

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**  
**KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY**

**ZMAPOVÁNÍ VĚTRNÉ EROZE NA VYBRANÉ ZEMĚDĚLSKÉ  
REKULTIVACI NA RADOVESICKÉ VÝSYPCE**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vedoucí práce: Mgr. Alena Walmsley, Ph.D.**

**Bakalant: Martin Vraštil**

**2019**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Vraštil

Územní technická a správní služba

### Název práce

Zmapování větrné eroze na vybrané zemědělské rekultivaci na Radovesické výsypce.

### Název anglicky

Measuring wind erosion on selected agricultural reclamation on the Radovesická spoil heap

### Cíle práce

Pomocí údajů o topografii terénu a půdních vlastnostech, erozních kolíků a přístrojů pro měření větrné

eroze bude stanoven odnos půdy na dané ploše Radovesické výsypky, která je zrekultivována zatravněním.

### Metodika

Bude proveden výpočet větrné eroze na základě meteorologických a půdních dat a tento výpočet bude poté ověřen v praxi změřením transportu částic v terénu pomocí erozních kolíků a jednoduchého přístroje na zachycování částic

## **Doporučený rozsah práce**

20 – 40 stran

## **Klíčová slova**

větrná eroze, rekultivace, Radovesická výsypka

## **Doporučené zdroje informací**

BLATTNÝ, C. – ŠTÝS, S. Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin. Praha: VEB Verlag Technik, 1981.

DUFKOVÁ, J. Krajinné inženýrství. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 978-80-7375-112-8.

HOLÝ, M. Eroze a životní prostředí. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994. ISBN 80-01-01078-3. JANEČEK, Miloslav. Základy erodologie. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-1842-7.

LHOTSKÝ, J. Kultivace a rekultivace půd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 1994. PASÁK, Vlastimil. Větrná eroze půdy: Doktorská disertace. Praha: [s.n.], 1978.

## **Předběžný termín obhajoby**

2018/19 LS – FŽP

## **Vedoucí práce**

Mgr. Alena Walmsley, Ph.D.

## **Garantující pracoviště**

Katedra biotechnických úprav krajiny

Elektronicky schváleno dne  
18. 3. 2019

---

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne  
19. 3. 2019

---

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením Mgr. Aleny Walmsley, Ph.D., a že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze 14.04.2019

.....

### **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěl především poděkovat mé vedoucí, Mgr. Aleně Walmsley, Ph.D. za pomoc jak při samotném zpracování bakalářské práce, tak i za pomoc, při samotném terénním výzkumu v lokaci Radovesické výsypky. Děkuji též za její vstřícný přístup po celou dobu spolupráce.

V Praze 14.04.2019

.....

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce je zaměřena na větrnou erozi a její výskyt na Radovesické výsypce. Zájmová oblast se nachází v teplickém okrese mezi městy Bílina, Štrbice, Kostomlaty pod Milešovkou a obcí Štěpánov. Tato lokalita byla vybrána, protože Radovesická výsypka patří mezi největší výsypky v České republice. V práci jsou popsány faktory ovlivňující větrnou erozi a místní půdní vlastnosti. Dále je zde představen výsledek měření větrné eroze na této lokalitě. Samotné měření a sledování větrné eroze probíhalo v období od 28. 3. 2017 do 20. 9. 2017. Popsána je metoda a postup měření. První způsob měření větrné eroze byl uskutečněn za pomoci erozních kolíků, s následným odečtením a vyhodnocením naměřených výsledků. Druhý způsob měření spočíval ve výběru a výrobě lapačů větrné eroze, tak jejich instalace a v neposlední řadě i sběru a výpočtu získaných vzorků.

## **Klíčová slova**

Radovesická výsypka, větrná eroze, rekultivace,

This bachelor thesis is focused on wind erosion and its occurrence in Radovesic dump. The area of interest is located in the Teplice district between the towns of Bílina, Štrbice, Kostomlaty pod Milešovkou and the village of Štěpánov. This location was chosen because Radovesic dump is one of the largest dumps in the Czech Republic. Factors influencing wind erosion and local soil properties are described. Furthermore, the result of wind erosion measurements at this site is presented. The measurement and monitoring of the erosion itself took place in the period from 28 March 2017 to 20 September 2017. The method and procedure of the measurement are described. The first way to measure wind erosion was through erosion pins, followed by reading and evaluating the measured results. The second method of measurement consisted in the selection and production of wind erosion traps, and their installation and, at least, the collection and calculation of the collected samples.

## **Keywords**

Radovesická spoil heap, wind erosion, reclamation

## Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíle .....	2
3	Literární rešerše - Eroze půdy.....	3
3.1	Druhy eroze podle erozních činitelů .....	3
3.1.1	Eroze vodní (akvatická).....	3
3.1.2	Sněhová eroze (niviální).....	4
3.1.3	Ledovcová eroze (glaciální).....	5
3.1.4	Větrná eroze (eolická).....	5
3.1.5	Antropogenní eroze .....	6
3.2	Intenzita erozních procesů .....	7
3.2.1	Klimatický faktor .....	7
3.2.2	Půdní faktor.....	8
3.2.3	Vegetační faktor .....	8
3.3	Rozšíření eroze.....	8
3.4	Následky eroze.....	9
3.4.1	On-situ efekty.....	9
3.4.2	Off-situ efekty .....	9
3.5	Protierozní opatření.....	10
3.5.1	Organizační opatření.....	10
3.5.2	Agrotechnická opatření.....	10
3.5.3	Technická opatření .....	10
4	Větrná eroze půdy .....	11
4.1	Vliv půdního prostředí na vznik větrné eroze.....	12
4.2	Vliv klimatických podmínek na vznik větrné eroze .....	13
4.3	Vliv větrné eroze na půdní prostředí.....	13
4.4	Stanovení erodovatelnosti půdy větrem .....	14

5	Metodika.....	17
5.1	Charakteristika zájmového území - Radovesická výsypka .....	17
5.2	Výsypkové zeminy.....	17
5.2.1	Pudní vlastnosti skrývkových zemin výsypky Radovesice .....	18
5.3	Hydrologické poměry.....	20
5.4	Klimatické poměry.....	21
5.5	Rekultivace výsypky Radovesice .....	21
5.6	Terénní šetření .....	22
5.7	Laboratorní stanovení a výsledky .....	26
5.7.1	Stanovení erodovatelnosti.....	26
5.7.2	Hmotnostní analýzy .....	27
5.7.3	Měření na erozních kolících.....	29
6	Diskuse .....	29
7	Závěr.....	32
8	Přílohy .....	33
9	Přehled literatury a použitých zdrojů .....	35



# 1 Úvod

Tato bakalářská práce je zaměřená na půdu a erozní procesy, které ovlivňují funkci půdy a její kvalitu.

Půda patří mezi základní složky životního prostředí, která zajišťuje řadu důležitých funkcí a poskytuje služby nezbytné pro lidské činnosti a pro přežití všech ekosystémů. Radíme ji tak mezi životně důležité a těžko obnovitelné přírodní zdroje. Hlavními riziky ovlivňujícími půdu a její kvalitu jsou úbytek organické hmoty, omezení biologické aktivity půdy, zhutňování a eroze (Tomášek M, 2007).

Eroze je soubor procesů způsobujících uvolňování, rozpouštění, obrušování a přemísťování materiálu zemského povrchu. Jsou to procesy, které vždy probíhaly a nadále probíhají. Způsobují tak nepřetržitý vývoj a neustálé změny povrchu Země. (Janeček M., 2005). Lidská činnost však způsobuje tzv. zrychlenou erozi, která má jen v ČR za následek ztrátu několika tun úrodné vrstvy půdy ročně.

Veřejný zájem o větrnou erozi je v posledních letech vysoký. Tato obava vznikla v důsledku rostoucího povědomí o dopadech větrné eroze a emisí prachu např. na lidské zdraví, zemědělskou produktivitu, bezpečnost silničního provozu, klima, atd. Bohužel, zatímco je k dispozici mnoho modelů emisí prachu, nepředstavují tyto modely odpovídající dopady na hospodaření s půdou. Kromě toho je pro veřejnost k dispozici jen málo informací o větrné erozi, která způsobuje závažné změny v hospodaření s půdou, a které podporují pochopení pravděpodobných dopadů na ekosystémy (Nicholas P. et al., 2016).

Eroze může být způsobena převážně vodou (vlnami a proudy, ledem) nebo větrem. Erozní procesy vznikají také činností člověka. Lidská činnost, mající vliv na horninové a půdní prostředí, je výrazná zejména v posledním období, v němž společnost intenzivně využívá přírodní zdroje pro svůj další vývoj (Holý M, 1978).

Praktická část této bakalářské práce bude zaměřena na zmapování větrné eroze právě na antropogenně přeměněné části naší republiky – na Radovesické výsypce. Po důlní činnosti v severních Čechách vznikla velká řada výsypků. Radovesická výsypka patří mezi největší výsypky v České republice.

## **2 Cíle**

Cílem této bakalářské práce je pomocí získaných údajů o topografii terénu a půdních vlastnostech, erozních kolíků a přístrojů pro měření větrné eroze stanovit odnos půdy na dané ploše Radovesnické výsypky, která je zrekultivována zatravněním.

### **3 Literární rešerše - Eroze půdy**

Eroze patří mezi přírodní procesy, které nepřetržitě působí na horninové prostředí. Je to soubor procesů, které způsobují uvolňování, rozpouštění, obroušování a přemísťování materiálu (půdních částic) zemského povrchu (horninového a půdního prostředí). Jsou to procesy, které vždy probíhaly a nadále probíhají. Způsobují tak nepřetržitý vývoj a neustálé změny povrchu Země. Obecně lze říci, že eroze je mechanické narušování půdy a horninového prostředí zapříčiněné různými přírodními činiteli. Vlivem eroze se zemský povrch na jedné straně snižuje (degraduje) a po následné sedimentaci unášených částic zase zvyšuje (agraduje) (Janeček M., 2005).

Eroze může být způsobena vodou (vlnami a proudy, ledem) nebo větrem. Podle druhu erodujícího prostředí se potom rozeznává eroze říční, mořská a jezerní, ledovcová a větrná neboli eolická. Erozní procesy vznikají také činností člověka. Lidská činnost, mající vliv na horninové a půdní prostředí, je výrazná zejména v posledním období, v němž společnost intenzivně využívá přírodní zdroje pro svůj další vývoj (Holý M, 1978).

#### **3.1 Druhy eroze podle erozních činitelů**

Dělení erozí podle erozního činitele může být různé. Např. Janeček (2005) rozděluje erozi podle erozního činitele na vodní, sněhovou, ledovcovou, větrnou a antropogenní. Tyto činitelé mohou působit samostatně nebo ve vzájemné interakci.

##### **3.1.1 Eroze vodní (akvatická)**

Vodní eroze patří v České republice mezi nejčastější procesy způsobující degradaci půdy. Je způsobena kinetickou energií vody v podobě přívalových dešťů a při jarním tání masivních vrstev sněhu, kdy dochází k roztávání sněhové pokrývky a rychlému odtoku „sněhových“ vod do povrchových vod, jelikož je po zimním období zemský povrch zmrzlý a nemůže tak dojít k zasakování. Tyto vody pak odplavují půdní částice. Síla kinetické energie vody je též dobře sledována u říčních vod, kdy dochází k postupnému vymývání břehů a změně říčních koryt. Slabou erozi můžeme sledovat i u jezer a rybníků. K vodní erozi dochází i působením mořské vody a to kinetickou energií narážejících vln (Janeček M., 2005).

Obr. 1. Vodní eroze půdy způsobená silnými přívalovými srážkami (Prof. Ing. Josef Hůla, CSc. a kol., 2016, online)



### 3.1.2 Sněhová eroze (niviální)

Sněhová eroze je v České republice méně rozšířená. Můžeme ji pozorovat spíše v podhorských oblastech. Kinetická energie sněhových vloček je nulová, avšak k erozi dochází při uvolnění sněhových vrstev, kdy je půda bez vegetačního pokryvu a současně má zmrzlý povrch malou infiltraci. Erozní proces je způsoben silným tlakem a rychlostí unášeného sněhu. Následky mohou být často až devastující (Holý, 1994).

Obr. 2. Sněhová eroze půdy způsobená uvolněním sněhových vrstev (Ing. Svatava Maradová, 2013, online)



### **3.1.3 Ledovcová eroze (glaciální)**

V dnešní době se tento typ eroze v České republice nevyskytuje. Můžeme jej sledovat jen ve vysokohorských oblastech, na evropském kontinentě např. v Alpách. Eroze je způsobena tíhou ledovce, který se pohybuje po skalním podloží směrem do údolí (Holý, 1994).

### **3.1.4 Větrná eroze (eolická)**

Větrná eroze je způsobena kinetickou energií větru. Je tvořena 3 fázemi. Nejprve dochází k rozrušování půdního prostředí a uvolnění půdních částic (abraze), poté jejich transportu (deflace) a následnému usazování (akumulace). Větrnou energií jsou nejintenzivněji erodované půdy, které nejsou pokryté vegetací (Pasák, 1984). Podrobněji bude větrná eroze probrána v kapitole „Vlastní práce“.

Obr. 3. Větrná eroze půdy způsobená silnými větrnými poryvy (AVCR, 2016, online)



### 3.1.5 Antropogenní eroze

Antropogenní eroze je zapříčiněna lidskou činností. Je způsobena především ekonomickou činností a zemědělsko-průmyslovou výrobou. Jako nejzávažnější antropogenní činnosti způsobující erozi a změny půdního prostředí, jsou těžba nerostných surovin a nešetrné zemědělské obdělávání. Tyto procesy jsou mnohem drastičtější a rychlejší než přírodní pochody (Blažková, 2002).

Obr. 4. Antropogenní eroze půdy způsobená těžbou hnědého uhlí (Jaroslav Průcha, 2015, online)



### 3.2 Intenzita erozních procesů

Podle intenzity jsou erozní procesy děleny na normální a zrychlené. Rychlost eroze normální (též kompenzační nebo přirozené) je taková, při které se odnos půdy rovná její tvorbě zvětráváním. Zrychlená eroze je zapříčiněná lidskou činností. U eroze zrychlené se nestačí obnovovat množství ztracené půdy a dochází k degradaci půdního horizontu (Holý, 1994)

K posouzení intenzity erozních procesů na dané lokalitě je nutné znát zejména klimatický faktor (výskyt a intenzitu srážek, utváření a průběh povrchového odtoku), půdní faktor (strukturu půdy, obsah humusu, texturu, vlhkost půdy) a vegetační faktor (vegetační pokryv). Toman (1994) uvádí tyto faktory, které ovlivňují intenzitu eroze:

#### 3.2.1 Klimatický faktor

Jak už bylo výše řečeno, rozhodujícím klimatickým faktorem pro vznik eroze jsou přívalové srážky, jejichž erozní účinek, způsobený intenzivním povrchovým odtokem, je zesílen působením kinetické energie dešťových kapek na půdní povrch. Přívalové srážky jsou typické svou značnou intenzitou, krátkou dobou trvání, omezeným a plošným rozsahem. V našich podmínkách je výskyt těchto erozně nebezpečných dešťů nejčastější v období od konce dubna do počátku října. U sněhových srážek se posuzuje

rozložení, výška a doba trvání sněhové pokrývky. Do klimatických faktorů je řazen i odtok, který je určen především množstvím srážek, infiltrací vody do půdy, vegetačním porostem, vlhkostí a retencí povrchu (Toman, 1994).

### **3.2.2 Půdní faktor**

Půdní faktory ovlivňují vsakovací schopnost půdy a zvyšují vzájemnou soudržnost půdních částic (Janeček, 2005).

Rozhodujícími vlastnostmi půdy, které ovlivňují odolnost půdy proti vzniku eroze, jsou: povaha horninového substrátu, obsah organické hmoty (humusu), textura a vlhkost půdy (zejména u větrné eroze). Právě množství humus ovlivňuje zvětrávání půdy, stupeň disperze, chemismus, pohyblivost a tvorbu organominerálních sloučenin, texturu půdy, vlhkost půdy a v neposlední řadě celkovou soudržnost půdního prostředí (Sotáková, 1982).

Přítomnost půdní organické hmoty definuje rozdíl mezi horninou a půdou. Množství a charakter organické hmoty určují směr půdotvorných procesů, biochemických, chemických a fyzikálních vlastností a úrodnost a stabilitu půdy (Kubát a kol., 2008).

### **3.2.3 Vegetační faktor**

Vegetační faktor má vliv na průběh a intenzitu erozních procesů. Typ vegetačního pokryvu působí na ochranu půdního povrchu před přímým dopadem dešťových kapek a před působením větru, podporuje vsakování srážkové vody do půdy, má vliv na zpomalení povrchového odtoku a zlepšení fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy. Nejúčinnější protierozní ochrana je přisuzována lesům, dále travním porostům a v poslední řadě polním plodinám (Toman, 1994).

## **3.3 Rozšíření eroze**

Podle statistik je v České republice ohroženo přes 50% půd, z toho je cca 40% půd ohroženo vodní erozí a 10% půd je ohroženo větrnou erozí (Janeček M., 2008).

Na základě těchto informací vznikl v České republice ve spolupráci Ministerstva zemědělství, Ústředního pozemkového úřadu (nyní Státní pozemkový úřad) a Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy společný projekt na



monitoring půd. Účelem monitoringu je získávání a vyhodnocování informací o erozních událostech na zemědělské půdě v České republice pro návrh preventivních opatření a opatření na zmírnění nebo odstranění negativních důsledků erozních událostí (VÚMOP, ©2019).

### **3.4 Následky eroze**

Eroze patří mezi negativní vlivy působící na půdní fond. Usuzuje se tak z toho, že má eroze za následek narušování svrchní nejúrodnější části půdy, snižování půdního fondu, snižování obsahu živin, zhoršení fyzikálně-chemických vlastností, zvýšení šterkovitosti půdy, což následně vede ke zhoršení úrodnosti půdy. Lze tedy říci, že eroze má vliv na celkové zhoršení půdního fondu a vede tak ke snížení produktivity půdy. Transport erodovaných částí půdy pak znečišťuje ovzduší, znečišťuje vodní zdroje, snižuje průtok ve vodních tocích a zvyšuje náklady na čištění povrchových vod (Janeček M., 2008).

Podle Bredy a Weila (2002) se následky eroze projevují dvěma způsoby a to on-situ a off-situ:

#### **3.4.1 On-situ efekty**

On-situ efekty jsou ty, které ovlivňují půdní prostředí svým působením napřímo v daném místě. K těmto efektům dochází v okamžiku přímého působení např. příválových dešťů nebo působením silných větrů, kdy nastává rozrušování půdy a odnosu půdních složek. Následky eroze mohou dosahovat až katastrofálních scénářů. Při špatném hospodaření může docházet k trvalé degradaci půdy a odnosu ornice. To vede ke snížení kvality a produktivity půdy, což způsobí snížení produkce. Tlapák a kol. (1992) uvádí, že účinek eroze může být natolik silný, že naprosto znemožní polní hospodaření. To může vést k trvalému zatravnění, popřípadě zalesnění půdy bez možnosti zemědělského využití půd.

#### **3.4.2 Off-situ efekty**

Oproti on-situ efektům působí off-situ efekty mimo erodovanou oblast. Off-situ efekty se projevují v místě, kde dochází k usazování unášených půdních složek (ať už větrem nebo vodou). Mají tak nepříznivý environmentální vliv (např.

ovlivnění kvality vody a ovzduší) a následně i ekonomické následky (např. náklady na čištění vod) (Tlapák a kol., 1992).

### **3.5 Protierozní opatření**

Protierozní opatření spočívá v ochraně půdy před destruktivními účinky erozních činitelů, zlepšení soudržnosti půdy, podporování vsakování vody, resp. zabránění eroze. Tato opatření jsou organizačního charakteru, agrotechnického charakteru a technického charakteru (Janeček M., 2005).

#### **3.5.1 Organizační opatření**

Mezi hlavní organizační protierozní opatření se řadí situování pozemků delší stranou ve směru vrstevnic, ochranné zatravnění (především údolnic a drah soustředěného povrchového odtoku), uplatňování protierozních osevních postupů (vyločení širokořádkových plodin) apod. (Hůla a kol., 2010).

#### **3.5.2 Agrotechnická opatření**

Mezi agrotechnická protierozní opatření patří vrstevnicové obdělávání, výsev do ochranné plodiny nebo strniště, hrázkování a mulčování. Dále je také velký význam kladen na pěstování plodin, které ponechávají velkou část posklizňových zbytků na povrchu půdy. Při přívalových srážkách tak dochází ke zmírnění kinetické energie dopadajících kapek, k omezení destrukce půdních agregátů, vsakování dešťové vody a vzniku půdní krusty (Hůla a kol., 2010).

Krusty vznikají spojováním drobných půdních částic do pevnějších celků. Mohou být fyzikálního nebo biologického původu. Fyzikální krusty vznikají především působením vody a větru. Naopak biologické půdní krusty vznikají činností velkého množství mikroorganismů, které způsobí slepení půdních částic k sobě. Přítomnost půdních krust může ovlivnit erodovatelnost půdy změnou prahové rychlosti poryvu větrů na dané lokalitě (Nicholas P. et al., 2016).

#### **3.5.3 Technická opatření**

Technická opatření spočívají v úpravě terénu. Tato opatření jsou často vysoce nákladná a vyžadují vyhotovení projektové dokumentace. Jedná se o terénní

urovnávky, realizace protierozních mezí, příkopů a teras, trvalé zatravnění pozemku, apod. (Hůla a kol., 2010).

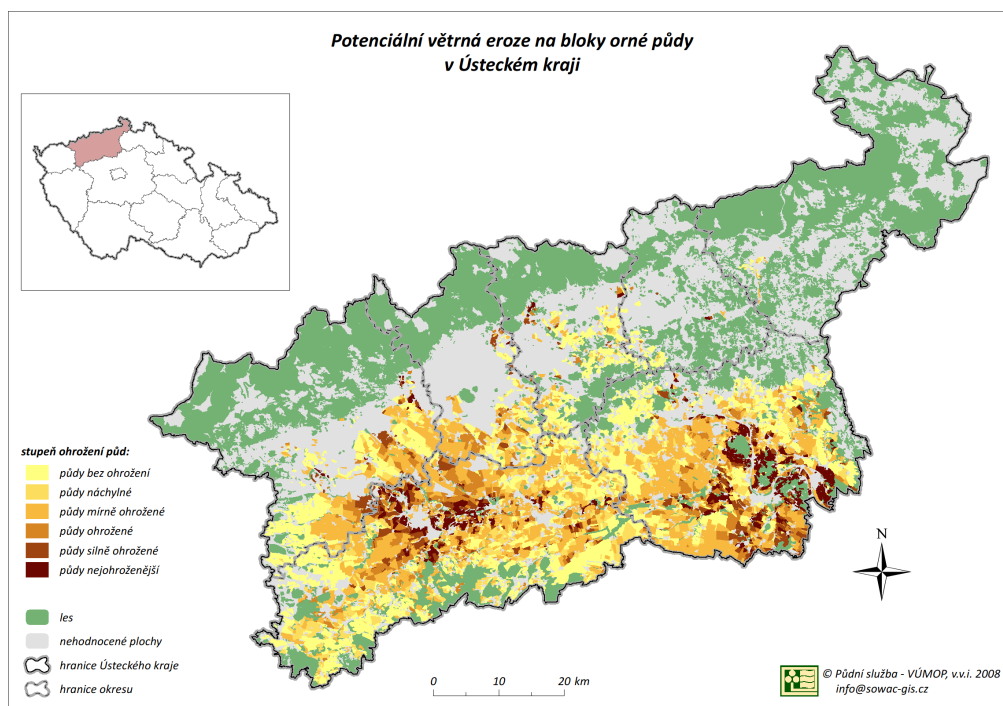
#### **4 Větrná eroze půdy**

Větrná eroze je v posledních letech velmi sledována, jelikož obavy veřejnosti z větrné eroze jsou velmi vysoké. Tato obava vznikla v důsledku rostoucího povědomí o dopadech větrné eroze a emisí prachu na lidské zdraví, zemědělskou produktivitu nebo klima (Nicholas P. et al., 2016).

Jak už bylo řečeno, větrná eroze nastává při působení kinetické energie větru, který způsobí rozrušení půdního prostředí, odnos půdních složek a jejich akumulaci na jiném místě. Nejčastěji se vyskytuje na místech, kde je počasí charakterizováno nízkými a proměnlivými srážkami, proměnlivou a vysokou rychlostí větru, častým výskytem sucha, rychlými a extrémními změnami teploty a vysokým výparem (Pasák, 1970 v Dufková, 2008). Větrná eroze může působit celoročně. Neoptimálnější podmínky pro vznik větrné eroze jsou ale v jarním období po suché, na sněhové srážky chudé zimě. Půdní povrch má minimální vlhkost, vegetačně je málo pokrytý nebo zcela holý a silný vítr tak může strhávat půdní složky. V hodné podmínky, pro vznik větrné eroze, jsou též na podzim, kdy je půda opět bez vegetačního pokryvu (Dufková, 2007).

Dufková (2008) uvádí, že byl zjištěn výskyt větrné eroze až na 90 % kultivované půdy (např. na výsypkách) a téměř vždy na půdách lehkých. Avšak z výzkumu Dufkové (2008) také vyplývá, že větrná eroze působí značné škody i na půdách těžkých, a to za určitých klimatických podmínek a při nevhodném způsobu hospodaření.

Obr. 5. Potenciální větrná eroze na bloky orné půdy v Ústeckém kraji (Půdní služba – VÚMOP, v.v.i., 2008)



#### 4.1 Vliv půdního prostředí na vznik větrné eroze

Jedním ze základních půdních faktorů, který má vliv na vznik větrné eroze a na odnos půdních částic je zrnitostní a agregátová skladba půdy. Rozhoduje zde především velikost půdních částic. Jemnější částice jsou rychleji erodovány, než částice větších rozměrů (Pasák, 1970 v Dufková, 2008). Avšak podle výzkumu Švehlíka (1973) v Dufková (2008) vyplývá, že jsou větrem erodovány, unášeny a usazovány i poměrně větší půdní částice. Na základě jeho výzkumu byla vyhodnocena hranice erodovatelnosti pro jednotlivé druhy půd (Tab. 1), z čehož vyplývá, že půdní složky větší než uvedené hodnoty by měly být erozně stálé. Přesto jsou však někdy unášeny i částice o velikosti až 4,00 mm.

Tab. 1 Hranice erodovatelnosti pro jednotlivé druhy půd (Švehlíka (1973) v Dufková, 2008).

<b>Půdy</b>	<b>Velikost částic (mm)</b>
<b>Lehké</b>	0,82
<b>Váté písky</b>	1,12
<b>Střední</b>	1,51
<b>Těžké</b>	2,00

Dufková (2008) také popisuje výzkum Chepila (1958), který na základě výzkumů větrné eroze v aerodynamickém tunelu, stanovil hranici erodovatelnosti půdních částic na 0,84 mm. Tímto výzkumem bylo také zjištěno, že větrné erozi nejlépe odolávají agregáty o velikosti od 0,84 mm do 6,40 mm. Hroudy větší než 6,40 mm sice odolávají větrné erozi, nemají však v poměru ke své váze dostatečný povrch k ochraně jiných erodovatelných částic, tudíž se jeví jako nevhodné pro dosažení neerodovatelnosti půdního prostředí.

Dalšími půdními faktory ovlivňující erodovatelnost půdy jsou přítomnost jemných tmelících materiálů, vlhkost půdy, kultivace půdy a činnost organismů. Tyto faktory způsobují tmelení jednotlivých půdních částic do druhotných agregátů. Důležitými půdními složkami jsou jílnaté částice (částice < 0,01 mm), které vytváření druhotných agregátů způsobují. Přítomnost vody v půdě také působí na stmelení půdních částic a organických či anorganických jemných materiálů s tmelícími účinky (Pasák, 1970 v Dufková, 2008).

#### **4.2 Vliv klimatických podmínek na vznik větrné eroze**

Klimatické podmínky jsou dalším faktorem ovlivňující erodovatelnost půdy, jelikož vlhkost půdy je určena především množstvím srážek, teplotou a vlhkostí vzduchu a větrem. Lze tedy konstatovat, že je větrná eroze závislá na třech hlavních klimatických prvcích a to na větru, vzdušných srážkách a teplotě vzduchu (Dufková, 2008).

Dufková (2004) také ve své práci uvádí, že vliv klimatických podmínek na intenzitu a rozšíření větrné eroze nejlépe vystihuje rovnice, kterou Chepil et al. (1962) v Dufková, Pokladníková (2004) nazval „*erozně klimatický faktor C*“. Tento faktor vyjadřuje vliv průměrné vlhkosti půdního povrchu a průměrné rychlosti větru na průměrnou erodovatelnost půdy větrem.

#### **4.3 Vliv větrné eroze na půdní prostředí**

Mechanismus větrné eroze spočívá v odnosu jemnějších částic z místa působení větru buď ve formě suspenze, nebo skokem a sunutím těchto jemných podílů do jiných částí území. Na místě pak zůstávají pouze částice hrubozrnné a kamenité. Právě odnosem jemných částic, hnojiv a prostředků na ochranu rostlin dochází ke zhoršování fyzikálních vlastností půdy. Dalším nežádoucím jevem je

obnažování kořínků rostlin a přesekáváním jemných stonků mladých rostlin větrem unášenými zrnky zeminy (Dufková, Toman, 2004).

#### 4.4 Stanovení erodovatelnosti půdy větrem

Vítr je nejdůležitějším faktorem pro rozvoj větrné eroze. Obecně je však sledování a monitorování větrné eroze poměrně obtížný proces, protože je diskontinuální a je obtížné sledovat přímo vznikající erozivní proces. Z tohoto důvodu jsou zkoumány i dopady eroze např. na životní prostředí (Dufková, Kozlovsky, Lackóová, 2014).

Stanovení výskytu větrné eroze na dané lokalitě je složité. V literatuře jsou sice popsány různé metodiky, jak větrnou erozi stanovit, avšak k jejich výpočtu je zapotřebí znát spoustu proměnných, jako je např. síla větru, vlhkost půdy, množství agregátů, atd. Erodovatelnost půdy může být monitorována objemovými, pedologickými, morfometrickými i fotogravimetrickými metodami. Mimo to může být větrná eroze sledována také pomocí specifických deflametrických metod, které se zaměřují na přesné stanovení vlastností deflátu, tj. částic přenášených větrem. Nejdůležitější údaje, které je třeba získat v terénu, se týkají množství a kvality částic přenášených větrem za různých podmínek a v různých výškách nad zemí. Pro stanovení intenzity větrné eroze a jejího vztahu s dalšími faktory a podmínkami jsou potřebná kvantitativní data o odnosu půdních částic (Kozlovsky, Lackóová, 2014).

Dufková (2007) např. uvádí stanovení erodovatelnosti půdy větrem podle Pasáka (1967), kdy je zapotřebí znát obsah neerodovatelných částic v půdě, poměrnou vlhkost půdy a rychlost větru při povrchu půdy. Klimatické jevy, jako jsou rychlost větru a vlhkost půdy je nutno naměřit/stanovit přímo v terénu. Jedná se o hodnoty okamžité a mluvíme tedy o stanovení skutečné okamžité erodovatelnosti půdy větrem.

Dufková (2007) použila rovnici erodovatelnosti, která vyjadřuje vzájemné působení základních faktorů ovlivňujících náchylnost půd k erozi větrem:

$$E = 22,02 - 0,72P - 1,69V + 2,64R$$

kde:

E = erodovatelnost půdy větrem ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ )

P = obsah neerodovatelných částic v půdě (%)

V = poměrná vlhkost půdy (% hmotnostní)

R = rychlost větru při povrchu půdy ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

Obsah neerodovatelných částic v půdě je rozhodujícím kritériem pro stanovení erodovatelnosti půdy větrem. Neerodovatelné částice v půdě stanovovala Dufková (2007) proséváním průměrného na vzduchu vyschlého vzorku půdy z povrchové vrstvy sítím o velikosti ok 0,8 mm. Vážením celkového množství vzorku půdy a prosetého množství vzorku zbylého na síti, lze vypočítat procentuální zastoupení neerodovatelných částic:

$$P = p/c \times 100$$

kde:

P = obsah neerodovatelných částic v půdě (%)

p = hmotnost vzorku po prosetí sítím (g)

c = hmotnost vzorku na vzduchu vyschlého před prosetím (g)

Ke stanovení skutečné erodovatelnosti půdy větrem potřebovala Dufková (2007) přepočítat okamžitou vlhkost půdy na vlhkost poměrnou podle Pasáka (1967). Poměrnou vlhkost půdy lze vypočítat z rovnic:

$$V = V_o / V_n \quad V_n = o / 2,4$$

kde:

V = poměrná vlhkost půdy (%)

VO = vlhkost okamžitá (%)

Vn = nepřístupná voda (%)

o = obsah jílnatých částic (%)

Ke zjištění okamžité vlhkosti půdy použila Dufková (2007) vážkovou (gravimetrickou) metodu podle Jandáka (2001). Z rovného, vegetací nepokrytého povrchu byly odebírány vzorky pro stanovení půdní vlhkosti. Vlhké, odebrané vzorky byly nejprve zváženy, následně vysoušeny a suchý substrát byl opět zvážen.

Sklenářová (2008) ve své práci uvádí stanovení stupně erodovatelnosti půdy podle Pasáka, který stanovil na základě pokusů v aerodynamickém tunelu vztah, ve kterém je erodovatelnost půdních druhů závislá na obsahu jílových složek.

Rovnice erodovatelnosti půdy podle Pasáka (1966) ve Sklenářová (2008):

$$E = 875,52 \times 10^{-0,0787M}$$

E = erodovatelnost půdy větrem (t/ha.rok)

M = obsah jílnatých částic v půdě (%)

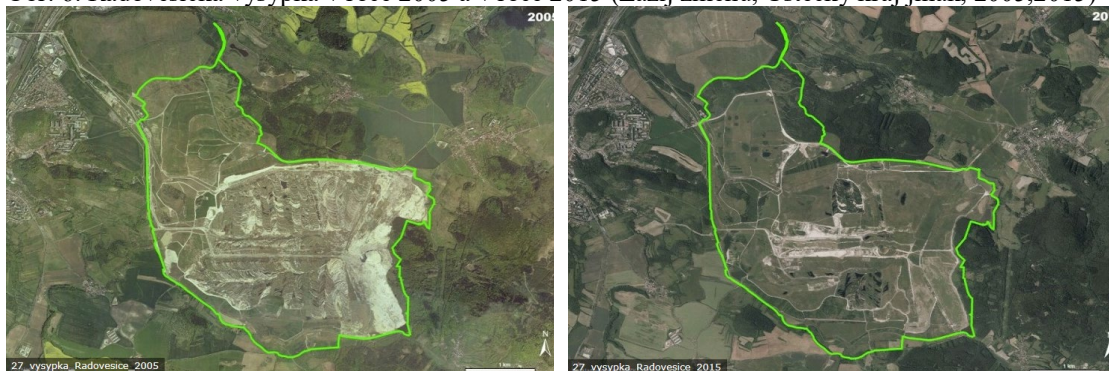


## 5 Metodika

### 5.1 Charakteristika zájmového území - Radovesická výsypka

Radovesická výsypka o celkové výměře cca 1200 ha a s průměrnou mocností 50 – 70 m se nachází v teplickém okrese mezi městy Bílina, Štrbice, Kostomlaty pod Milešovkou a obcí Štěpánov a patří mezi největší výsypky v České republice. Zakládání skrývkových zemín bylo započato v roce 1964 a ukončeno bylo v roce 2003. Za toto období zde bylo uloženo přes půl miliardy m<sup>3</sup> nadložních zemín, čímž vzniklo mohutné výsypkové těleso stoupající z nadmořské výšky 250 m n. m. při kontaktu s výsypkou Jirásek na severozápadě a dosahující výšky 420 m n. m. ve své východní části, kde plynule navazuje na masív Českého středohoří. Poté následovala realizace technické a biologické, převážně lesnické rekultivace. Náročnost rekultivace výsypky spočívala v její rozsáhlosti a v převážně nepříznivých vlastnostech zakládaných zemín (Řehoř, Ondráček, 2010).

Obr. 6. Radovesická výsypka v roce 2005 a v roce 2015 (Zažij změnu, Ústecký kraj jinak, 2005,2015)



V rámci rekultivačních prací byly na výsypce v roce 2000 vyčleněny dvě plochy pro výzkum přirozené sukcese o výměře asi 54 ha, které byly v roce 2016 vyhlášeny jako významný krajinný prvek (Řehoř, Ondráček, 2010).

### 5.2 Výsypkové zeminy

Zeminy založené na Radovesickou výsypku pocházejí převážně z povrchového dolu Bílina. Nejčastěji se zde vyskytují zeminy hlavní uhelné sloje a svrchních písčito-jílovitých vrstev. Hlavními materiály zakládanými na výsypku Radovesice jsou písky, kaolinické a kaolinicko-illitické písčité jíly, které vykazují malou protierozní odolnost a nedostatek živin. Příměsi těchto materiálů jsou také uhelná hmota, siderit a pyrit. Pro dosažení vhodných půdních podmínek byly na

výsypce Radovesice aplikovány slíny a slínovce vytěžené z původního svrchního horizontu tehdejšího údolí (dnešní podloží Radovesické výsypky) (Řehoř, Ondráček, 2010).

### 5.2.1 Půdní vlastnosti skrývkových zemín výsypky Radovesice

Charakteristika a půdní vlastnosti výsypkových zemín jsou velmi důležité pro jejich další využití a rekultivační zpracování, tzn. pro plánování založení nového vegetačního pokryvu. Tyto znalosti jsou také důležité ke stanovení erodovatelnosti půd. V tělese výsypky se nejčastěji objevují zeminy svrchních písčitojílovitých vrstev, které jsou tvořeny prachovitými až písčítými jíly a písky. Základní pedologické parametry zemín svrchního horizontu výsypky Radovesice jsou uvedeny v tabulce č.2 (Čermák, P. a kol., 1999).

Tab. 2 Základní pedologické parametry typických vzorů slínu a zemín svrchního horizontu výsypky Radovesice (Řehoř, Ondráček, 2010)

hominový typ	Nc (%)	org. látky Cox (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	pH KCl	přijatelné živiny (mg.kg <sup>-1</sup> )			sorpční schopnost		
					P	K	Mg	S	T	V (%)
								mmol/100 g		
<sup>1</sup> písčítý jílovec	0,01	2,1	0,9	6,8	1	105	765	9	9	100
<sup>2</sup> šedý jílovec	0,02	2,2	1,4	7,4	3	234	912	14	14	100
<sup>3</sup> písek	-	1,8	0,8	6,2	0	92	335	7	7	100
<sup>4</sup> prachovitý uhel. jílovec	-	6,5	0,6	3,8	0	25	195	5	20	25
<sup>5</sup> slín	-	0,3	27,5	8,1	1	105	342	11	11	100

1 - zemina písčitohlinitá, 2 - zemina jílovohlinitá, 3 - zemina hlinitopísčítá, 4 - zemina hlinitopísčítá, 5 - zemina jílovohlinitá

Níže uvedené charakteristiky půd se dnes vyskytují v určitém množství v tělese či na povrchu Radovesické výsypky. Stratigraficky jsou řazené podle jejich uložení v geologickém profilu dolu Bílina.

### Zeminy kvartéru (ornice, hlíny, sprašové hlíny, spraše, šterky)

Zeminy kvartéru, vyskytující se na Radovesické výsypce, pochází z vrchních horizontů skrývkových zemín dolu Bílina. Tyto zeminy byly při těžbě selektivně deponovány a ukládány na předpolí dolu Bílina (Řehoř, Ondráček, 2010).

Ornice je přednostně využívána pro zemědělskou rekultivaci, jelikož tvoří nejčinnější půdotvorný substrát kvartérního geologického původu. Je převážně

zrnitostně vyrovnaná a obsah frakce pod 0,01 mm se pohybuje v rozmezí 30 % - 50 %. Celkový objem ornice skryté v letech 2007 až 2010 na Radovesické výsypce je 280 957,6 m<sup>3</sup> (Řehoř, Ondráček, 2010).

Spraše a sprašové hlíny skryté v Radovesické výsypce patří k nejčastějším kvartérním sedimentům Severočeské hnědouhelné pánve. Jsou typické nižším obsahem uhličitanu vápenatého a výrazným zjílovatěním tzn., že se od typických spraší odlišují nižším obsahem prachových částic a vyšším obsahem fyzikálního jílu. Jejich sorpční vlastnosti jsou závislé na obsahu jílových minerálů. Čermák a kol. (1998) uvádí, že obsah fosforu ve spraších na lokalitě Radovesické výsypky je převážně nízký, kdežto obsah draslíku a hořčíku je na úrovni středního hodnocení. Jsou vhodné pro lesnické rekultivační účely (Čermák, P. a kol., 1999).

### **Nadložní šedé kaoliniticko-illitické jílovce**

Tento horninový typ je tvořen jíly, jílovci až prachovými jílovci hnědé až šedohnědé barvy s obsahem křemene, kaolinitu a illitu. Obsah karbonátů je nízký až nulový. Ve srovnání s kvartérními horninami vykazují horší vlastnosti, zejména sorpční schopnosti. Díky intenzivnímu zvětrávání dochází u tohoto typu hornin ke zhutnění a omezení infiltračních schopností. Jsou vhodné pro lesnickou rekultivaci (Čermák, P. a kol., 1999).

### **Šedé písčité jílovce a prachovce**

Šedé písčité jílovce a prachovce patří mezi nejvýznamnější skrývkové horniny, které byly z dolu Bílina na Radovesickou výsypku transportovány. Tento horninový typ je převážně tvořen jíly, jílovci až prachovitými jílovce hnědé až šedohnědé barvy bez příměsi karbonátů. Půdní reakce bývá slabě kyselá až mírně alkalická. Vykazují nízkou sorpční schopnost, která je zapříčiněna nízkým obsahem organických látek a fosforu. Vzhledem k nestabilním hydrofyzikálním a fyzikálním vlastnostem mají sklon k erozím (Čermák, P. a kol., 1999).

### **Písky**

Písky tvoří další významný podíl ve skrývkových zeminách Radovesické výsypky. Jde převážně o hlinitopísčité a písčitohlinité horniny s nepříznivými protierozními i fyzikálními vlastnostmi. Půdní reakce je slabě kyselá až neutrální.

Obsah karbonátů, fosforu i draslíku je nízký. Mají nízkou sorpční schopnost (Čermák, P. a kol., 1999).

### **Písčité až uhelné jílovce a písky s uhelnou hmotou (skrývkové zeminy uhelné sloje)**

Zakládané horniny s uhelnou hmotou jsou značně nepříznivé. Vykazují minerálně deficitní (fyto toxický) charakter. Jedná se o skrývkové zeminy s obsahem písků s příměsí porcelanitů (přepálené horniny) a s vysokým podílem uhelné hmoty. V omezeném množství se mohou vyskytovat i siderit a pyrit. Půdní reakce je u těchto zemin silně kyselá. Zakládají se pouze do tělesa výsypky. V případě jejich výskytu na povrchu rekultivovaných lokalit je nutné převrstvení rekultivačním zúrodnitelnou zeminou (Čermák, P. a kol., 1999).

### **Slíny a slínovce**

Směs slínů a slínovců aplikovaných během důlně - technické rekultivační etapy na svrchní horizont výsypkových zemin tvoří kalcit, křemen, illit a kaolinit. Zrnitostní vlastnosti těchto zúrodnitelných zemin je ovlivněna podílem kusů pevného slínovce. U čerstvě vytěžených slínovců je značný podíl tvořen středním až hrubým štěrkem. Obsah kalcitu kolísá cca mezi 40-50%, proto bývá půdní reakce ve výluhu slabě zásaditá. Sorpční schopnosti a obsahy přijatelných živin jsou zpočátku nízké, proto byla aplikace slínovců jako rekultivačního aditiva vhodná až cca po 5 letech vytěžení (Štýs, S., 1992).

## **5.3 Hydrologické poměry**

Území výsypky spadá do povodí řeky Bíliny. Před zasypáním bylo původně radovesické údolí odvodňováno Lukovským potokem, který pramenil v Českém středohoří. Protékal od Štěpánova přes Radovesice a v Bílině ústil do řeky Bíliny. Odvodňoval plochu o rozloze cca 25 km<sup>2</sup>. Podle Kohoutkové (1992) uvádí Halíř, Pletichová (2010) následující: „průtočnost Lukovského potoka v úseku, kde protéká rulou, vzrůstá o 7 l/s (420 l/min). I když tato hodnota většinou vzbuzuje nedůvěru, dokumentuje skutečnost, že přesypané údolí Lukovského potoka bylo velmi významnou drenáží puklinových podzemních vod krystalinika pod Radovesickou výsypkou“. Lukavský potok však byl v rámci výstavby výsypky nejprve přeložen a

následně zcela zasypán. Dalším hydrologicky významným prvkem v lokalitě Radovesické výsypky je oběh mělkých podzemních vod v kvartérním podloží. Předpokládá se, že tento tok podzemních bude probíhat i po zasypání výsypkovými zeminami (Halíř, J., Pletichová, M., 2010).

Celý prostor Radovesické výsypky je dodnes nepřetržitě odvodňován, avšak úplné zmapování všech pramenů, studní a drobných vodotečí na tomto území není známo, jelikož nebylo provedeno podrobné hydrogeologické mapování výsypného prostoru před jeho zasypáním. Odvodňování je zajišťováno třemi hlavními recipienty. Jsou to Štrbický potok na severu, potok Syčivka na jihu a soustava odvodňovacích příkopů vedených přes střed území, zaústěných do řeky Bíliny. (Halíř, J., Pletichová, M., 2010).

#### **5.4 Klimatické poměry**

Oblast Radovesické výsypky spadá dle klimatických podmínek do oblasti mírně teplé, mírně suché až suché. Jsou zde typická mírně teplá až teplá jara, dlouhá, teplá a suchá léta a podzim s mírnou až převážně mírnou zimou s krátkým trváním sněhového pokryvu. Průměrná roční teplota je 9,1 °C. Oblast je ovlivněna srážkovým stínem Krušných hor. Průměrně roční úhrny srážek dosahují 460 mm za rok a průměrná relativní vlhkost vzduchu je 76 %. Směr převládajících větrů je severozápadní (Vráblíková a kol., 2007).

#### **5.5 Rekultivace výsypky Radovesice**

Štýs, Helešicová (1992) uvádějí, že rekultivace je aktivní obnova a tvorba nového půdního fondu v oblasti devastované průmyslovou činností. Rekultivuje se např. na holých výsypkách za vzniku úrodných půd. K tomuto účelu jsou využívány všechny dostupné prostředky – technické, vodohospodářské, biologické. Je nutné si však uvědomit, že rekultivace po těžbě uhlí není jen navést ornici a vysadit nový les. V Severočeské hnědouhelné pánvi byla krajina velmi zdevastována a ovlivněna a její rekultivace musí probíhat uceleně podle promyšlených plánů, aby jednotlivé rekultivační prvky do sebe zapadly a rekultivovaná krajina funkčně prospívala.

S rekultivací a revitalizací Radovesické výsypky souvisí hlavně její osidlování původní flórou a faunou a tím i její celkové zvyšování ekologické stability. Jak už bylo výše řečeno, hlavními materiály zakládání na výsypku jsou

písky, kaolinické a kaolinicko-illitické písčité jíly, uhelná hmota, siderit a pyrit. Tyto horniny disponují nepříznivými vlastnostmi, což zapříčiňuje obtížnost u rekultivačních prací. Jsou mechanicky nestabilní vůči větrné a vodní erozi a postupně získávají nepříznivý až fyto toxický charakter (Řehoř, Ondráček, 2010), proto byla na Radovesické výsypce uplatněna ojedinělá metoda rekultivace nevhodných a toxických zemin výsypky slínovci z jejího podloží za vzniku nového kořenícího horizontu. Tento horizont díky zlepšeným fyzikálním a chemickým vlastnostem vytváří obdobu původního půdního profilu (Bejček, 2003).

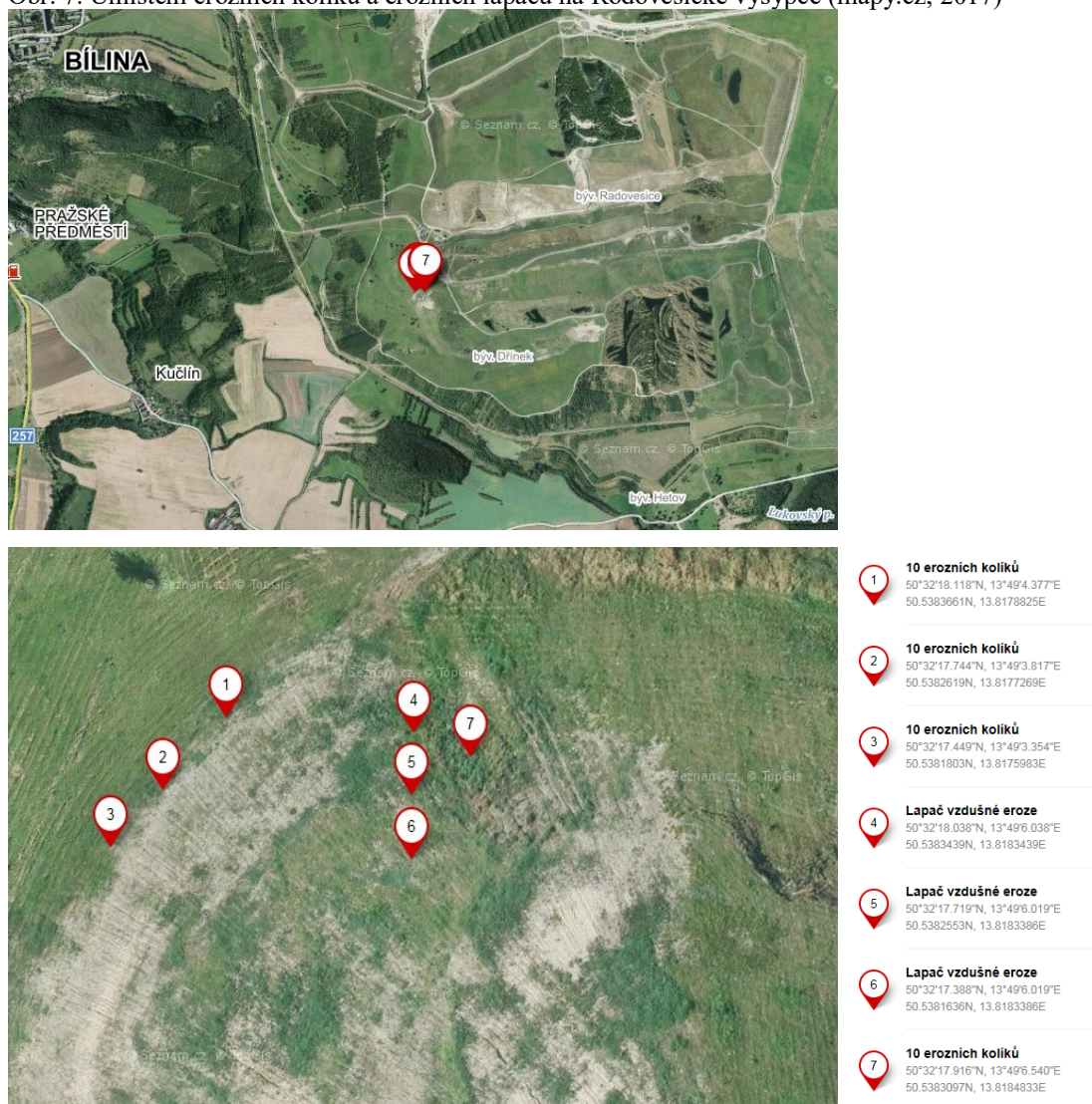
Po aplikaci slínovců byla také v rámci rekultivace Radovesická výsypka využita k dalším pokusným účelům. V roce 2000 zde byly ponechány dvě plochy k přirozené sukcesi. Na těchto plochách nebyly aplikovány slínovce k vytvoření nového kořenového horizontu. Obě plochy jsou sledovány. Z výsledků sledování vyplývá, že si jsou obě plochy svým pedologickým charakterem i biologickým zastoupením velmi podobné (Řehoř, Ondráček, 2010).

## **5.6 Terénní šetření**

Sledování výskytu větrné eroze na Radovesické výsypce bylo prováděno v období od 28. 3. 2017 do 20. 9. 2017 aplikací erozních kolíků a jímáním unášených půdních částic do erozních lapačů.

Celkem bylo použito 40 erozních kolíků. 30 erozních kolíků bylo instalováno na hranu svahu nejvyššího místa Radovesické výsypky a 10 erozních kolíků bylo instalováno na náhorní planině nejvyššího místa Radovesické výsypky. Jako experimentální místo pro lapání erodovatelných půdních částic byla vybrána náhorní plošina již zmiňovaného nejvyššího svahu Radovesické výsypky, kam bylo instalováno 7 erozních lapačů (obr. č. 7).

Obr. 7. Umístění erozních kolíků a erozních lapačů na Rodovesické výspě (mapy.cz, 2017)



### Erozní kolíky

Pro sledování větrné eroze bylo zhotoveno 40 erozních kolíků, které byly zhotoveny z dřevěných klínů. Tyto kolíky byly zatlučeny do země (obr. č. 8). Po umístění kolíků byla odstraněna vegetace v blízkosti kolíku tak, aby bylo možné na kolík zaznamenat výšku povrchu půdního prostředí. Po uplynutí doby sledování výskytu vzdušné eroze bylo místo v okolí kolíku opět opatrně očištěno od vegetace a přivátých nečistot. Následně byla opět změřena výška povrchu horninového prostředí. Po vyjmutí erozních kolíků byl patrný rozdíl výšky povrchů před a po měření eroze. Rozdíl v obou rýskách je požadovaný výsledek zkoumání větrné eroze. U kolíku, kde je druhá rýska zaznamenána pod rýsku původní je jednoznačné, že došlo k odnosu půdních částic a tudíž k větrné erozi. Naopak u kolíku, kde byla

druhá ryska zaznamenaná nad rysku původní, můžeme konstatovat, že v daném místě dochází k usazování půdního sedimentu.

Obr. 8. Erozní kolík na Rodovesické výsypce (vlastní zdroj, 2017)



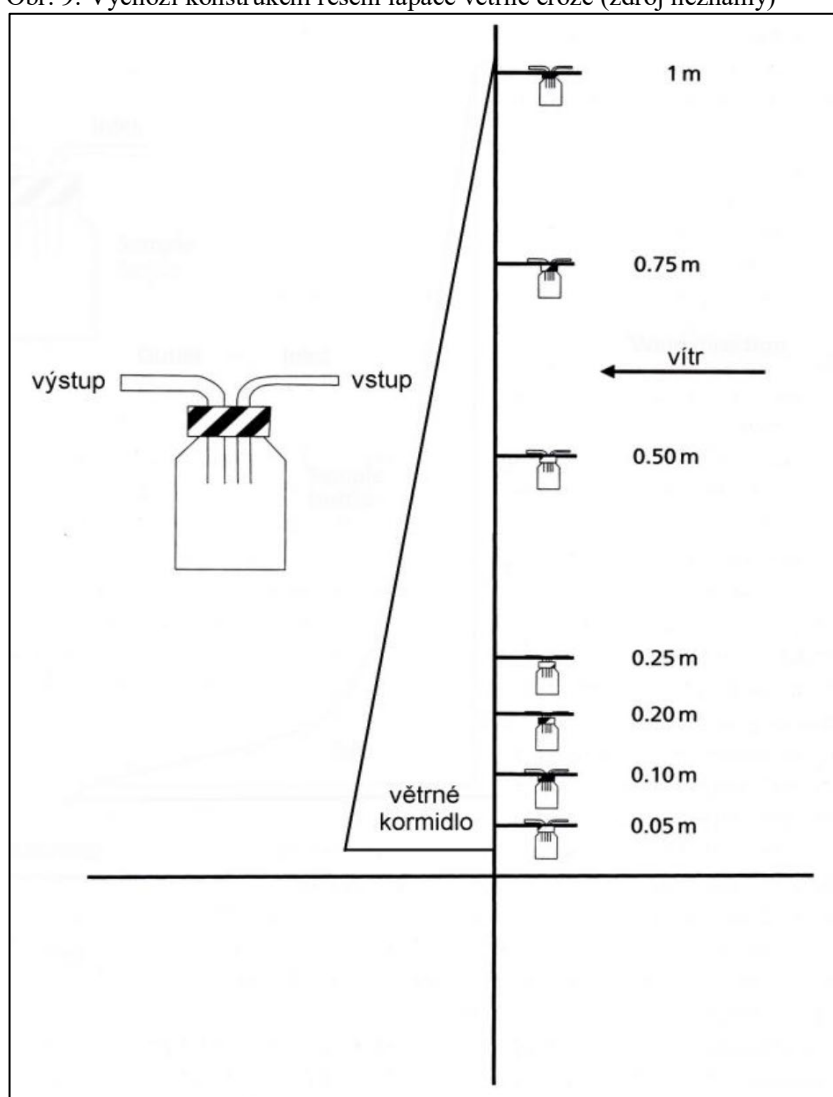
### **Erozní lapače**

Sledování a vyhodnocování větrné eroze v reálných podmínkách na Radovesické výsypce bylo prováděno do tzv. erozních lapačů (obr. č. 10.), které fungují obdobně jako jímání unášených půdních částic do deflametru. Buzek (1983) popisuje, že deflametr je přístroj, který umožňuje sledovat množství a jakost unášených částic půdy v různých výškách nad povrchem terénu. Pro toto sledování byly zhotoveny sedmipatrové erozní lapače. Jednotlivá patra byla od sebe vzdálena cca 15 cm, což znamená, že každý lapač byl vysoký cca 105 cm. K jímání větrné eroze byly použity uzavíratelné skleněné nádoby o velikosti cca 10 - 11 cm a o



obsahu cca 0,2 dl. Ve víčku byly vyvrtány dva otvory, do kterých byla vpravena a pevně usazena dvě do pravého úhlu ohnutá brčka, utěsněna ve víčku silikonem. Můj lapač větrné eroze vycházel z konstrukce lapače, který je vyobrazený na obrázku (Obr. 9) s tím, že jsem ho zkonstruoval pevný, nenatáčel se po větru a patra pro lapání vzdušné eroze byla rozložena do sedmi, od sebe stejně vzdálených nádobek pro sediment. Z naměřených vzorků bylo zřejmé, že má zjednodušená konstrukce se osvědčila a že i přes poměrně krátkou dobu výzkumu (osm měsíců) bylo možno s nashromážděnými daty pracovat.

Obr. 9. Výchozí konstrukční řešení lapače větrné eroze (zdroj neznámý)



Obr. 10. Erozní lapače a detail erozního lapače na Radovesické výsypce (vlastní zdroj, 2017)



## 5.7 Laboratorní stanovení a výsledky

Jak už bylo výše popsáno, lapání a sledování výskytu větrné eroze bylo prováděno v období od 28. 3. 2017 do 20. 9. 2017. Poté byly vzorky převezeny do laboratoře FŽP na České zemědělské univerzitě k laboratornímu stanovení.

### 5.7.1 Stanovení erodovatelnosti

Pro stanovení erodovatelnosti půdy byly 28. 3. 2017 odebrány vzorky půdy z rovného hladkého povrchu, zbaveného vegetace a to z povrchu země a hloubek 10 a 20 cm. Vzorky o hmotnosti asi 1 kg byly odebírány lopatkou do igelitových sáčků, které byly uzavřeny a následně pomocí lihového fixu popsány číslem vzorku. Při odběru vzorků z povrchu půdy bylo patrné, že se půdní agregáty a hrudky rozpadají. Jak uvádí Dufková (2008) vyskytuje se tento jev u těžkých půd s obsahem jílových částic po zimě, kdy mrznutí a následné rozmrzání rozbíjí hroudy. Po odběru byly vzorky okamžitě převezeny do laboratoře.

Neerodovatelné části byly stanoveny metodou podle Dufkové (2007), kdy byly vyschlé vzorky půdy prosévány sítím o velikosti ok 0,8 mm. Vysychání vzorků probíhalo po dobu dvou měsíců, kdy byly v laboratoři vzorky sušeny při teplotě 20°C - 25°C. Vážením celkového množství vzorku půdy a prosátého množství vzorku zbylého na síti bylo vypočteno procentuální zastoupení neerodovatelných

částic v daném půdním vzorku. Výsledky agregátové analýzy jsou znázorněny v tabulce (Tab. 3).

Tab. 3 Obsah neerodovatelných částic v půdě (vlastní zdroj, 2017)

Hloubky půdy (cm)	Obsah neerodovatelných částic (%)	Erodovatelnost (t/ha.rok)	Velikost částic (mm)
0	2,3	577,1066402	< 0,8
10	78,4	0,000591815	> 0,8
20	84,3	0,000203168	> 0,8

### 5.7.2 Hmotnostní analýzy

Vzorky zachycené v lapačích byly vysušeny stejným postupem, jako při stanovování agregátů v kapitole 5.7.1 a následně zvaženy. Výsledky hmotnostní analýzy jsou zachyceny v tabulce (Tab. 4).

Ze zachycených sedimentů byla rovněž vypočtena erodovatelnost. Výsledky byly též zaznamenány do tabulky (Tab. 4).

I když bylo nejprve počítáno se třemi lapači, byl jeden lapač v době výzkumu poničen. Proto jsou uváděny výsledky pouze ze dvou lapačů.

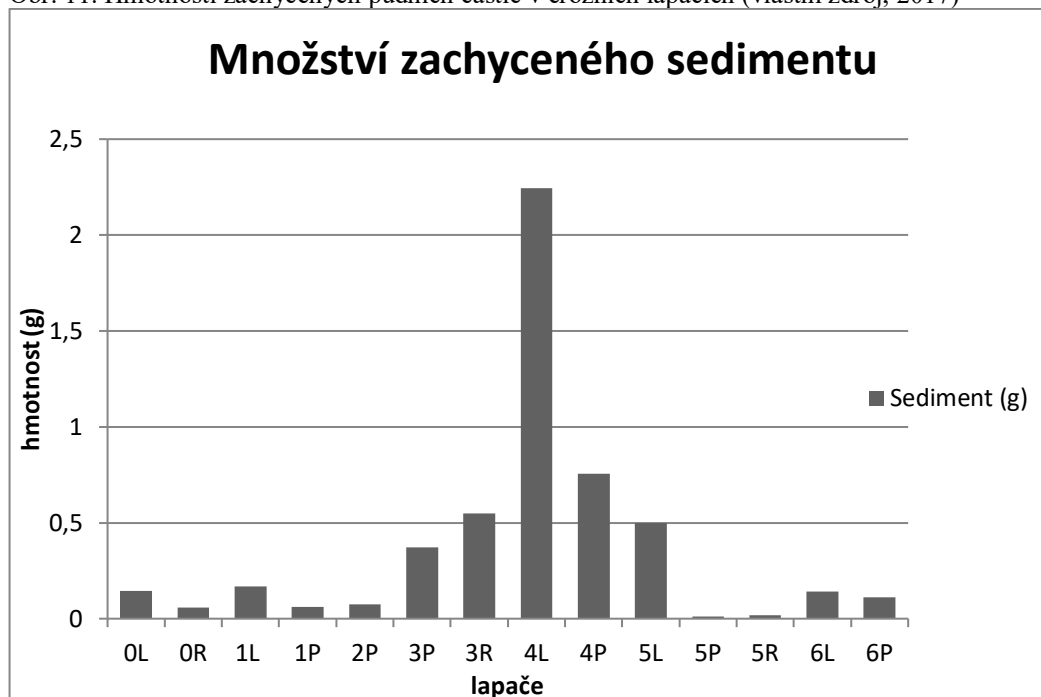
Tab. 4 Hmotnosti a stanovená erodovatelnost zachycených půdních částic v erozních lapačích (vlastní zdroj, 2017)

Lapač	Váha sedimentu (g)	Zbytky sedimentu na sítích (g)	Obsah agregátů (%)	Erodovatelnost (t/ha.rok)
1L	0,144	0,034	24	838,85
1P	0,057	0,016	28	832,10
2L	0,168	0,022	13	854,99
2P	0,061	0,015	25	837,36
3P	0,075	0,018	24	838,26
3P	0,371	0,018	5	867,86
4P	0,547	0,018	3	870,31
4L	2,245	0,018	1	874,25
5P	0,754	0,018	2	871,74
5L	0,499	0,018	4	869,82
6P	0,01	0	0	875,52
6L	0,019	0,005	26	834,75
7L	0,143	0,018	13	855,78
7P	0,11	0,018	16	849,94

L – levá strana lapače, P – pravá strana lapače

Na základě hodnot, uvedených v tabulce č. 4, byl vytvořen následující graf pro lepší grafické znázornění daných výsledků (Obr. 11).

Obr. 11. Hmotnosti zachycených půdních částic v erozních lapačích (vlastní zdroj, 2017)



### 5.7.3 Měření na erozních kolících

Měření odnesených a usazených půdních částic na erozních kolících probíhalo postupem popsáním v kapitole 5.6. Naměřené hodnoty jsou znázorněné v tabulce (Tab. 5)

Tab. 5 Naměřené hodnoty odečtené z erozních kolíků (vlastní zdroj, 2017)

kolíky	úbytek půdy (mm)			nárůst (mm)	
	hrana svahu 1	hrana svahu 2	hrana svahu 3	kolíky	náhorní planina
1	3	3	1	1	0
2	2	2	2	2	1
3	2,5	2	2	3	2
4	2,5	2	2	4	1
5	2	2	1	5	1
6	4	4	5	6	0
7	3	2	2	7	2
8	5	5	1,5	8	7
9	7	2	3	9	5
10	4	2	2	10	2

## 6 Diskuse

Zájmovým místem pro sledování možného výskytu větrné eroze byl nejvyšší vrch Radovesické výsypky a náhorní planina, které jsou zrekultivovány zatravněním.

Na větrnou erozi má především vliv výskyt a intenzita srážek, vlhkost půdy, struktura půdy, obsah humusu, a vegetační pokryv. Radovesická výsypka se vyskytuje v regionu, který leží ve srážkovém stínu Krušných hor. Jsou zde typická mírně teplá až teplá jara, dlouhá, teplá a suchá léta a podzim s mírnou až převážně mírnou zimou s minimálním sněhovým pokryvem. Tyto klimatické podmínky způsobují malou vlhkost půdy a rozpad a nesoudržnost půdních struktur. Bez dostatečné vlhkosti má půda vysoký sklon k větrné erozi, což je patrné i pouhým pohledem na obrázek v Příloze 1. Zde je možné pozorovat erozní rýhy a obnažený povrch způsobený větrnou erozí.

Z výsledků lze vyčíst nízký obsah neerodovatelných částic ve svrchním horizontu do hloubky 10 cm a vysoký obsah neerodovatelných částic v hlubších

místech. Stanovením velikosti částic byly také prokázány rozdíly ve velikosti půdních částic a výskyt neerodovatelných agregátů v hlubších půdních vrstvách. Z výpočtu erodovatelnosti půdy z různých hloubek sledované lokality tak můžeme konstatovat, že vyšší obsah agregátů a hrudek má vliv na stabilitu půdy. Vysoký obsah neerodovatelných částic v hloubkách 10 a 20 cm je pravděpodobně způsoben velkým množstvím těžce rozpojitelých druhotných agregátů – hrud, které se v půdě vytvořily díky velkému množství jílnatých částic. Na povrchu Radovesické výsypky však byly také pozorovány jílové krusty. Ze stanovení velikosti částic je však patrné, že v zimním období docházelo ve svrchním horizontu sledované zeminy k rozpadu těchto hrudek. Potvrzuje se tak teorie Dufkové (2008), že se struktura půdních hrudek po zimě, kdy dochází k mrznutí a následnému rozmrzání, mění.

Nízký obsah neerodovatelných částic, vyskytujících se v hloubce 0 – 10 cm, je také možné porovnat s výpočty erodovatelnosti zachycených sedimentů. V zachycených sedimentech je minimální výskyt hrubších složek půdy, což logicky vede k výsledkům vykazujícím vysoký sklon k erodovatelnosti půdy.

Dufková (2008) rovněž popisuje výzkum Chepila (1958), podle kterého větrné erozi nejvíce podléhají částice půdy o velikosti 0,25 – 0,40 mm. Naopak částice menší než 0,05 mm a větší než 1,00 mm jsou odnášeny větrem jen velmi málo a je možné je označit za erozně odolné. Jak vyplývá z měření velikosti půdních částic Radovesické výsypky v různých hloubkách, potvrdilo se toto Chepilovo zjištění. Naměřené velikosti půdních částic potvrzují, že částice menší než 0,8 mm podléhají větrné erozi podstatně více, než částice větší než 0,8 mm, které podle výpočtu vykazují erozní stabilitu.

Co se týče samotného zachytávání sedimentů větrné eroze, byla zvolena konstrukce lapače s nádobkami umístěnými v různých výškách nad sebou. Tento lapač byl zvolen především proto, že jsem lapače vyráběl sám. Proto byl při výběru kladen důraz na funkčnost a samozřejmě i na náročnost a složitost výroby.

Z naměřených vzorků zachycených v lapačích bylo zřejmé, že má zjednodušená konstrukce se osvědčila a že i přes poměrně krátkou dobu výzkumu (osm měsíců) bylo možno s nashromážděnými daty pracovat.

Jako konstrukční nevýhoda, která se ukázala jako první, byla konstrukce vstupů a výstupů z nádobek pro sediment. Pro tyto vstupy a výstupy jsem použil z hlediska nenáročnosti plastová brčka, která ale po čase začala vlivem povětrnostních

vlivů ztrácet svou pružnost a stávala se značně křehkými. Zejména sluneční záření a následné větry a deště tomuto mému řešení neprospívaly a u některých nádobek jsem musel provést výměnu těchto plastových brček v průběhu experimentu. Proto bych k dalšímu výzkumu doporučil využít pryžové hadičky, nebo jiný, odolnější materiál.

## 7 Závěr

Závěrem lze říci, že antropogenní činnosti v severních Čechách mají velký vliv na přírodní poměry v této krajině, které jsou již nezvratné. Těžbou hnědého uhlí v této oblasti došlo k totální přeměně této oblasti za vzniku zatím vytěžených kráterů nebo vzniku nových výsypkových těles, které však mají odlišné vlastnosti, než nížinná krajina původní. Založením výsypky Radovesice došlo k velkému zásahu do původní krajiny. Došlo zde ke značným změnám terénním, hydrogeologickým i hydrologickým za vzniku nového morfologického útvaru se zcela specifickými charakteristikami. Sledování výskytu větrné eroze bylo situováno na hranu svahu nejvyššího místa Radovesické výsypky a na náhorní planině tohoto nejvyššího místa.

Mapování větrné eroze probíhalo po dobu 6ti měsíců. Za toto období bylo potvrzeno, že na nejvyšším místě Radovesické výsypky dochází ke značné větrné erozi. Tato oblast výsypky byla zrekultivována zatravněním. Z výsledků vyplývá, že je tato rekultivace nedostačující a měla by se vypracovat nová studie na rekultivaci tohoto místa. Vhodným řešením by mohlo být zařazením větrolamů ke snížení rychlosti větru a omezení turbulence vzdušných mas v přízemních vrstvách.



## 8 Přílohy

Příloha 1: Větrná eroze na Radovesické výsypce (internetový zdroj)



Příloha 2: Výroba lapače (vlastní zdroj)



## 9 Přehled literatury a použitých zdrojů

- 1) Bejček, Vladimír. Obnova krajiny na Bílinsku a Tušimicku: rekultivace Severočeských dolů a.s. Chomutov. Chomutov: Severočeské doly, 2003. ISBN 80-213-1574-1.
- 2) Blažková, Miroslava. Antropogenní geologické procesy v krajině. Česko-slovenská bioklimatologická konference, 2002, ISBN 80-85813-99-8.
- 3) Buzek, Ladislav, Eroze půdy. 1. vyd. Ostrava: Pedagogická fakulta, 1983.
- 4) Čermák, P., Kohel J., Dederá, F.: Rekultivace území devastovaných báňskou činností v oblasti severočeského hnědouhelného revíru, Metodika, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 1998.
- 5) Čermák, Petr, Jaroslav KOHEL a František DEDERA. Rekultivace území: devastovaných báňskou činností v oblasti severočeského hnědouhelného revíru (metodika pro praxi). VÚMOP Praha. Praha, 1999.
- 6) Dufková, J., Pokladníková, H., 2004: Vliv klimatických podmínek na intenzitu a rozšíření větrné eroze (online) [cit. 2019.2.14], dostupné z <[http://www.cbks.cz/SbornikVinicky04/bpd.2004/content/07Sekcia\\_agrohydrologie\\_a\\_ochrany\\_pody/Dufkova.pdf](http://www.cbks.cz/SbornikVinicky04/bpd.2004/content/07Sekcia_agrohydrologie_a_ochrany_pody/Dufkova.pdf)>.
- 7) Dufková, J., Toman, F., 2004: Eroze půdy v podmínkách klimatické změny (online) [cit. 2019.2.14], dostupné z <<http://cbks.cz/sbornik04/prispevky/DufkovaToman.pdf>>.
- 8) Dufková, J., 2007: Vliv větrolemů na větrnou erozi (online) [cit. 2019.2.14], dostupné z <<http://cbks.cz/SbornikPolana07/pdf/Dufkova.pdf>>.
- 9) Dufková, J., 2008: Anomálie výskytu větrné eroze na těžkých půdách (online) [cit. 2019.2.14], dostupné z <<http://www.cbks.cz/sbornik08b/Dufkova.pdf>>.
- 10) Holý, Miloš. Protierozní ochrana. SNTL Praha, 1978.
- 11) Holý, Miloš. Eroze a životní prostředí. Praha: České vysoké učení technické, 1994. ISBN 80-01-01078-3.
- 12) Halíř J., Pletichová M.: Geologické a hydrogeologické poměry údolí Lukovského potoka před nasypáním Radovesické výsypky, Zpravodaj Hnědé uhlí, 2/2010, s. 28 – 31, ISSN 1213-1660
- 13) Hůla, Josef a kol., Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí, ©Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., 2010, ISBN 978-80-86884-53-0.
- 14) Janeček, Miloslav. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Vyd. 2. Praha: ISV, 2005. Přírodní vědy (ISV). ISBN 80-86642-38-0.
- 15) Janeček, Miroslav, Základy erodologie. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008, ISBN 978-80-213-1842-7.
- 16) Kubát, Jaromír, Cerhanová, D., Mikanová, O., Šimon, T.: Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty v orných půdách. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 2008, ISBN 978-80-87011-65-2.

- 17) Pasák, Vlastimil. Ochrana půdy před erozí. Praha: SZN, 1984. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).
- 18) Prach, K. a kol., 2009: Ekologie obnovy narušených míst II. Místa narušená těžbou surovin. Časopis ŽIVA 2/2009. s. 68, ISSN: 0044-4812.
- 19) Řehoř, M., Ondráček, V., 2010: Rekultivace výsypky Radovesice (online) [cit. 2019.2.19], dostupné z <http://www.zpravodajhu.cz/cz/archiv>.
- 20) ŠTÝS, Stanislav, Liběna HELEŠICOVÁ a Jan SIXTA. Proměny měsíční krajiny: Changes of moon landscape. Praha: Bílý slon, 1992. ISBN 80-901291-0-2.
- 21) Tlapák, V., Šálek, J., Legát, V., 1992. Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha.
- 22) Toman, F., 1994: Možný dopad očekávaných klimatických změn na erozní ohrožení půd. In: Litschmann, T., Rožnovský, J. (ed): Klimatická změna a zemědělství. Sborník referátů, Brno 1. 9. 1994. s. 50-52.
- 23) Tomášek, Milan. Půdy České republiky. 4. vyd. Praha: Česká geologická služba, 2007. ISBN 978-80-7075-688-1.
- 24) Vráblíková, Jaroslava, Neruda, Martin a Vráblík, Petr, 2007: Charakteristika přírodních poměrů antropogenně postižené zájmové oblasti v severních Čechách. Studia Oecologica, roč. 1, s. 5-13, ISSN: 1802-212.

### **Cizojazyčná literatura**

- 1) Brady, N.C., Weil, R.R., 2002. The nature and properties of soil. New Jersey: Upper Saddle
- 2) River. 13th edition Nicholas P. et al., Standard Methods for Wind Erosion Research and Model Development, New Mexiko: USDA-ARS Jornada Experimental Range, 2016. ISBN 978-0-9755552-4-8.
- 3) Kozlovsky Dufková, J., Lackóová L., 2014: Methods of erosion research induced by occurrence of strong wind. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., (eds): Mendel a bioklimatologie. Brno, 3. – 5. 9. 2014, ISBN 978-80-210-6983-1.

### **Internetový zdroj**

- 1) VÚMOP, ©2019: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. (online) [cit.2019.01.11], dostupné z <<https://www.vumop.cz/monitoring-eroze>>.

### **Obrázky**

- 1) Obr.1. Vodní eroze půdy způsobená silnými přívalovými srážkami, Prof. Ing. Josef Hůla, CSc. a kol., 2016: Agromanua.cz, Zpracování půdy přispívající k omezení odtoku vody a smyvu zeminy online [cit. 2019.02.10], dostupné z <<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zpracovani-pudy-prispivajici-k-omezeni-odtoku-vody-a-smyvu-zeminy>>

- 2) Obr.2. Sněhová eroze půdy způsobená uvolněním sněhových vrstev, Ing. Svatava Maradová, 2013: Protierozní ochranná opatření v zemědělské krajině online [cit. 2019.02.10], dostupné z [http://www.spolekmoravskykras.cz/create\\_file.php?id=356](http://www.spolekmoravskykras.cz/create_file.php?id=356)
- 3) Obr.3. Větrná eroze půdy způsobená silnými větrnými poryvy, AVCR - Akademie věd České republiky, ©2016: Krajina – věc veřejná: naše zodpovědnost, online [cit. 2019.02.10], dostupné z <http://www.avcr.cz/cs/pro-media/aktuality/Krajina-vec-verejna-nase-zodpovednost>
- 4) Obr. 4. Antropogenní eroze půdy způsobená těžbou hnědého uhlí, Jaroslav Průcha, 2015: Těžba hnědého uhlí loni klesla o 5,5 procenta (online) [cit. 2019.02.11], dostupné z <http://iuhli.cz/tezba-hnedeho-uhli-loni-klesla-o-55-procenta>
- 5) Obr. 5. Potenciální větrná eroze na bloky orné půdy v Ústeckém kraji Půdní služba – VÚMOP, v.v.i., 2008: Potenciální větrná eroze na bloky orné půdy v Ústeckém kraji (online) [cit. 2019.02.21], dostupné z [http://fzp.ujep.cz/projekty/wd-44-07/1/dokumenty/Data\\_VUMOP/PotencVetrnaErozeNaPudniBloky.pdf](http://fzp.ujep.cz/projekty/wd-44-07/1/dokumenty/Data_VUMOP/PotencVetrnaErozeNaPudniBloky.pdf)
- 6) Obr. 6. Radovesická výsypka v roce 2005 a v roce 2015, Zažij změnu, Ústecký kraj jinak, ©2005: Radovesická výsypka (online) [cit. 2019.02.20], dostupné z <http://zazijzmenu.cz/radovesicka-vysypka/> a Zažij změnu, Ústecký kraj jinak, ©2015: Radovesická výsypka (online) [cit. 2019.02.20], dostupné z <http://zazijzmenu.cz/radovesicka-vysypka/>.
- 7) Obr.7. Umístění erozních kolíků a erozních lapačů na Rodovesické výsypce, Mapy.cz, Radovesická výsypka (online) [cit. 2018.02.20], dostupné z <https://mapy.cz/zakladni?x=13.8312969&y=50.5461454&z=14&source=base&id=2181784>
- 8) Obr. 8. Erozní kolík na Rodovesické výsypce, Vlastní zdroj, 2017
- 9) Obr. 9. Výchozí konstrukční řešení lapače větrné eroze, Zdroj neznámý
- 10) Obr. 10. Erozní lapače a detail erozního lapače na Radovesické výsypce, Vlastní zdroj, 2017
- 11) Obr. 11. Hmotnosti zachycených půdních částic v erozních lapačích, Vlastní zdroj, 2017

### **Nepublikováno**

- 1) Sklenářová, Martina, 2008: Eroze půdy v ČR, Diplomová práce, Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta.