynů. Půda je tedy porézní systém, a to je nejdůležitější aspekt půdní struktury, který zahrnuje dva typy pórů:
  - a. póry uvnitř agregátů – jsou určovány zrnitostním složením elementárních částic a jsou nazývány texturní póry nebo vnitroagregátové póry,
  - b. póry mezi agregáty – jsou výsledkem uspořádání strukturních elementů a nazývají se meziagregátové nebo strukturní póry.
3. Technický pohled – důležité mezi technickými funkcemi struktury půdy jsou odpor při krájení, svahová stabilita, stlačitelnost a propustnost vody. Z tohoto pohledu je půdní struktura "síla a stabilita agregátů a mezer ve vztahu k jejich stlačitelnosti a propustnosti".

4. Ekologický pohled – možná nejkompexnější definice struktury půdy je kombinace pedologického. Tento ekologický pohled kombinuje přístup ke struktuře půdy založený na velikosti, tvaru a pevnosti agregátů, ale také velikosti a kapacitě pórů, schopnosti zadržet vodu a podpořit růst a vývoj kořenů.

## 2.2 Tvorba agregátů a jejich stabilizace

Agregace půdy je proces, při kterém základní částice půdy, resp. agregáty různé velikosti, jsou spojovány pomocí organických nebo anorganických materiálů do větších celků. Tento proces nezahrnuje pouze samotné formování větších agregátů, ale i jejich stabilizaci. Tyto procesy probíhají víceméně současně. V důsledku toho je obtížné určit, zda jde o proces formování, resp. stabilizace agregátů. Přesto několik autorů (Bronick a Lal, 2005) uvádí, že formování agregátů je zajištěno v důsledku fyzikálních sil, zatímco jejich stabilizace je ovlivněna řadou faktorů jako je množství a kvalita organických, resp. anorganických pojivých látek.

Flokulace jílu je základní podmínkou pro agregaci půd. Fyzikální síly zahrnují střídání cyklů zvlhčování a vysušování, zamrzání a rozmrzání půdy, objemové změny, také působení kořenů rostlin v důsledku jejich růstu, ale i výměšky půdní fauny, hlavně žížal. Mezi nejvýznamnější anorganické stabilizující faktory půdních agregátů patří: jíly, polyvalentní kationty jako  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Al}^{3+}$ , ale i oxidy železa, hliníku, karbonáty vápníku a hořčíku a sádra (Bronicki a Lal, 2005).

Organická hmota je nejvýznamnějším organickým stabilizátorem půdní struktury. Organickou hmotu můžeme rozdělit do tří skupin podle intenzity a délky stabilizace agregátů na: nestálou, dočasnou a odolnou (Bronicki a Lal, 2005):

1. Nestálá organická hmota je rychle rozkládána mikroorganismy a zahrnuje polysacharidy a rostlinné a mikrobiální produkty.
2. Dočasná organická hmota je tvořena kořeny rostlin, hyfami mikroskopických hub.
3. Odolná organická hmota sestává z humusových látek, organo-minerálních komplexů nebo je tvořena komplexy humínových kyselin spolu se seskvioxydy

Mechanismy, podílející se na vázání půdních částic do stabilních agregátů, jsou rozdílné a závisí na různých faktorech a jejich vzájemných vztazích. Mezi nejvýznamnější faktory působící na mechanismy tvorby agregátů se zařazují půdotvorný substrát, klima, vegetace, způsoby hospodaření na půdě (Bronicki a Lal, 2005).

Na půdách, kde organická hmota je hlavní tmelící / spojující složkou minerálních částic do agregátů, je tento proces hierarchický, tj. primární částice včetně jílu se vážou spolu a vytvářejí mikro-agregáty (soubor částic do velikosti 250  $\mu\text{m}$ ), ze kterých se následně vytvářejí makro-agregáty (shluky částic až do velikosti několika mm) (Bronicki a Lal, 2005).

Na základě toho vznikají různě velké agregáty s rozdílnou hierarchií půdních pórů a kontaktních míst mezi půdní hmotou. Z tohoto důvodu, různé spojovací mechanismy mohou fungovat více či méně současně na různých prostorových škálách a stabilizovat jeden velký makro-agregát (Bronicki a Lal, 2005).

Na spojování mikro-agregátů do makro-agregátů se podílejí kořeny rostlin a hyfy mikroskopických hub (Bronicki a Lal, 2005). Množství výzkumů potvrdilo, že růst kořenů a hyf slouží k vytváření makro-agregátů, a že mikro-agregáty jsou pak tvořené a stabilizované v rámci (uvnitř) těchto makro-agregátů v důsledku rozkladu organické hmoty, včetně rozkladu mikroorganismů a jejich produktů, orientace jílových částic a fyzikálně-chemických reakcí mezi polyvalentními kationty, organickými molekulami a jílem (Bronicki a Lal, 2005).

Mechanismus tvorby agregátů není poznán v celém rozsahu a je předmětem různých teorií. Mechanismus agregace je ovlivněn působením exogenních a endogenních sil vznikajících v důsledku vzájemných interakcí mezi půdou a vodou (Bronicki a Lal, 2005).

Edwards a Bremner (1967) popsali vznik půdní struktury následovně. Mikroagregáty jsou spojovány a vytvářejí se makro-agregáty a vazby uvnitř mikro-agregátů jsou silnější než vazby mezi mikro-agregáty. Mikro-agregáty (<250  $\mu\text{m}$ ) se vytvořily z organických molekul (OM) atakujících jílu (Cl) a polyvalentních kationtů (P) a vznikly složené částice (Cl-P-OM), které spojením s jinými složenými částicemi (Cl-P-OM) vytvářejí makro-agregáty [(Cl-P-OM) x] y.

Tisdall a Oades (1982) formulovali hierarchickou teorii tvorby agregátů, která vysvětluje postupný rozpad makro-agregátů na mikro-agregáty, kterému předcházela úplná disociace na primární částičky. Další podstatou tohoto principu je, že mladší a labilnější organická hmota je více obsažena v makro-agregátech než v mikroagregátech. Tito autoři popsali koncepci modelu, který je nejčastěji používán pro pochopení vztahů mezi stabilitou agregátů a organickou hmotou.

Půdní struktura může být vytvářena také pomocí kořenů rostlin a hyf mikroskopických hub. Kořeny a hyfy hub se proplétají a uvolňují organické látky působící jako tmel, spojující částice do celků. Částice jsou přestavěny během promíchání, dokud v důsledku ovlhčení a následného vysušení půdy nedojde ke stabilizaci agregátů. Bakteriální mikro-agregáty se tvoří tak, že kolonie bakterií a jejich exsudátů se vytváří polysacharidická kapsle, kolem níž se uspořádají jílové částice a jsou do ní vtaženy sušením a smrštěním. Jílové šupinky tvoří ochranný povlak před kolonií bakterií, čímž inhibují rozklad půdní organické hmoty nacházející se uvnitř. Koncentrická teorie agregace naznačuje, že vnější vrstvy jsou vytvářeny na vnějších površích agregátů s mladšími uhlíkatými látkami na vnější vrstvě agregátů než uvnitř agregátů (Santos et al., 1997).

Srážení hydroxidů nebo hydratovaných oxidů, fosforečnanů a uhličitanů také podporuje agregaci. Kationty jako  $\text{Si}^{4+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  a  $\text{Ca}^{2+}$  stimulují srážení látek, které působí jako spojující složky primárních částic. Kationty tvoří můstky mezi jílem a částicemi půdní organické hmoty, což vyúsťuje do jejich agregace. Rozpuštěné organické látky mohou vytvářet komplexy s  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Al}^{3+}$  ionty, které jsou při nízkém pH mobilní, ale mohou být vysráženy kdekoli v půdě. Tato tvorba komplexů snižuje mikrobiální dostupnost půdního uhlíku a jeho mineralizaci (Bronick a Lal, 2005). Agregáty se mohou tvořit, jak to uvedli Bronick a Lal (2005), i kombinací těchto procesů. Makro-agregáty mohou být iniciálně vytvářeny akumulací mikroagregátů nebo obalením částic půdní organické hmoty či bakteriálních kapslí a rozpadem nebo štěpením později až na mikro-agregáty. Mikro-agregáty mohou být původně vytvořeny postupným spojováním jílu, půdní organické hmoty a kationtů, nebo jako koloběh produktů z makro-agregátů. Primární částičky se mohou akumulovat na vnějších vrstvách agregátů.



Základní vlastností agregátů je jejich stabilita, která charakterizuje nebo vyjadřuje jejich odolnost vůči degradačním mechanismem a půdní erozi (Bronick a Lal, 2005).

Amézqueta (1999) konstatoval, že stabilita půdních agregátů je rozhodující vlastnost ovlivňující udržitelnost půdy a rostlinnou produkci. Agregátovou stabilitu je obtížné kvantifikovat a interpretovat. Je ovlivněna celým komplexem faktorů a půdních vlastností, jako jsou dostatek a stabilita organické půdní hmoty, celková pórovitost, infiltrační schopnost půdy, hydraulická vodivost, odolnost vůči erozním procesům. Stabilita agregátů je podmíněna, kromě výše uvedeného komplexu půdních vlastností a jejich vzájemných interakcí, i charakterem klimatu, ale i způsobem hospodaření na půdě.

Zachování vysoké stability půdních agregátů je nezbytné pro zachování a udržení úrodnosti půd, snížení eroze půdy a její degradace, čímž se minimalizuje poškozování a znečišťování životního prostředí. Arshad a Cohen (1992) považují stabilitu agregátů za jednu z nejvýznamnějších fyzikálních vlastností půd, která může sloužit jako jeden z indikátorů kvality půdy.

Problematikou stability půdních agregátů se zabývali mnozí vědci a vědecké týmy. Měření stability agregátů vzbudilo značnou pozornost během posledních 60 let. Je všeobecně známo, že stabilita půdní struktury závisí hlavně od síly vázaných mikro-agregátů do makro-agregátů. Cílem testování stability agregátů je získat spolehlivý popis a hodnocení chování půdy vlivem vody, větru a hospodaření. Jak již bylo zmíněno, stabilita agregátů je ovlivněna řadou faktorů. Zaujec a Chlpík (2002) uvedli následující pedogenní vlivy na stabilitu půdních agregátů:

1. Obsah půdní organické hmoty – stabilita agregátů obecně roste s jejím obsahem. Vliv je výraznější v půdách s nízkým obsahem jílových částic. Ve většině půd zvýšení obsahu organické hmoty nad 2 % nezvyšuje průkazně stabilitu agregátů.
2. Obsah jílu – stabilita agregátů je ovlivněna obsahem a typem jílových částic, obecně roste s obsahem jílu. Tento pozitivní vliv klesá při vysokém zastoupení, také jíly s vysokou povrchovou plochou (např. montmorillonit) mají větší tendenci podílet se na zvýšené agregaci oproti jílům s nízkou povrchovou plochou (např. kaolinit).

3. Obsah oxidů hliníku a železa – stabilita agregátů roste s obsahem volných oxidů železa. Volné oxidy hliníku se významně nepodílejí na zvyšování stability agregátů.
4. Obsah  $\text{CaCO}_3$  – významně neovlivňuje stabilitu agregátů.
5. Obsah výměnného sodíku – agregátová stabilita klesá s narůstajícím obsahem výměnného sodíku a v půdách s obsahem  $> 20 \%$  již neexistují voděodolné agregáty.

Obecně platí, že mezi nejdůležitější půdní vlastnosti ovlivňující agregaci a celkovou stabilitu agregátů patří: zrnitostní složení, kvalita nebo druh jílových minerálů, organická hmota půdy, kationty, seskvioxid a uhličitan vápenatý (Bronick a Lal, 2005). Nicméně, faktory ovlivňující stabilitu agregátů budou diskutovány podrobněji ve zvláštní kapitole.

### **2.3 Rozdělení agregátů**

Základní jednotkou půdní struktury je půdní agregát - ped. Primární pedy jsou relativně stále agregáty, které se již přirozeně nedělí na menší půdní jednotky. Naopak, mohou se spojovat do větších jednotek – agregátů vyšších řádů (Bedrna, 2002).

Agregát sestává z několika půdních částic vzájemně vázaných. Agregáty, které odolávají působení vody, jsou nazývány voděodolné agregáty. Obecně, vyšší obsah voděodolných agregátů snižuje erodovatelnost půdy. Půdní agregáty jsou produktem půdní mikrobiální komunity, půdních organických a minerálních složek, působení rostlinného společenství a historie ekosystému. Jsou důležité pro pohyb a zadržování půdní vody, provzdušnění půdy, erozi, rozvoj kořenového systému a aktivitu mikroorganismů (Bedrna, 2002).

Agregáty zvyšují kvalitu půdy následujícím způsobem:

1. chráněním půdní organické hmoty nacházející se v agregátech před vlivem vzduchu a mikrobiálním rozkladem,
2. snižováním erodovatelnosti půdy,
3. zvyšováním pohybu vzduchu a vody, zlepšováním fyzikálních podmínek pro růst kořenů rostlin.

Agregáty jsou sekundární komponenty vytvořené spojováním minerálních částic s organickými a anorganickými látkami. Půdní agregáty v zahraničí jsou obecně rozdělovány na základě jejich velikosti do dvou skupin:

1. mikro-agregáty (<250  $\mu\text{m}$ )
2. a makro-agregáty (> 250  $\mu\text{m}$ ) (Fiedler, 2001).

V současnosti, jak uvádí Fulajtár (2006) je ve většině naší literatury všeobecně uznávané následující dělení agregátů:

1. mega-agregáty > 10 mm,
2. makro-agregáty 10 - 0,25 mm,
3. mikro-agregáty <0,25 mm.

Podle velikosti jsou agregáty větší než 10 mm krychlové nebo hrubě polyedrické struktury nevyhovující na tvorbu kvalitní struktury půdy. Kvalitní strukturu vytváří větší než 50 % obsah kostrovitě, polyedrický a drobně polyedrických strukturních elementů s rozměry 5-10 a 0,5-5 mm (Bedrna, 2002).

Bedrna (2002) vyčlenil čtyři hlavní úrovně hierarchie agregátů:

1. <20  $\mu\text{m}$  – jsou jílové mikro-struktury a neobsahují pozorovatelné organické složky
2. 20–90  $\mu\text{m}$  – obsahují menší organické částičky, více pórů zanechaných po biologickém ataku a agregáty na této úrovni se začínají projevovat jílovou morfologií
3. 90–250  $\mu\text{m}$  – mají jako jádro rozeznatelné zbytky rostlin obalené anorganickými komponentami
4. > 250  $\mu\text{m}$  – um jsou stabilizované kořeny a houbami

Fulajtár (2006) uvádí, že mikro-agregáty tvoří skoagulované půdní koloidy, spojené jílovité a prachové částice, tlustší půdní částice s koloidním povlakem a středně jemná písečná zrna. Vzniku mikro-agregátů neprospívá zvýšený obsah písku a prachu.

Makro-agregáty vznikají jednak shlukováním mikro-agregátů do větších a pevnějších útvarů, jednak vlivem objemových změn půdní hmoty při vysušování, působením mrazů, dehydratací, tlaku kořenového systému rostlin, vlivem půdní fauny a vlivem mechanického obdělávání půdy.

Na stabilitu makroagregátů má prvořadý vliv cementace půdních částic. Z agronomického hlediska je podle Bedrny (2002) významný podíl makro-agregátů, za které se považují obyčejně shluky, které sestávají z několika vzájemně cementovaných částic. Za dolní hranici pro rozměr makro-agregátů se přijalo 0,25 mm, zatímco jejich horní hranice má víceméně relativní hodnotu. Většina autorů považuje za tuto hranici rozměr do 7 mm, někteří až 8 mm i více. Shoda je však v tom, že za agronomicky nejcennější se považují agregáty, pokud jejich rozměr je mezi 0,5 - 3 mm.

Makro-agregáty většinou obsahují větší množství organické hmoty a vyšší obsah živin, jsou méně náchylné k erozi, podílejí se na vytváření větších pórů pro lepší pronikání vody a provzdušňování v porovnání s mikro-agregáty (Bedrna, 2002). To je důvod, proč bude mít půda s vyšším obsahem stabilních makro-agregátů vyšší kvalitu jako půda s větším obsahem stabilních mikro-agregátů. Pokud se půda skládá pouze z velkých makro-agregátů, tak velikost pórů mezi nimi je vysoká, takže se celkově zadrží menší množství vody a živin.

Jednotlivé půdní agregáty jsou tedy shlukovány do větších celků, čímž vzniká půdní struktura. Dle Rejška (2018):

1. Slitá – struktura je zcela jednotná, nelze rozeznat jednotlivé půdní agregáty,
2. Krupnatá – ve vodě se tyto agregáty nerozpadají, velikost 1-10 mm,
3. Drobtovitá – ve vodě se tyto agregáty snadno rozpadají, velikost 1-10 mm,
4. Hrudkovitá - agregáty o velikost 10 – 50 mm,
5. Hrudovitá – agregáty větší než 50 mm,
6. Kostkovitá,
7. Hranolovitá,
8. Deskovitá,
9. Lískovitá.

## **2.4 Faktory utvářející půdní strukturu**

Lal a Shukla (2004) rozdělují faktory ovlivňující stabilitu půdních agregátů do dvou skupin:

1. vnitřní,
2. vnější.

Mezi vnitřní faktory (primárně vlastnosti půd) se řadí vliv elektrolytů, obsah a kvalita jílových minerálů, obsah uhličitánů a sádry, organická hmota půdy, obsah kationtů. Mezi vnější faktory jsou zařazeny charakter klimatu, biologické faktory, způsoby hospodaření na půdě. Samozřejmě mezi jednotlivými faktory a strukturou půdy existují četné interakce.

Bedrna (2002) shrnul faktory ovlivňující stabilitu agregátů následovně:

1. Fyzikální faktory:

- a. vysychání a zvlhčování – způsobují smršťování a bobtnání co podmiňuje vznik puklin a kanálků,
- b. mrznutí a tání – také vedou ke vzniku puklin a mezer v půdě,
- c. nerovnoměrná roztažnost komponentů půdní hmoty,
- d. působení různých tlaků v půdě.

2. Fyzikálně-chemické faktory:

- a. shlukování a slepování koloidních organických a minerálních sloučenin,
- b. agregace působením jílových minerálů, seskvioxidů a humusu,
- c. vzájemné vazby mezi částicemi jílu, které do značné míry závisejí na iontovém poutání na jejich površích i od iontů v půdním roztoku - pozitivně se na tvorbě stabilní struktury podílejí vícemocné kationty, zejména Ca, Mg, Al, Fe; naopak jednomocné kationty podporují tvorbu nestabilní struktury.

3. Biologické faktory:

- a. působení kořenů, které odebírají vodu a tím způsobují smršťování, kypří půdu, vyvíjejí určitý tlak na půdu, kapilární kořínky ji spojují, uvolňují organické látky, zanechávají po odumření v půdě organickou hmotu a kanálky po jejím rozkladu,
- b. působení mikroorganismů, které rozkládají organické látky a poskytují humusotvorný materiál bohatý na bílkoviny, polysacharidy, bakteriální slizy a mycelia hub,
- c. působení živočichů, které kypří a drolí půdu, přemísťují půdní částice, zanechávají v půdě exkrementy, budují chodbičky, po odumření půdu obohacují o organickou hmotu.

### 2.4.1 Mechanické faktory

Mechanické síly jsou původně přírodního a antropogenního původu. Mráz, dešťové kapky a extrémně vysoušené půdy drobí půdní agregáty a uvolňují z nich jednotlivá zrna (Bedrna, 2002).

Dopadající kapky na exponované agregáty je rozrušují samotným mechanickým dopadem, ale i náhlou změnou provlhčení vysušených agregátů (Šarapatka, 2014). Tento proces je ale reverzibilní, a tak ve stabilizovaném ekosystému z jednotlivých půdních zrn se opět vytvářejí půdní agregáty.

Jinak je to u antropogenního působení mechanických sil na půdní agregáty (Bedrna, 2002). Mechanické působení obráběcích strojů (nadměrné kypření, orba, plečkování, válcování) se projevuje v povrchové vrstvě půdy do 0,1 m. Vzniká tak mechanická deformace půdy stroji a nářadím při zpracování půdy v limitních vlhkostech. Při vysoké vlhkosti dochází k shlukování a deformaci strukturních agregátů, přičemž se mění jejich tvar a vnitřní stavba. Při intenzivním vícenásobném obdělávání přesušené půdy se zhoršuje půdní struktura rozprašováním (především bráněním a při frézování). Při 25% podílu "prachu", který zaplňuje prostory mezi agregáty, dochází k podstatnému zhoršení agronomických vlastností strukturní půdy.

Intenzita mechanického rozrušování je vyšší na půdě, která je jen krátké období v roce zastíněna vegetací. Při intenzivně obráběných půdách dochází k postupnému snižování obsahu humusu – nejdůležitější strukturní látky. Po mnohonásobném mechanickém rozrušení struktury půda ztrácí schopnost regenerace a stává se trvale nestrukturální. Stupeň mechanického rozrušení struktury závisí na pevnosti, pružnosti agregátů a od momentální vlhkosti půdy (Šarapatka, 2014).

### 2.4.2 Fyzikálně chemické faktory

Fyzikálně – chemické jevy rozpadu půdních agregátů jsou úzce spjaty s půdní aciditou a účinkem nadměrného obsahu draslíku a sodíku v půdě. jednomocné kationty (sodík, vodík, draslík) působí na minerální a organické koloidy peptizačně. Shlukování koloidů do agregátů brání vytváření pravých roztoků vodorozpustných solí a anorganických kyselin ( $H_2CO_3$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $K_2SO_4$ ,  $HNO_3$  apod.) (Šarapatka, 2014).

V humidním oblastech je problém rozpadu půdní struktury úzce spjat s acidifikací. Zatímco v aridních oblastech dochází k zasolování půdy v důsledku nadměrné aplikace draselných hnojiv. V důsledku toho dochází k rozpadu půdní struktury vlivem nadbytku draslíku. Ukazuje se tedy, že pro péči o půdu je významné nepřehnojování půdy draselnými hnojivy, které zhoršují půdní strukturu a takto snižují odolnost půdy proti utužování (pedokompakci) a erozi (Bedrna, 2002).

Dispergační působení vody s monohydroxyfenolových kationtů (amoniaku, sodíku, draslíku, vodíku) na tmelící části agregátů – koloidní humus a vápník způsobují fyzikálně – chemické rozrušování agregátů. Jednomocné kationty vytěsňují vápník a hořčík. Srážková voda obohacená o amonné soli, pronikající do půdy, způsobuje vytěsnění výměnných iontů vápníku a rozplavení agregátů (Šarapatka, 2014).

### **2.4.3 Biologické procesy**

Biologické procesy rozkladu půdních agregátů jsou spojeny s urychlenou mineralizací humusu v půdě. Urychlená mineralizace humusu je často podmíněna antropicky. Ztráta humusu znamená úbytek tmelícího materiálu, a tedy nepřímo podmiňuje peptizaci půdních koloidů (Bedrna, 2002).

Intenzivní rozklad humusových tmelů aerobními bakteriemi působí na agregáty negativně a dochází k úplné mineralizaci organické hmoty. Biologický rozklad podporuje dostatek kyslíku a nedostatek čerstvé organické hmoty. Struktura se tímto způsobem rozpadá ve prospěch uvolnění biogenních prvků rostlinné výroby (Šarapatka, 2014).

### **2.4.4 Klima**

Klima ovlivňuje půdní agregaci změnami teplotních a vlhkostních režimů a cykly mokro – sucho a zmrzlá – rozmražená půda co se může podílet na reorientaci částic s možným výsledným efektem podpory agregace a nárůstu izolace půdního organického uhlíku uvnitř agregátů (Bedrna, 2002).

Teplotní a vlhkostní změny ovlivňují mikrobiální a biotickou aktivitu, čímž se mění i rychlosti rozkladu. Vztah mezi teplotou a rozkladem je velmi variabilní na čemž se podílí množství dalších faktorů (Bedrna, 2002).

Vyšší teploty se projevují vyšší respirací a biologickou aktivitou v půdách. Nižší teploty se podílejí na zvyšování zásob organické hmoty. Ve vlhkých klimaticky mírných oblastech je agregace ovlivňována cykly zamrzání – rozmrazování (Bedrna, 2002).

Půdy podléhají kontinuální změnám při vodních režimech. Ve vlhkém prostředí cykly mokro – sucho jsou nejběžněji spojovány s klimatickými podmínkami. Na lokální úrovni příjem vody kořeny podílejících se na evapotranspiraci může způsobovat vysoušení kořenové zóny. Vlhkost a cykly mokro – sucho mají proměnlivý vliv na agregaci a může narušovat agregaci bobtnajících jílu. Jak jílové částice nabobtnávají, oddělují se od ostatních částic a klesá stabilita agregátů. Cykly mokro-sucho mají pozitivnější vliv v počátečním stádiu v půdách s jíly, které nebobtnají a v případě makroagregátů, protože během bobtnání jílové částice v půdě mají tendenci rozptylovat se a vytvářet můstky a povlaky při vysoušení. To vede k bližšímu kontaktu mezi částicemi a podporuje tvorbu jílových můstků. Ty jsou důležité pro agregaci půd v aridní, semiaridní a subhumidních oblastech (Bedrna, 2002).

Aridní podmínky ovlivňují agregaci proměnlivě. Faktory jako přítomnost karbonátů, činnost srážek a tvorba škraloupu mohou zvyšovat stabilitu agregátů v aridním prostředí. Půdní prsušek redukuje infiltraci vody, redukuje však i rozrušování agregátů a erozi, což také pozitivně působí na agregaci. Některé půdy v aridní oblastech mají vyšší stupeň agregace a stabilních mikroagregátů než jiné nacházející se v humidním regionech (Bedrna, 2002).

Pokles půdní vlhkosti a redukce vegetace může být důsledkem tvorby struktury a agregace a zvýšené eroze. Pokles stability agregátů může být vyvolán zvyšující se erozí a povrchovým odtokem čehož důsledkem je snížení půdního organického uhlíku, obsahu jílu a kationtů výměnné kapacity (Bedrna, 2002).

Teplota a vodní režimy jsou ovlivněny a měněny způsoby obhospodařování např. zavlažováním, trvalým porostem povrchu půdy a mulčováním. Konvenční orba prodlužuje dobu působení vzduchu, slunce a větru na půdní povrch. Způsoby obrábění mírní vliv cyklů mokro – sucho a zkušenosti s bezorebního hospodařením říkají, že dochází ke snížení intenzity působení těchto cyklů tím, že je chráněn povrch rostlinnými zbytky (Bedrna, 2002).



## 2.4.5 Geografický region

Geografický region, nadmořská výška, inklinace a expozice svahů ovlivňují vegetaci a erozi. Reliéf ovlivňuje rychlost zvětrávání a má přímý vliv na půdní strukturu. Severní svahy ve Středomoří mají půdy s vyšší agregací než jižní, což způsobuje to rozdílná vegetace v důsledku rozdíl v mikroklimatu. Zvýšená stabilita agregátů a lepší podmínky pro vegetaci působí příznivě na zvýšení infiltrace vody do půdy a redukci eroze (Šarapatka, 2014).

Půdy na svazích jsou méně odolné vůči erozi v regionech s intenzivními srážkami. Eroze působí přemísťováním částic s nižší hmotností nebo částic lehčích včetně jílu a půdního organického uhlíku, což jsou dvě primární komponenty podílející se na agregaci (Bedrna, 2002).

Agregace v půdách je kontrolována různými mechanismy v různých půdních typech. Rychlost tvorby a stabilita vytvořených agregátů roste s obsahem organického uhlíku a povrchové plochy jílu a kationtů výměnné kapacity (Bedrna, 2002).

## 2.4.6 Organická hmota, zrnitost, obsah kationtů

V půdách s nízkým obsahem organické hmoty a jílových částic bývá agregace podporována kationty, zatímco v půdách s vysokými obsahy organické hmoty, nebo jílových částic toto působení může být minimálně (Šimek, 2019).

Půdní zrnitost prokazatelně ovlivňuje agregaci. V hrubě texturní půdách má organický uhlík větší vliv na půdní strukturu, zatímco růst zastoupení typů jílových minerálů je důležitější než množství určující agregaci (Šimek, 2019).

Koncentrace jílu fyzikálně ovlivňuje agregaci přes bobtnání a smršťování. Potenciál bobtnáním indukované degradace je redukován při nízkých obsazích jílu (Šimek, 2019).

Kationtová sorpční kapacita je také spojována se stabilitou agregátů. Agregace je stimulována interakcemi kationtových můstků, v nichž odpudivé síly mezi negativně nabitými jílovými částicemi nebo organickou hmotou v půdě jsou redukovány.

Agregáty obsahující polyvalentní kationty (dvojmocný vápník a trojmocný hliník a hořčík) jsou značně odolné vůči rozpadu (Šimek, 2019).

Půdní struktura ovlivňuje zadržování a přístupnost vody. Agregace a propojení pórů zvyšuje propustnost půdy pro vodu, což se může projevit ve zvýšení infiltrační schopnosti a snížení povrchového odtoku, pohybem vody do hlubších vrstev v půdním profilu a zvýšení vyplavování živin (Šimek, 2019).

Partikulární organická hmota zahrnuje velké částice organické hmoty (250 -2000 um), které existují jako volné - tzv. lehké frakce (LF) nebo obalené půdními částicemi a zajišťují fyzikální ochranu před rozkladem. Lehká frakce v půdách je spojována s jílovými částicemi a polyvalentními kationty při tvorbě agregátů. Zvyšování obsahu organického uhlíku a agregace v půdách bez orebního využívání může být příčinou zvyšování lehkých frakcí organické hmoty. Tato organická hmota tvoří jádra při tvorbě makroagregátů s materiály akumulujícími se kolem partikulární organické hmoty. Makroagregáty mají vysokou koncentraci partikulární organické hmoty s nízkou specifickou hustotou uvnitř makroagregátů. Partikulární organická hmota je důležitým komponentem při spojování mikroagregátů a tvorbě makroagregátů. Mikroorganismy rozkládající organickou hmotu mohou také produkovat polysacharidy, které mohou působit jako spojovací komponenty (Bedrna, 2002).

Kationty dvojmocného vápníku a hořčíku vylepšují půdní strukturu, podílejí se na tvorbě můstků mezi jílovými minerály. V aridních a semiaridních podmínkách vápenaté a hořečnaté kationty se vysrážejí a vytvářejí sekundární povlaky karbonátů a spojují primární půdní částice. Obecně jsou  $\text{Ca}^{2+}$  ionty efektivnější než  $\text{Mg}^{2+}$  při vylepšování půdní struktury (Bedrna, 2002)

Vápenaté kationty mohou inhibovat disperzi jílu a spojovat rozpadlé agregáty nahrazením sodíku a dvojmocného hořčíku v jílech a agregátech, a tak zvyšovat stabilitu agregátů. V porovnání k  $\text{Ca}^{2+}$  mohou mít  $\text{Mg}^{2+}$  ionty škodlivý vliv na stabilitu agregátů zvyšováním jílové disperze. Výraznější negativní vliv hořčíku ve srovnání s vápníkem může také souviset s typem jílových minerálů a koncentrací elektrolytů v půdě (Bedrna, 2002)

Používáním půdních kondicionérů obsahujících dvojmocný vápník a hořčík, jakými jsou vápenec a sádra může být výrazně ovlivněna agregace. Zvýšení stability agregátů vápněním půd se připisuje silným schopnostem tvorby  $\text{Ca}^{2+}$  můstků (Bedrna, 2002).

Polyvalentní kationty jako trojmocný hliník a železo vylepšují půdní strukturu přes kationtové můstky a vytvářejí organo-kovové sloučeniny a gely. Rozpustnost a mobilita těchto kationtů je závislá na pH a roste s poklesem hodnot pH. Interakce trojmocného hliníku a železa z kaolinitu mohou synergicky podpořit agregaci při limitovaném vlivu organického uhlíku, dokud oxidy a hydroxidy hliníku reagují synergicky s organickým uhlíkem a dispergovatelný jíl podporuje agregátovou stabilitu. Oba ionty  $\text{Al}^{3+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$  kontrolují agregaci v kyselých půdách s nízkým obsahem jílu a organické hmoty (Bedrna, 2002).

### **2.4.7 Kořeny rostlin**

Kořeny rostlin a jejich rhizosféra mají několik vlivů na půdní agregaci. Kořeny se prolétají kolem půdních částic a uvolňují kořenové exsudáty, čímž působí na fyzikální, chemické a biologické změny, které ovlivňují agregaci. Agregace se zvětšuje s narůstáním délky a hustoty kořenů, mikrobiálních asociací a pokrývání půdního povrchu. čím průkazně ovlivňuje stabilizaci agregátů (Šimek, 2019).

Agregátová stabilita je větší v půdní rhizosféře oproti půdám bez působení kořenové hmoty, hustoty kořenů, jejich rozdělení a koloběhu, jako i délky a růstu hyf. Rhizosféra je hostitelem velkého množství populací mikro a makroorganismů, které se podílejí na tvorbě organické hmoty a agregace. Kořeny podporují agregaci chemicky uvolňováním různých látek, které mají cementující účinek na půdní částice (Šimek, 2019).

Kořenové slizy jako například různé kyseliny mohou stabilizovat agregáty zvýšením síly vazby a snížením rychlosti smáčení. Kořeny zvyšují cyklus mokro-sucho přilehlých půd, což může zvýšit stabilitu agregátů v některých případech a snížit v jiných, pravděpodobně to závisí na typu jílu. Kořeny mohou také měnit iontovou a osmotickou rovnováhu v rhizosféře přes příjem živin, což může ovlivnit agregaci (Šimek, 2019).

Různé kořenové systémy ovlivňují agregaci rozdílně, v závislosti na rozdílných vlastnostech kořenových exsudátů a funkcí. Mohutné kořeny se podílejí na tvorbě makroagregátů. Kořeny leguminózních rostlin jsou výrazněji propojeny s mikrobiální biomasou, roste agregace a množství voděodolných makroagregátů je větší než u neleguminózních. Agregátová stabilita u neleguminózních rostlin je také spojena s

kmenovou hmotou. Kořeny, houby a bakterie podporují agregaci proplétáním půdních částic a tvorbou mimobuněčných látek, které spojují částice. Často je velmi obtížné oddělit multiplikační efekt na agregaci (Šimek, 2019).

#### **2.4.8 Mikrobiální aktivita**

Mikrobiální aktivita – v některých případech mikrobiální aktivita může záviset na velikosti agregátů a v jiných nemusí. Bakterie jsou často spojovány s jíly a s polysacharidy do mikroagregátů, důsledkem je pak nižší mikrobiální biomasa v mikroagregátech než v makroagregátech. Užší poměr bakterie: houby v makroagregátech než mikroagregátech naznačuje, že bakteriální aktivita může dominovat v mikroagregátech zatímco aktivita hub dominuje při tvorbě makroagregátů (Šimek, 2019).

Nárůst makroagregátů je spojen se zvýšením aktivity hub a čerstvých zbytků. Mikrobiální aktivita kolísá s velikostí agregátů, sezónními, pěstitelskými aktivitami, obráběním, kvalitou a kvantitou zbytků a půdním typem. Mikrobiální vliv je nejvýraznější v písčitéch půdách, kde mikroorganismy vytvářejí snadno přístupné zdroje organického uhlíku pro rychlou stabilizaci agregátů. Hyfy hub vylepšují stabilitu agregátů, a to přeorientováním jílových částic, vázáním částic mimobuněčnými polysacharidy a proplétáním částic. Hyfy také proplétají mikroagregáty při tvorbě makroagregátů, proto agregace roste s hustotou hyf hub (Šimek, 2019).

Mnoho hmyzu, červů, žížal a větších makroorganismů žijících v půdě významně ovlivňuje půdní strukturu. Konzumují a vylučují půdní materiál, přemísťují rostlinný materiál a tvoří skrýše. Makroorganismy vylepšují aeraci, pórovitost, infiltraci, agregátovou stabilitu, promíchávání odpad, vylepšují stabilizaci uhlíku a dusíku, koloběh uhlíku a dusíkovou mineralizaci, přístupnost živin a mobilitu kovů. Tyto vlivy mohou degradovat půdní vlastnosti uvolňováním organického uhlíku a štěpením vazeb mezi částicemi. Aktivita půdní fauny je důležitá při formování organominerálních komplexů a agregaci (Šimek, 2019).

#### **2.4.9 Půdní typ**

Půdní typ, obhospodařování půdy a přírodní podmínky významně působí na agregaci půdy. Způsoby obrábění půd, které minimalizují její narušování a maximalizují návrat uhlíku do půd, optimalizují úrodnost a zvyšují zásoby organické hmoty. Vhodné

používání půdních kondicionérů jako jsou hnojiva, vápnění, hnůj a komposty mohou zvýšit agregaci (Bedrna, 2002).

Obrábění půd, kterými se redukuje rychlost rozkladu a uvolňování CO<sub>2</sub> pomáhají zvyšovat zásoby organického uhlíku v půdách. Obhospodařování půd za účelem zvýšení agregace musí pomáhat při zvyšování hrubé rostlinné produkce, zvyšováním množství vstupujícího uhlíku do půd, snížením její rozrušování a poklesem ztrát uhlíku či až rozkladem a erozí. Proto progresivní způsoby obhospodařování půd zahrnují způsoby kultivace, zacházení s rostlinnými zbytky, kondicionéry, řízení produkční schopnosti a koloběhu (Bedrna, 2002).

Orbou se rozrušují půdní agregáty, utlačuje se půda a rozrušují rostlinné a mikrobiální společenství, které se podílejí na agregaci a klesá obsah půdní organické hmoty, mikrobiální a živočišné aktivity podílející se na agregaci. Při porovnání půdy orané s bezorebným hospodařením má bezorebný způsob více stabilnějších agregátů. Při redukované orbě v půdě pozorujeme vyšší zastoupení makropórů a biopórů, které ovlivňují pohyb vody a její přístupnost (Bedrna, 2002)

## **2.5 Vztah stability agregátů vlastností půdy se zřetelem na zadržování vody**

Půda má mnoho funkcí, které jsou naprosto nezbytné pro život na Zemi tak jak ho známe. Jedná se zejména o následující funkce. Obecně může funkce půdy rozdělit následovně (Novák, 2001):

1. Funkce přírodní
  - a. Půda je životním prostorem,
  - b. Půda produkuje biomasu,
  - c. Půda je součástí a prostředím pro koloběh látek,
  - d. Půda je prostředím pro výměnu tepelné energie mezi půdou a atmosférou,
  - e. V půdě dochází k infiltraci, akumulaci retenci vody a čištění vody.
2. Užitková funkce
  - a. Půda je výrobní prostředek,
  - b. Půda je stavebně a technicky jinak využívána,

c. Půda slouží jako zdroj neobnovitelných surovin.

### 3. Funkce kulturní

a. Půda je největší archiv minulých dějů na světě.

Vzhledem k tématu předkládané práce se nadále bude tato kapitola zabývat pouze zadržování vody v půdě a vlivu půdní struktury na zádržnost vody v půdním prostředí.

Struktura půdy je v přímé souvislosti s stavem této půdy, tedy s její kvalitou a zdravím. Obecně lze říci že kvalitní a zdravá půda je charakteristická dobrým strukturním stavem (Brtnický a kol., 2012).

Výše v práci jsou popsány faktory, které ovlivňují strukturu půdy. Některé z nich nelze antropogenně ovlivnit, ale celou řadu ano. Pro kvalitní strukturu půdy je rozhodující zejména zajišťovat dobrý fyzikální stav půdy. Přitom významnou úlohu rovněž hraje i biologie a chemie půdy (Brtnický a kol., 2012).

Půda dokáže zadržet ohromné množství vody. Batysta a Vopravil (2016) uvádějí, že zdravá půda dokáže zadržet v půdním profilu o hloubce 1 m na ploše 1 km<sup>2</sup> až 300 000 m<sup>3</sup> vody. To je obrovské množství vody, které může být v krajině zadrženo. Protože přepočítáno na celkovou výměru zemědělských půd v České republice je to 8,4 miliardy m<sup>3</sup> vody.

Nicméně, výše uvedené číslo je číslo teoretické. Jedná se o množství vody, které by půda byla schopna zadržet, pokud by byla v ideálním stavu. Tomu tak však není a půda v České republice musí čelit výrazným degradačním tlakům, které tuto retenční schopnost půdy výrazně snižují. Předpokládá se, že v současnosti je retence půdy v České republice někde kolem 5 miliard m<sup>3</sup>.

Za tento negativní jev může zejména degradace půdy. Dobrá struktura půdy, je přitom považována za jeden z klíčových faktorů ovlivňující vodozádržnost půdy (Brtnický a kol., 2012).

Struktura půdy bývá poškozena vlivem nedostatku organické hmoty v půdě, vlivem utužení půdy, špatných osevních postupů a samozřejmě vlivem eroze půdy. To vše se ve výsledku podepisuje nejen na špatné struktuře a zhoršování dalších půdních vlastností (fyzikálních, biologických i chemických), ale i k nižší schopnosti zadržovat vodu v půdě.

### 3 PRAKTICKÁ ČÁST

#### 3.1 Charakteristika zájmového území

Zájmové území, kde byly vzorky odebrány, je prameniště Ctěnického potoka. Zájmové území se nachází v Praze v městské části Vinoř.

Obrázek 1 zobrazuje detail zájmového pozemku. Tento pozemek je vedený v katastru nemovitosti pod číslem 1593/2 s druhem využití orná půda.



Obrázek 1: Detail na zájmový pozemek. Zdroj: katastrální mapa online.

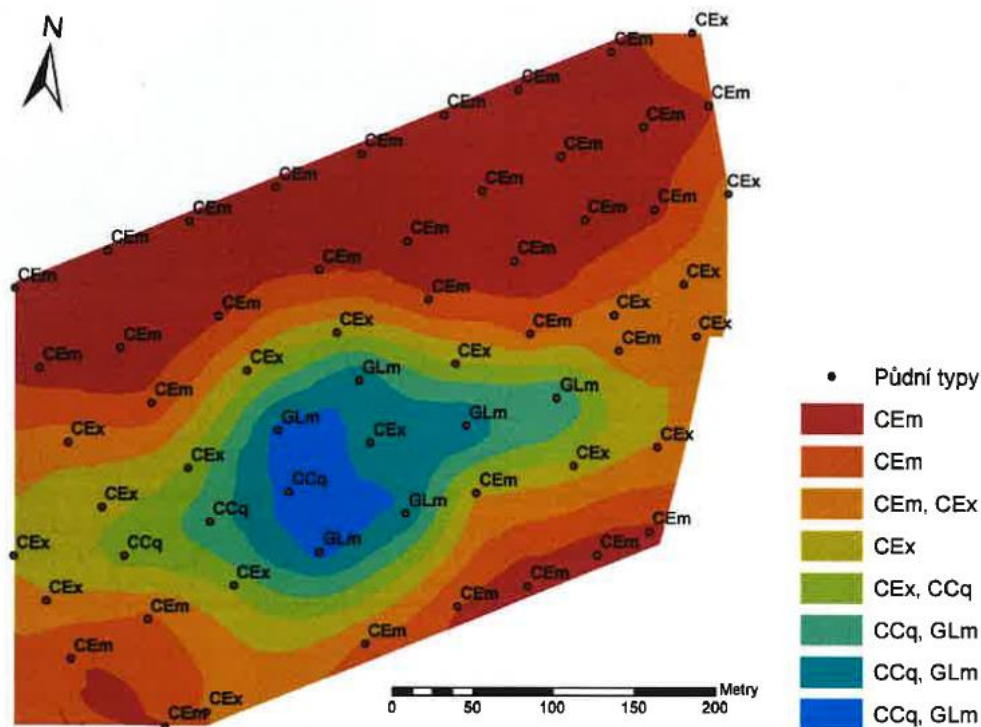
Jedná se o pokusnou lokalitu, na které byla změněna orná půda a to na přirozená sukcesní společenstva trav, částečně byla zalesněna duby a na části byly vytvořené mokřady (přirozeně vytvořené mokřady, ale s umělými tůněmi). Tuto změnu dokládá obrázek 2.



Obrázek 2: Pokusná plocha na ortofotosnímku z roku 2006 a 2019.

### 3.1.1 Půdní pokryv

Na daném pozemku se nacházejí převážně černozemní půdy. Půdní pokryv daného pozemku je zobrazen na obrázku 3.

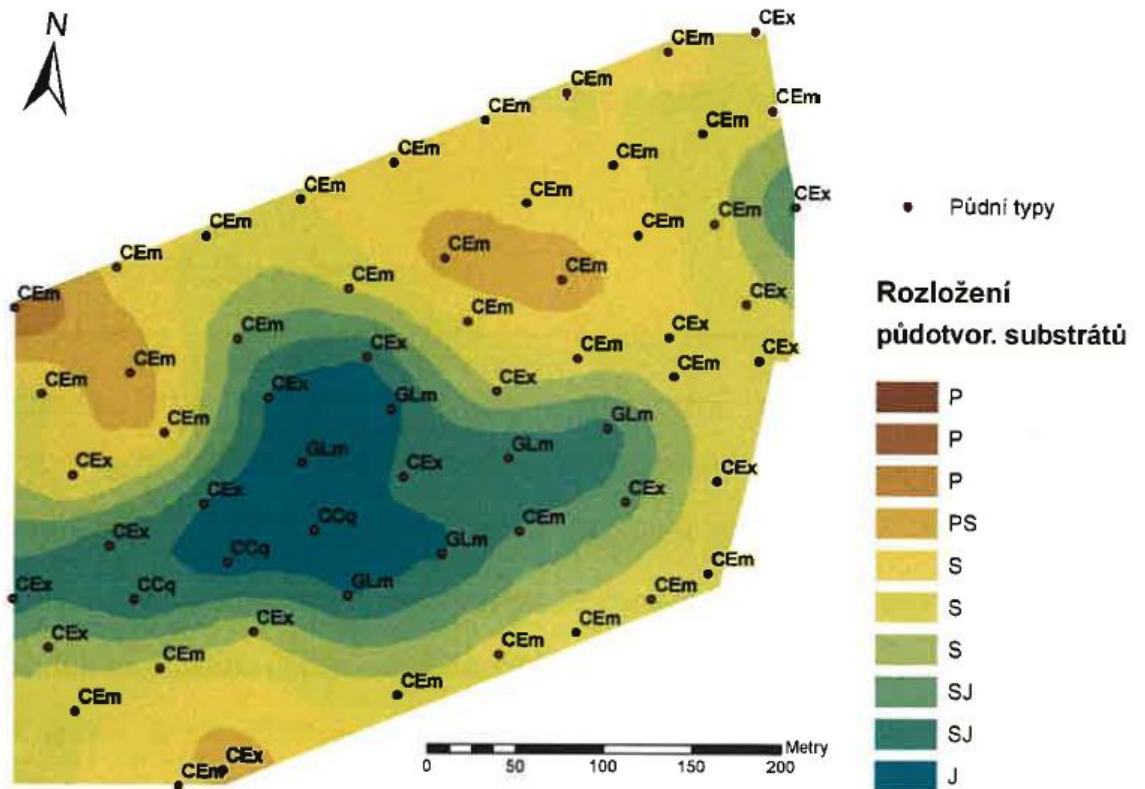


Obrázek 3: Rozložení určených půdních typů na zájmovém území. Vysvětlivka: CEm = černozem modální, CEx = černozem černická, CCq = černice glejová, GLm = glej modální. Zdroj: Muhlhanselová (2009).

Černozemní půdy v této oblasti doplňují i půdy hydromorfní nebo se znaky hydromorfismu, a to zejména v blízkosti samotného potoka (Muhlhanselová, 2009).

Znaky oglejení či glejového procesu se projevují zejména na půdotvorných substrátech, které se v zájmovém území vyskytují. Tyto půdotvorné substráty byly identifikované zejména jako písky, spraše a jíly (Muhlhanselová, 2009). Zastoupení těchto půdotvorných substrátů je zobrazeno níže na obrázku 3.





Obrázek 4: půdotvorné substráty v zájmovém území. Vysvětlivka: P = písek, PS = písek se spraší, S = spraš, SJ = spraš s jílem, J = jíl. Zdroj: Muhlhanselová (2009).

Převažujícím půdním typem na zájmovém pozemku je tedy černozem modální na spraši. V místech, kde je půdotvorný substrát tvořen písky, přechází tato černozem modální do černozemě arenické (Muhlhanselová, 2009).

Jak už je uvedeno výše, v blízkosti potoka je půda ovlivněna činností vody. V tomto případě tedy zejména činností podzemní vody a černozem modální zde přechází v černozem černickou. V případě této černozemě černické byly identifikovány redoximorfnní znaky (oglejení) do hloubky 0,6 m (Muhlhanselová, 2009).

Čím blíže ke korytu potoka, tím výraznější znaky hydromorfismu daná půda vykazovala. Půdní typ se zde tedy měnil na černozem glejovou a nakonec až na samotný glej. Černozem glejová se vyskytovala zejména v místech, kde se uplatňoval glejový půdotvorný proces (v blízkosti potoka od hloubky 0,6 m), tedy dochází ke kolísání hladiny podzemní vody. Glejové půdy se pak vyskytovaly v místech, kde vznikaly redukční podmínky z důvodu převlčnění půdního profilu (Muhlhanselová, 2009).

Převažujícím půdním typem v zájmovém území tedy byly černozem, černice a glej. Tyto půdní typy jsou dále stručně charakterizovány v souladu s Taxonomickým klasifikačním systémem půdy České republiky (Němeček a kol., 2011).

#### **3.1.1.1 Půdní typ černozem**

Tento půdní typ je řazen do skupiny Černosolů. Jedná se o půdy hlubokohumózní, kdy hloubka humózního horizontu dosahuje až 0,6 m. Charakteristický je výskyt černického horizontu Ac. Tyto půdy se vyvíjejí nejčastěji z nezpevněných karbonátových sedimentů, které jsou převážně eolického původu.

Jedná se o sorpčně nasycené půdy, kde v sorpčním komplexu převažují bazické kationty. Obsah humusu v těchto půdách bývá 2 až 4,5 % v černickém horizontu Ac. Pro tento půdní typ je typické, že se vyznačuje velmi dobrou strukturou – drobtovitou až zrnitou.

Černický horizont Ac má hloubku minimálně 0,3 m. Je typický velmi tmavou černou barvou, a kromě vysokého obsahu humusu bývá typická i dobrá kvalita humusu v tomto horizontu. Tyto půdy jsou zrnitostně středně těžké. Vyskytují se zejména v teplejších a sušších regionech naše území.

#### **3.1.1.2 Půdní typ černice**

Tento půdní typ je rovněž řazen do skupiny půd Černosoly. Jedná se opět o hlubocehumózní půdy (0,4 až 0,6 m). Jedná se však o půdy semihydromorfí půdy. Černice je rovněž vyvinuta z nezpevněných karbonátových sedimentů, případně ze sorpčně nasycených substrátů.

Charakteristický pro tyto půdy je černický horizont Acn, který vykazuje znaky hydromorfismu, s poměrně vyšším obsahem humusu, časté jsou rovněž znaky redoximorfismu v humusovém horizontu, jako jsou bročky a v substrátu skrvnitost. Vyskytují se v různých depresích zejména v souvislosti s působením zvýšené hladiny podzemní vody, která ovlivňuje půdní profil.

### 3.1.1.3 Půdní typ glej

Tento půdní typ patří do skupiny půd Glejsoly. U těchto půd je charakteristický reduktomorfní glejový horizont, který se vyskytuje do hloubky 0,5 cm. Přítomnost tohoto horizontu je důsledek převlhčení povrchovou, nebo i podzemní vodou.

Tyto půdy se vyznačují vyšším obsahem humusu v důsledku akumulace organických látek. Někdy lze v případě těchto půd hovořit až o rašelinění.

### 3.1.2 Charakteristika podnebí

Zájmové území se nachází v regionu T2 (teplý, mírně suchý). Suma teplot nad 10 °C se pohybuje v rozmezí 2600 až 2800, průměrná roční teplota je 8–9 °C, průměrný roční úhrn srážek (mm) je 500 až 600 mm (Voženílek, 2011).

### 3.2 Metodika odběru vzorků

Vzorky pro rozbor vodostálosti agregátů a maximální kapilární kapacitu (MKK) a retenční vodní kapacitu (RVK) byly odebrány v roce 2020. Odebrán byl neporušený půdní vzorek pomocí Kopeckého válečků. Vzorky byly odebírány na plochách pod sukcesním porostem trav a na plochách orné půdy (v roce 2020 zde byla pěstována cukrová řepa) v blízkém okolí tedy pouze v oblastech výskytu černozemí. K jejich odběru byly použity tradiční pedologické metody a postupy pro odběr neporušeného půdního vzorku. Vždy bylo odebráno 8 vzorků z každé varianty.

Rozbor neporušeného vzorku půdy byl zahájen okamžitě po odebrání půdních vzorků. Tento rozbor proběhl v podle Drbala (Valla et al., 1983):

Byly stanoveny následující parametry: momentální vlhkost v době odběru vzorku ( $\Theta_{mom}$ ), nasáklivost ( $\Theta_{NS}$ ) – maximální množství vody, které je půda schopna pojmout, třicetiminutová vlhkost ( $\Theta_{30}$ ) – množství vody v půdě po vyprázdnění nekapilárních pórů, maximální kapilární kapacita ( $\Theta_{MKK}$ ), retenční vodní kapacita přibližná ( $\Theta_{RVK}$ ) – množství vody, které je půda schopna udržet kapilárními silami, objemová hmotnost ( $\rho_d$ ), celková pórovitost ( $P_{celk}$ ), objem pórů kapilárních ( $P_k$ , odpovídá hodnotě retenční vodní kapacity), tj. Zastoupení nejjemnějších pórů, semikapilárních ( $P_s$ ) a nekapilárních ( $P_n$ ), tj. charakteristika popisující zastoupení

nejhrubších pórů. Specifická hmotnost neboli měrná hustota půdních částic ( $\rho_z$ ) byla stanovena pyknometricky. Práce je zaměřena na zadržování vody v půdě, detailněji jsou tedy diskutovány zejména parametry  $\Theta_{MKK}$ ,  $\Theta_{RVK}$ .

Pro účely rozboru vodostálosti půdních agregátů byl paralelně odebrán porušený půdní vzorek, který byl umístěn do papírového pytlíku a převezen do laboratoře. Zde byl vzorek vysušen na vzduchu. Poté byl vzorek přesíván tak, aby byla získána frakce o velikosti 2 až 5 mm.

Rozbor vodostálosti agregátů byl proveden dle modifikované metody Nimma a Perkinse (2002). Tato metoda je metodou mokrého prosévání. Sleduje se rozpad agregátů při rychlém nasycení vzorku, kdy je stanovován index vyjadřující odolnost agregátů proti rychlému zvlhčení. Je tak vlastně simulován případný účinek přívalového deště na rozpad agregátů (Vlček a kol., 2016).

Princip této metody je ten, že nejprve prováděno prosévání půdy ve vodě, kdy je účelem simulovat vliv rychlého zvlhčení půdy v terénu. Dalším krokem je prosévání vzorku v hexametafosforečnanu sodném, kdy dojde k celkovému rozpadu agregátů a je zjištěn podíl celkové hmotnosti agregátů vůči pískové frakci (Vlček a kol., 2016).

Metodu lze tedy rozdělit do dvou kroků (Vlček a kol., 2016):

#### 1. Mokré prosévání v destilované vodě

- 4 g agregátů je naváženo na síto s okem 0.25 mm.
- Agregáty jsou prosévány na sítu 0.25 mm v destilované vodě po dobu 3 minut. Síto se pohybuje v amplitudě 1.3 cm rychlostí 35 zdvihů za minutu.
- Materiál, který prošel skrz síto do nádoby s vodou je spolu s ní umístěn do sušárny
- Vzorek je vysušen 105 C konstantní hmotnosti.
- Vzorek je zvážen a je tak získána hodnota WDW (g).

#### 2. Mokré prosévání v hexametafosforečnanu sodném

- Materiál, který sítem v první fázi neprošel je dále prosíván na sítu 0.25 mm v hexafosforečnanu sodném, dokud se agregáty zcela nerozpadnou a neprojdou sítem do misky.
- Ta je pak rovněž umístěna do sušárny,

- Vzorek je sušen při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti.
- Usušený vzorek je zvážen a je tak získána hodnota WDS (g)

Ze získaných výsledků je možné vypočítat index WSA, a to

$$WSA = WDS / (WDS + WDW)$$

Kde:

WDW = hmotnost půdních agregátů, které jsou dispergované ve vodě

WDS = hmotnost agregátů dispergovaných v hexametafosforečnanu sodném

WSA = index stability agregátů (čím větší je tento index, tím větší je stabilita půdních agregátů).

Pro statistické zpracování výsledků bylo použito programu STATISTICA 13.3 software (StatSoft Inc., USA). Byly vypočteny základní statistické parametry pro oba soubory dat (pole x sukcesní travní porost). Rozdílnost jednotlivých půdních parametrů mezi oběma soubory byla hodnocena pomocí t-testu pro nezávislé výběry.

### 3.3 Výsledky

Tabulka číslo 1 pak zobrazuje popisnou statistiku pro výsledky vzorků odebraných na orné půdě. Jak je z této tabulky patrné, průměrná hodnota WSA byla 0,74, minimální hodnota pro WSA pak byla 0,62 a maximální 0,89.

*Tabulka 1: Popisná statistika výsledků vodostálosti agregátů pro ornou půdu*

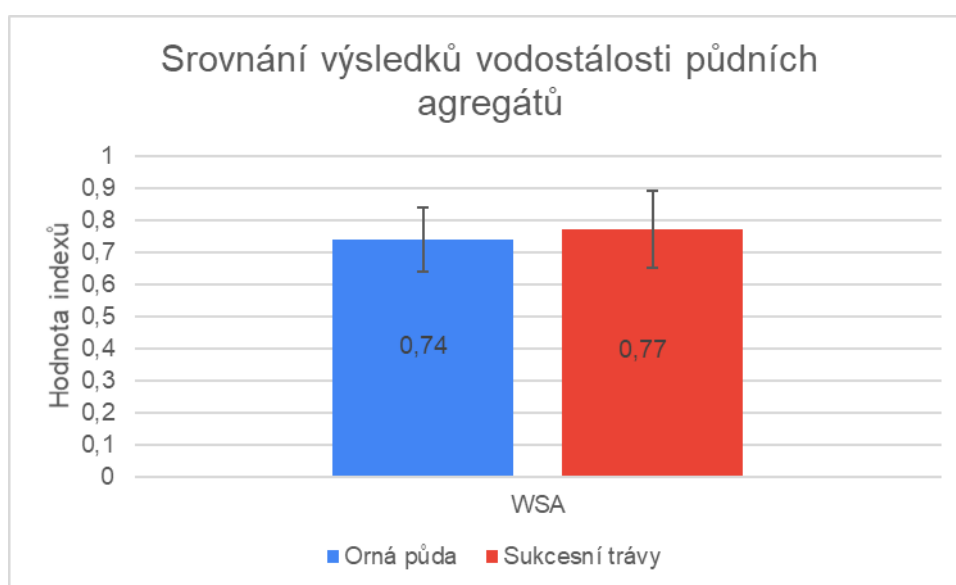
<b>Pole</b>	
<b>WSA</b>	
<b>Průměr</b>	0,74
<b>Směr. odchylka</b>	0,10
<b>Minimum</b>	0,62
<b>Maximum</b>	0,89
<b>Variační koeficient</b>	13,51
<b>Počet</b>	8,00

Tabulka 2 pak zobrazuje popisnou statistiku pro index WSA pro vzorky odebrané na plochách pod sukcesními travami

Tabulka 2: Popisná statistika výsledků vodostálosti agregátů pro plochy pod sukcesními travami

<b>Sukcesní trávy</b>	
<b>WSA</b>	
<b>Průměr</b>	0,77
<b>Směr. odchylka</b>	0,12
<b>Minimum</b>	0,65
<b>Maximum</b>	0,94
<b>Variační koeficient</b>	15,58
<b>Počet</b>	8,00

Jak je z tabulky 2 patrné, v případě ploch pod sukcesními travami byla průměrná hodnota WSA 0,77. WSA se pohybovalo v rozmezí – maximum 0,94 a minimum 0,65.



Obrázek 5: Srovnání výsledků vodostálosti půdních agregátů. Chybové úsečky představují směrodatnou odchylku

Obrázek 5 zobrazuje index WSA, který udává stabilitu agregátů. V případě ploch sukcesních trav byl tento index o něco větší, což znamená, že stabilita agregátů byla větší. Pro účely porovnání byl proveden t-test, kterým byly porovnány hodnoty WSA získané pro ornou půdu a plochy sukcesních trav.

Tato statistická analýza ukázala, že neexistuje statisticky významný rozdíl mezi WSA zjištěným pro ornou půdu a WSA zjištěným pro plochy sukcesních trav ( $t = -0,62$ ; hodnota  $p = 0,670$ ). Statistická analýza tedy neprokázala, že by změna managementu měla statisticky průkazný vliv na stabilitu agregátů.

Tabulka číslo 3 zobrazuje popisnou statistiku pro  $\Theta$ MKK a  $\Theta$ RVK v případě orné půdy. Jak je z tabulky patrné, Průměrná hodnota  $\Theta$ MKK byla v případě orné půdy 38,03 % a  $\Theta$ RVK 32,24 %.

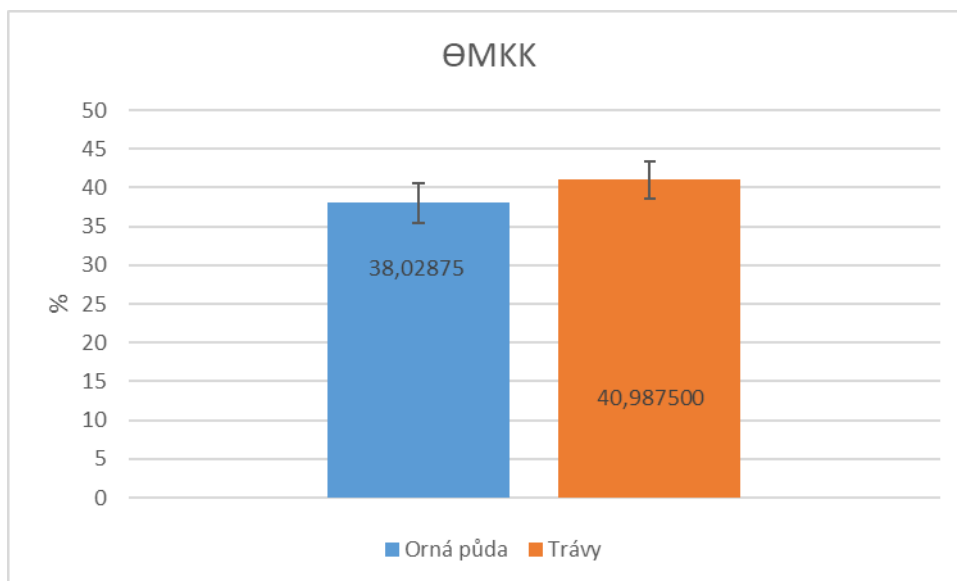
Tabulka 3: Popisná statistika  $\Theta$ MKK a  $\Theta$ RVK pro ornou půdu

<b>Orná půda</b>			
<b><math>\Theta</math>MKK (%)</b>		<b><math>\Theta</math>RVK (%)</b>	
<b>Průměr</b>	38,03	<b>Průměr</b>	32,24
<b>Směr. odchylka</b>	2,52	<b>Směr. odchylka</b>	3,36
<b>Min</b>	32,97	<b>Min</b>	27,29
<b>Max</b>	40,42	<b>Max</b>	37,44
<b>Variační koeficient</b>	6,62	<b>Variační koeficient</b>	10,43
<b>Počet</b>	8	<b>Počet</b>	8

Tabulka č. 4 zobrazuje základní popisnou statistiku pro  $\Theta$ MKK a  $\Theta$ RVK v případě ploch sukcesních trav. Jak je z tabulky patrné, průměrná hodnota  $\Theta$ MKK byla 40,99 % a v případě  $\Theta$ RVK 38,07 %.

Tabulka 4: Popisná statistika pro  $\Theta$ MKK a  $\Theta$ RVK pro sukcesní trávy

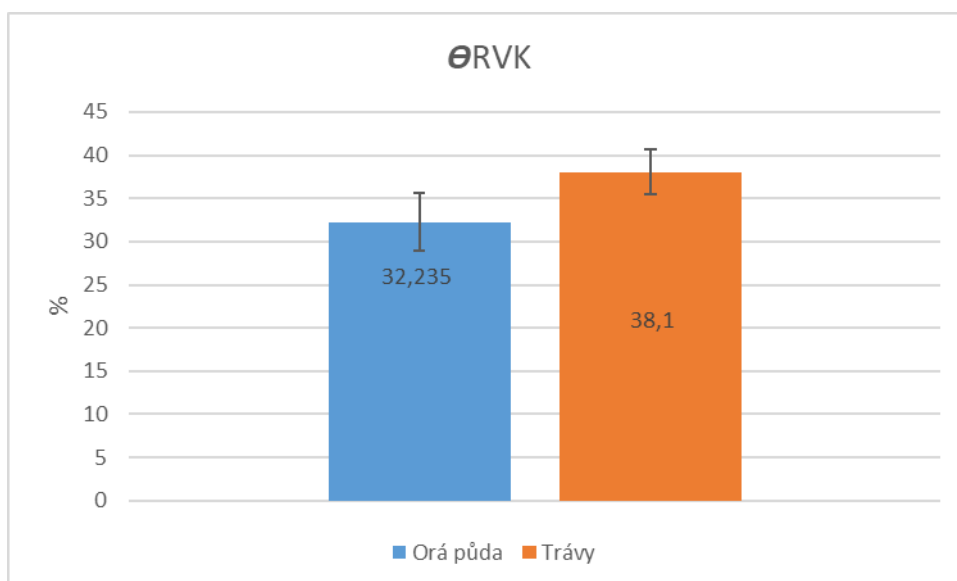
<b>Sukcesní trávy</b>			
<b><math>\Theta</math>MKK (%)</b>		<b><math>\Theta</math>RVK (%)</b>	
<b>Průměr</b>	40,99	<b>Průměr</b>	38,07
<b>Směr. odchylka</b>	2,33	<b>Směr. odchylka</b>	2,57
<b>Min</b>	38,70	<b>Min</b>	35,32
<b>Max</b>	44,91	<b>Max</b>	42,23
<b>Variační koeficient</b>	5,69	<b>Variační koeficient</b>	6,75
<b>Počet</b>	8	<b>Počet</b>	8



Obrázek 6: Srovnání MKK pro plochu orné půdy a sukcesních trav. Chybové úsečky odpovídají směrodatné odchylce

Obrázek 6 zobrazuje rozdíl mezi maximální kapilární kapacitou na ploše orná půda a sukcesní trávy, jak je z obrázku patrné, půda pod porostem sukcesních trav má větší vodní kapacitu, tedy zastoupení půdních kapilárních pórů je v půdě pod sukcesními travami větší. Tato půda tak pojme více vody.

Obrázek 6 pak zobrazuje rozdíl v případě retenční vodní kapacity, tedy v obsahu vody, které je půda schopna udržet kapilárními silami. Je tedy možné říci, že půda pod sukcesními travami je schopna zadržet více vody.



Obrázek 7: Porovnání retenční vodní kapacity pro plochu orné půdy a sukcesních trav. Chybové úsečky odpovídají směrodatné odchylce



Rovněž byla provedena statistická analýza t-test, aby bylo zjištěno, zdali jsou rozdíly v obou výše uvedených charakteristikách statisticky významné.

Provedená statistická analýza t-test odhalila, že v případě ΘMKK existuje statisticky významný rozdíl mezi plochami s ornou půdou a půdou pod sukcesními travami ( $t = -2,438$ ,  $p = 0,029$ ). V případě ΘRVK statistická analýza t-test rovněž potvrdil, že existuje statisticky významný rozdíl mezi ornou půdou a půdou pod sukcesními travami ( $t = -3,902$ ,  $p = 0,002$ ).

Výsledky dalších sledovaných parametrů jsou uvedené v souhrnné tabulce v příloze. Z této tabulky vyplývá, že kromě WSA a vlhkosti 30minutové byly všechny rozdíly u všech sledovaných parametrů statisticky významné. Dále například v případě pórovitosti byla hodnota pro ornou půdu vyšší než pro půdu pod sukcesními travami, to je z toho důvodu, že orná půda byla orbou nakypřena.

### **3.4 Diskuze**

Struktura půdy má významný vliv na schopnost půdy podporovat růst rostlin, cyklus uhlíku, živiny a vstřebávání, zadržování a pohyb vody. Zvláštní pozornost musí být věnována struktuře půdy při řízení ekosystémů, kde lidská činnost může vést ke krátkodobým i dlouhodobým změnám ovlivňující funkci půdy (Kay a Angers 2000).

Jedena z nejrozšířenějších technik hodnocení půdní struktury je analýza distribuce velikosti agregátů a stability půdy v půdních agregátech (WSA) (Scott 2000). Určení okamžitého stavu agregátu půdy v jednotlivých časech nemusí nutně stačit k určení skutečných strukturálních charakteristik, protože se mohou časem dynamicky měnit. Půdy se liší jejich úrovní náchylnosti k vnější zátěži ničivé síly. K měření této citlivosti můžeme být využito právě hodnocení stability půdních agregátů (Scott 2000).

Stabilita agregátu půdy závisí na typu půdy a obsahu organické hmoty (Šimanský et al. 2013), či biologické aktivitě půdy (Oades 2005), způsoby hnojení (Annabi et al. 2007), dále na formě degradace půdy, která je výrazně závislá na použité mechanizaci (Safadoust et al. 2006) a samozřejmě vegetačním pokryvu dané půdy (Gajici et al. 2010; Peregrina et al. 2010).

Větší stabilita půdních agregátů je z pohledu kvality a zdraví půdy příznivou charakteristikou. Kodešová et al. (2009) zjistili, že stabilita půdních agregátů výrazně

koreluje s dalšími půdními vlastnostmi, jako je obsah organické hmoty, fyzikální parametry jak pórovitost retenční vodní kapacita.

Obecně tedy platí, že čím lepší stabilita půdních agregátů v dané půdě, tím lepší je schopnost půdy zadržet vodu. Je to dáno tím, že stabilita půdních agregátů je ovlivněna množstvím organické hmoty, biologickou aktivitou půdy a fyzikálním stavem půdy. Jinými slovy, prostřednictvím stability půdních agregátů lze usuzovat na celkový stav půdního pokryvu (Zhang et al. 2008).

Rovněž další studie prokazují, že čím vyšší stabilita agregátů, tím vyšší je schopnost dané půdy zadržet vodu. Je to dáno právě tím, že dobrá stabilita agregátů je spojena s celkovým dobrým stavem dané půdy.

Zároveň je prokázáno, že na celkový stav půdy, stejně jako na stabilitu agregátů má významný vliv management půdy. Čím je tento management intenzivnější, tím je stabilita agregátu nižší.

Stav půdy se pak následně projevuje schopností půdy zadržovat vodu. Jinými slovy, management půdy má výrazný vliv na schopnost půdy zadržovat vodu. Obecně lze konstatovat, že čím intenzivnější využívání půdy, tím dochází k její větší degradaci a ta se projevuje i sníženou schopností zadržovat vodu. (Brtnický a kol., 2012).

Novák a Kovář (2017) potvrzují, že méně intenzivní způsoby využívání půdy vedou k lepšímu zadržování vody půdou. Autoři dodávají, že pro zvýšení retence vody v půdě je důležité tuto půdu udržovat v dobrém fyzikálním stavu. Zároveň však autoři dodávají, že nesmí být podceňovány ani jiné (chemické a biologické) vlastnosti půdy.

## 4 ZÁVĚR

Předkládaná práce se věnovala vlivu environmentálního managementu na stabilitu půdních agregátů. Pro tyto účely byla stanovena stabilita agregátů pomocí metody mokrého prosévání a provedena statistická analýza. Sledován byl zejména vliv na vodní stabilitu půdních agregátů a rovněž maximální kapilární kapacitu půdy a retenční vodní kapacitu půdy.

Vzorky byly odebírány na plochách orné půdy a na plochách pod sukcesními trávami. Získané výsledky ukázaly, že na plochách pod sukcesními trávami došlo k mírnému zvýšení stability půdních agregátů. A k výraznému zvýšení maximální kapilární kapacity půdy a retenční kapacity půdy. Byla provedena statistická analýza pomocí t-testu, která ukázala, že toto zvýšení není statisticky významné v případě stability půdních agregátů, ale je statisticky významné v případě maximální kapilární kapacity půdy a retenční vodní kapacity půdy. Lze tak konstatovat, že půda pod sukcesními travami má větší schopnost zadržet vodu.

Obecně lze říci, že management má na stabilitu půdních agregátů a na schopnost zadržovat vodu významný dopad. Čím větší intenzita využívání dané půdy, tím větší negativní dopad na stabilitu půdních agregátů a schopnost zadržovat vodu. Zároveň, je třeba říct, že stabilita půdních agregátů, a i další půdní vlastnosti jako právě  $\Theta_{MKK}$  a  $\Theta_{RVK}$  jsou velmi těsně spojeny s dalšími půdními vlastnostmi, jako je obsah organické hmoty, biologická aktivita a celkový fyzikální stav půd.

Závěrem lze konstatovat:

1. Stabilita půdních agregátů ovlivňuje vodní režim půdy – větší stabilita = větší schopnost půdy zadržet vodu – tato skutečnost byla potvrzena výsledky  $\Theta_{MKK}$  a  $\Theta_{RVK}$
2. Na schopnost zadržovat vodu v půdě má významný vliv management půd.

## 5 ZDROJE

AMÉZKETA, E. Soil Aggregate Stability: A Review. *Journal of Sustainable Agriculture* [online]. 1999, 14(2-3), 83-151 [cit. 2021-02-10]. ISSN 1044-0046. Dostupné z: doi:10.1300/J064v14n02\_08

ANNABI, M., HOUOT, S., FRANCOU, C., POITRENAUD, M., Le BISSONNAIS, Y. Soil aggregate stability improvement with urban compost of different maturities. *Soil Science Society of America Journal*. 2007, 71, 413-423

ARSHAD, M.A. a G.M. COEN. Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *American Journal of Alternative Agriculture* [online]. 1992, 7(1-2), 25-31 [cit. 2021-02-10]. ISSN 0889-1893. Dostupné z: doi:10.1017/S0889189300004410

BATYSTA, M a J VOPRAVIL. Půdou proti suchu. *Vesmír* [online]. 29.11.2016 [cit. 2021-02-22]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/on-line-clanky/2016/11/pudou-proti-suchu.html>

BEDRNA, Z, E FULAJTÁR, F ZRUBEC a B JURÁNI. *Pôdne režimy*. 1. Bratislava: Veda SAV, 1989.

BEDRNA, Zoltán. *Environmentálne pôdoznalectvo*. Bratislava: Veda, 2002. ISBN 80-224-0660-0.

BRONICK, C.J. a R. LAL. Soil structure and management: a review. *Geoderma* [online]. 2005, 124(1-2), 3-22 [cit. 2021-02-10]. ISSN 00167061. Dostupné z: doi: 10.1016/j.geoderma.2004.03.005

BRTNICKÝ, Martin. *Degradace a regenerace dílčích krajinných sfér*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2012. ISBN 978-80-7375-687-1.

CARTER, M a B STEWART. *Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils*. 1. CRC Press, 1996.

ČURLÍK, J a B ŠURINA. *Príručka terénneho prieskumu a mapovania pôd*. 1. Bratislava: VÚPU, 1998.

EDWARDS, A. P. a J. M. BREMNER. MICROAGGREGATES IN SOILS1. *Journal of Soil Science* [online]. 1967, 18(1), 64-73 [cit. 2021-02-10]. ISSN 00224588. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2389.1967.tb01488.x

FULAJTÁR, E. *Fyzikálne vlastnosti pôdy*. 1. Bratislava: VUPOP, 2006.

GAJICI, B., DUROVIC, N., DUGALIC, G. Composition and stability of soil aggregates in Fluvisols under forest, meadows, and 100 years of conventional tillage. *Journal of Plant and Soil Science*, 2010, 173, 502-509

JACKS, G. The biological nature of soil productivity. *Soils and Fert.* 1963, 26, 147-150.

KAY, B. a ANGERS, D.A. *Soil Structure and Organic Carbon: A Review*. 2. CRC Press, 2000.

KODEŠOVÁ, R., ROHOŠKOVÁ, M., ŽIGOVÁ, A. Comparison of aggregate stability within six soil profiles under conventional tillage using various laboratory tests. *Biologia, Section Botany*, 2009, 64, 550-554

MUHLHANSELOVÁ, M. *Výsledky a zhodnocení půdního průzkumu oblasti prameniště Ctěnického potoka*. Praha, 2009.

NĚMEČEK, Jan. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. 2. uprav. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2011. ISBN 978-80-213-2155-7.

NOVÁK, P. Produkční a mimoprodukční funkce půdy a její ochrana. *Úroda*. 2001, online. Dostupné také z: <https://www.uroda.cz/produkcni-a-mimoprodukcni-funkce-pudy-a-jeji-ochrana/>

NOVÁK, P., KOVÁŘ, S. Jak zadržet vodu v půdě a co ovlivňuje její (ne)dostatek. *Agrojournal*. 2017. Dostupné také z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/jak-zadrzet-vodu-v-pude-a-co-ovlivnuje-jeji-ne-dostatek-296>

OADES, J.M. SOil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and Soil*, 2005, 26, 319-104

POSPÍŠILOVÁ, Lubica, Vítězslav VLČEK, Vítězslav HYBLER, Magdalena HÁBOVÁ a Jiří JANDÁK. *Standardní analytické metody a kritéria hodnocení fyzikálních, agrochemických, biologických a hygienických parametrů půd: Standard*

*analytical methods and evaluation criteria of soil physical, agrochemical, biological, and hygienic parameters: monografie*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2016. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-80-7509-438-4.

REJŠEK, Klement a Radim VÁCHA. *Nauka o půdě*. Olomouc: Agriprint, 2018. ISBN 978-80-87091-82-1. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:e8fa8e30-1e7a-11eb-bd18-005056827e51>

PEREGRINA, F., LARRIETA, C., IBANEZ, S., GARCIA-ESCUADERO, E. Labile organic matter, aggregates, and stratification ratios in semiarid vineyard with cover crops. *Soil Science Society of America Journal*, 2010, 74, 2120-2130

SAFADOUST, A., MASADDEGHU, M.R., MAHBOUBI, A.A. Tensile strength of air-dry soil aggregates as influenced by short-term management practices in western Iran. *Soil Management for Sustainability. Advances in Geocology*, 2006, 38, 436-445.

SANTOS, D., A. J. M. SMUCKER, S. L. S. MURPHY, H. TAUBNER a R. HORN. Uniform Separation of Concentric Surface Layers from Soil Aggregates. *Soil Science Society of America Journal* [online]. 1997, 61(3), 720-724 [cit. 2021-02-10]. ISSN 03615995. Dostupné z: doi:10.2136/sssaj1997.03615995006100030003x

SCOTT, H. D. *Soil Physics: Agriculture and Environmental Applications*. 1. Ed. Ames, Iowa, State University Press, 2000, 35-37

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

ŠIMANSKÝ, V, E TOBIASOVA a J CHLPIK. Soil tillage and fertilization of Orthic Luvisol and their influence on chemical properties, soil structure stability and carbon distribution in water-stable macro-aggregates. *Soil and Tillage Research* [online]. 2008, 100(1-2), 125-132 [cit. 2021-02-10]. ISSN 01671987. Dostupné z: doi: 10.1016/j.still.2008.05.008

ŠIMANSKÝ, V., BAJČAN, D., DUSCAY, L. The effect of organic matter on aggregation under different soil management practices in a vineyard in extreme humid year. *Catena*. 2013, 35-87

TISDALL, J. M. a J. M. OADES. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science* [online]. 1982, 33(2), 141-163 [cit. 2021-02-10]. ISSN 00224588. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2389.1982.tb01755.x

VOŽENÍLEK, Vít. *Klimatické oblasti Česka: klasifikace podle Quitta za období 1961-2000 = Climatic regions of the Czech Republic: Quitt's classification during years 1961-2000*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2011. M.A.P.S. (Maps and Atlas Product Series). ISBN 978-80-244-2813-0.

ZAUJEC, A a J CHLPÍK. *Stabilita agregátov a pôdny humus*. Bratislava: VUPOP, 2002.

ZHANG, Z., WEI, C. F., XIE, D. T., GAO, M., ZENG, X.B. Effects of land use patterns on soil aggregate stability in Sichuan Basin, China. *Particuology*, 2008, 6, 157-166

ZHOU, Meng, Chunzhu LIU, Jie WANG, et al. Soil aggregates stability and storage of soil organic carbon respond to cropping systems on Black Soils of Northeast China. *Scientific Reports* [online]. 2020, 10(1) [cit. 2021-02-27]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-019-57193-1

Valla, M., Kozák, J., Drbal, J. *Cvičení z půdoznalství II*. SPN, Praha, 1983

## 6 SEZNAM PŘÍLOH

Obrázek 1:	Detail na zájmový pozemek.....	31
Obrázek 2:	Pokusná plocha na ortofotosnímku z roku 2006 a 2019.....	31
Obrázek 3:	Rozložení určených půdních typů na zájmovém území.....	32
Obrázek 4:	Půdotvorné substráty v zájmovém území.....	33
Tabulka 1:	Výsledků vodostálosti agregátů pod ornou půdou.....	37
Tabulka 2:	Výsledků vodostálosti agregátů pod sukcesními travami.....	38
Obrázek 5:	Graf srovnání výsledků vodostálosti půdních agregátů.....	38
Tabulka 3:	Popisná statistika ΘMKK a ΘRVK pro ornou půdu.....	39
Tabulka 4:	Popisná statistika pro ΘMKK a ΘRVK pro sukcesní trávy....	39
Obrázek 6:	Srovnání MKK pro plochu orné půdy a sukcesních trav.....	40
Obrázek 7:	Porovnání retenční vodní kapacity.....	40
Obrázek 8:	Souhrnná tabulka výsledků.....	49
Obrázek 9:	Kopeckého váleček.....	50
Obrázek 10:	Vyjmutí válečku pomocí odběrové hlavy a rýče.....	51
Obrázek 11:	Detail zájmové oblasti s uměle vytvořenou tůňí.....	52
Obrázek 12:	Detail zájmové oblasti – sukcesní trávy.....	53
Obrázek 13:	Podhled na ornou půdu a v pozadí výsadba dubů.....	54



využití půdy	parametr	Θ <sub>0m</sub>	Θ <sub>NS</sub>	Θ <sub>30</sub>	Θ <sub>mkk</sub>	Θ <sub>rvk24</sub>	RO <sub>d</sub>	RO <sub>z</sub>	P	P <sub>k</sub>	P <sub>s</sub>	P <sub>n</sub>	WSA
pole	průměr	32,38	47,60	42,09	38,03	32,24	1,22	2,46	50,21	32,24	9,85	8,53	0,74
	směr odch	3,91	2,84	2,31	2,52	3,36	0,12	0,20	6,59	3,36	3,07	7,95	0,10
	min	26,48	41,85	36,96	32,97	27,29	1,08	2,33	42,60	27,29	3,68	1,48	0,62
	max	37,19	50,32	44,67	40,42	37,44	1,38	2,94	63,11	37,44	12,95	26,15	0,89
	variační koef	12,07	5,97	5,48	6,62	10,43	10,20	8,08	13,12	10,43	31,18	93,27	13,03
sukcese	průměr	39,06	43,57	41,63	40,99	38,07	1,42	2,30	38,35	38,07	3,56	1,94	0,77
	směr odch	3,25	2,13	2,57	2,33	2,57	0,05	0,08	1,99	2,57	0,74	0,82	0,12
	min	35,98	40,93	38,34	38,70	35,32	1,34	2,13	34,84	35,32	2,22	1,20	0,65
	max	44,57	47,09	45,75	44,91	42,23	1,51	2,39	40,54	42,23	4,42	3,59	0,94
	variační koef	8,33	4,88	6,18	5,69	6,75	3,71	3,53	5,19	6,75	20,91	42,48	15,95
t-test	t	-3,712	3,214	0,375	-2,438	-3,902	-4,154	2,157	4,872	-3,902	5,634	2,330	-0,498
	p	0,002	0,006	0,713	0,029	0,002	0,001	0,049	0,000	0,002	0,000	0,035	0,626

Obrázek 8: Souhrnná tabulka výsledků



*Obrázek 9: Kopeckého váleček*



*Obrázek 10: Vyjmutí válečku pomocí odběrové hlavy a rýče*





*Obrázek 11: Detail zájmové oblasti s uměle vytvořenou tůňí*



*Obrázek 12: Detail zájmové oblasti – sukcesní trávy*





*Obrázek 13: Pohled na ornou půdu a v pozadí výsadba dubů*