

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Studium faktorů ovlivňující větrnou erozi na příkladu neproudového větrolamu v lokalitě Tasovice

Bc. Marcela Diblíková

Diplomová práce
předložená
na Katedře ekologie a životního prostředí
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavku
na získání titulu Mgr. v oboru
Ochrana a tvorba krajiny

Vedoucí práce: RNDr. Petr Hekera, PhD.

Olomouc 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením pana RNDr. Petra Hekery, Ph.D. a že jsem použila jen citované literární prameny.

V Olomouci dne 27. 7. 2020

.....

Podpis

Díblíková M. 2020. Studium faktorů ovlivňující větrnou erozi na příkladu neproudového větrolamu v lokalitě Tasovice [diplomová práce]. Olomouc: Katedra ekologie a ŽP PřF UP v Olomouci. 61 s. Česky

Abstrakt

V první polovině dvacátého století v rámci kolektivizace docházelo ke scelování pozemků kvůli ekonomicky výhodnějšímu hospodaření. Z těchto důvodů vznikly až několika set hektarové rozlehlé lány zemědělských ploch, na kterých probíhalo intenzivní hospodaření. Během druhé poloviny dvacátého století se začala řešit problematika degradace půd, tudíž i větrná eroze a opatření proti ní. První část této diplomové práce se zabývá teoretickými východisky a obecnou problematikou větrné eroze. V druhé části se sledovaly faktory, které mohou ovlivňovat větrnou erozi v okolí neproudového větrolamu, který je tvořen více řadami vzájemně zapojených stromů a keřovým patrem z obou stran. Do těchto faktorů patří převládající směry větrů, rychlosti větrů, úhrny srážek, teplota, výška porostu či agrotechnická činnost. V rámci praktické části proběhla instalace systému pěti pasivních deflametrů se zachycovacími nádobami ve čtyřech výškových úrovních nad zemí. Deflametry byly umístěny v pěti různých vzdálenostech od větrolamu. Dvě záchytná zařízení byla instalována na západní straně, která byla devět měsíců sledované sezóny návětrnou stranou větrolamu a tři na východní straně, která byla návětrnou pouze tři měsíce daného období. V měsíčních intervalech byly nádoby vyměňovány a zachycené částice gravimetricky vyhodnocovány v laboratoři. Zájmová zemědělská lokalita leží na jižní Moravě, která je větrnou erozí silně postihována, v katastru obce Tasovice na Znojemsku. Z celoročních hodnot je patrné, že nejvyšší množství materiálu bylo zachyceno na deflametru D vzdáleném 130 m, který se po většinu sledované sezóny nacházel na západní - návětrné straně větrolamu. Celkový součet průměrných měsíčních hodnot za celou sledovanou sezónu, tedy dvanáct měsíců, bylo v nejnižší výškové úrovni nad povrchem, tedy 15 cm nad zemí. V rámci explorační analýzy a následného testování analýzou variance se ovšem neukázaly žádné statisticky významné rozdíly mezi průměrným zachyceným množstvím částic a výškovými úrovněmi nad zemí a mezi průměrným zachyceným množstvím částic a vzdálenostmi deflametrů od větrolamu z důvodů nízkého počtu dat.

Klíčová slova: větrná eroze, větrolamy, degradace půdy, deflametr

Diblíková M. 2020. Study of factors affecting wind erosion on example of impermeable windbreak in Tasovice locality [master's thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University of Olomouc. 61 pp. in Czech.

Abstract

During the first half of the twentieth century occurred consolidation of lands under collectivization because of economically more beneficial farming. It caused establishment of several hundreds of acres of vast fields on which intensive farming took place. In the second half of the twentieth century an issue of soil degradation started to be solved therefore wind erosion and measures against it also. First part of this thesis is concerned with theoretical solutions and general issue of wind erosion. In the second part was conducted observation of factors which may affect wind erosion in the surroundings of impermeable windbreak formed of multiple interconnected rows of trees and shrub floor from either side. These factors include prevailing directions of winds, velocity of winds, total precipitation, temperature, the height of growth and agrotechnical activity. In the practical part a system of five passive deflometers with passive traps in four altitudinal levels above the ground was installed. The deflometers were spaced in five different lengths from the windbreak. On the west side were installed the two passive traps which were for nine months of monitored season windward side of the windbreak. Another three were installed on the east side which was windward for only three months of the given period. The traps were being switched in monthly intervals and captured particles gravimetrically assessed in a laboratory. Agricultural locality of interest lays in the southern Moravia—being strongly scourged by the wind erosion—in the land registry of a village Tasovice in Znojmo district. Yearlong values clearly show that the largest quantity of material was captured in deflometer D 426.5 feet away, being placed for most of the monitored season on the west – windward side of the windbreak. Total sum of average monthly values for the whole twelve-monthsmonitored season was at the lowest altitudinal level above surface – 5.9 inches above ground. However, exploratory analysis and consequent analysis of variancy test showed that none statistically significant differences were found between average captured quantity of particles and altitudinal levels above ground. Similarly, between average captured quantity of particles and distances of deflometers from the windbreaks. Both are consequence of low number of data.

Keywords: winderosion, windbreaks, deflametr, soil degradation

Obsah

Seznam tabulek.....	vii
Seznam obrázků.....	viii
Poděkování.....	ix
1. Úvod.....	1
1.1. Ohrožení půd.....	2
1.2. Větrná eroze.....	5
1.3. Výpočet intenzity větrné eroze.....	10
1.4. Ochrana půdy před větrnou erozí.....	13
1.5. Větrolamy.....	18
1.6. Legislativní ochrana v ČR.....	21
1.7. Mezinárodní ochrana půdy.....	23
2. Cíle práce.....	25
3. Materiály a metody.....	26
3.1. Tasovice.....	26
3.2. Přírodní poměry.....	27
3.3. Popis lokality.....	28
3.4. Gravimetrická metoda.....	30
3.5. Meteorologické prvky.....	33
4. Výsledky.....	35
5. Diskuse.....	44
5.1. Průměrné množství zachyceného materiálu ve výškových úrovních.....	44
5.2. Průměrné množství zachyceného materiálu v závislosti na vzdálenosti od větrolamu.....	47
5.3. Statistické vyhodnocení.....	49
5.4. Opatření proti větrné erozi.....	51
6. Závěr.....	52
7. Literatura.....	54

Seznam tabulek

Tabulka 1 Hlavní důsledky negativního vlivu větrné eroze.....	7
Tabulka 2 Rozsah a výskyt půd ohrožených větrnou erozí.....	8
Tabulka 3 Meteorologické údaje - průměrné měsíční rychlosti větru.....	33
Tabulka 4 Meteorologické údaje - převládající směry větrů.....	33
Tabulka 5 Meteorologické údaje - územní strážky	34
Tabulka 6 Meteorologické údaje – územní teploty.....	34

Seznam obrázků

Obrázek 1 Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí	9
Obrázek 2 Podíl kategorií potenciálního ohrožení zemědělské půdy ČR větrnou erozí.....	9
Obrázek 3 Proudový větrolam	16
Obrázek 4 Poloproudový větrolam	16
Obrázek 5 Neproudový větrolam.....	17
Obrázek 6 Poloha obce Tasovice v ČR.....	26
Obrázek 7 Katastrální mapa obce Tasovice.....	26
Obrázek 8 Umístění deflametrů	28
Obrázek 9 Deflametr.....	29
Obrázek 10 Zemědělská plochy s deflametry A, B, C.....	29
Obrázek 11 Zachycovací nádoba a její upevnění na deflametru.....	30
Obrázek 12 Upevnění nádoby ke sloupku	31
Obrázek 13 Deflametr	31
Obrázek 14 Hmotnost průměrného množství zachyceného materiálu 15 cm nad povrchem	35
Obrázek 15 Hmotnost průměrného množství zachyceného materiálu 50 cm nad povrchem	36
Obrázek 16 Hmotnost průměrného množství zachyceného materiálu 100 cm nad povrchem ...	37
Obrázek 17 Hmotnost průměrného množství zachyceného materiálu 150 cm nad povrchem ...	38
Obrázek 18 Celkové průměrné množství zachyceného materiálu na výškových úrovních.....	39
Obrázek 19 Boxploty znázorňující výškové úrovně a průměrné množství zachycených částic na deflametrech.....	40
Obrázek 20 Množství zachyceného materiálu ve vzdálenostech od větrolamu za měsíc	41
Obrázek 21 Celkové průměrné množství zachyceného materiálu na deflametrech.....	42
Obrázek 22 Boxploty znázorňující deflametry a průměrné množství zachycených částic v různých vzdálenostech od větrolamu	43

Poděkování

Mé poděkování za pomoc při zpracování této práce, za množství času věnovanému konzultacím, poskytnutí literatury a za cenné připomínky a rady patří především vedoucímu mé diplomové práce panu RNDr. Petru Hekerovi, Ph. D. Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Josefu Kučerovi z Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd v Brně za poskytnutí meteorologických dat. Rovněž bych ráda poděkovala Mgr. Martině Diblíkové za jazykovou korekturu a Mgr. Radovanu Coufalovi za poskytnuté konzultace.

V Olomouci dne 27. 7. 2020

1. Úvod

Životní prostředí se skládá z několika složek. Jednou z nich je půda, která tvoří svrchní část zemské kůry a obsahuje nejen pevné částice, ale i kapalnou a plynnou složku a organismy.

Půda je samostatný přírodní útvar, který je výsledkem působení půdotvorných procesů. Vzniká z povrchových zvětralin zemské kůry a ze zbytků těl organismů. Mezi půdotvorné procesy patří zvětrávání př. mechanické, chemické a biologické. Při zvětrávání dochází ke změnám a přeměnám primárních minerálů a hornin, a tím vzniká půda.

Půda je velice významná z hlediska života na zemi a má hned několik funkcí. Primárně slouží jako životní prostředí pro mnoho organismů. Rostlinám slouží jako substrát, což můžeme nazvat ekologickou funkcí půdy. Díky ní jsme schopni pěstovat rostliny. Má tedy funkci produkční (Vumop 2020a). Dále reguluje koloběh látek a může sloužit jako uložisko a zdroj rizikových i potřebných látek. Tuto funkci lze nazvat jako sanitární a hygienická. Další nezbytná funkce půdy je hydrologická a vodohospodářská. Má schopnost infiltrace a filtrace. Zachycuje znečišťující látky. Je základním článkem potravního řetězce a umožňuje udržovat procesy v ekosystémech. Dále sem lze zařadit i funkci transformační, kdy dochází pomocí mineralizace nebo činností mikroorganismů k přeměně nebezpečných a toxických látek (Bičík et al. 2009).

Měli bychom si uvědomit, že půda a především úrodná půda není samozřejmostí. Nejen, že patří k neobnovitelným přírodním zdrojům, ale 71 % povrchu země je pokryto vodou, takže pevný povrch zabírá pouze 29 %. Určitou část pevniny pokrývají neúrodné pouště, led a sníh, lesy různých typů nebo jiné zemědělsky nevyužitelné plochy. K zemědělství se využívá pouze 25 % pevného povrchu země (Nováček 2010).

V České republice tvoří výměra zemědělského půdního fondu (ZPF) k roku 2017 cca 4 205 tisíc ha, což je 53,3 % našeho území a pouze 37,5 % ZPF je orná půda. Denně přicházíme průměrně o 11 ha orné půdy díky zástavbě, zemědělské činnosti aj. To činí za rok až 4 000 ha (Cmszp 2020).

1.1. Ohrožení půd

Na produkční i mimoprodukční funkce půdy vyvíjí negativní tlak narůstající lidská populace. Během tisíciletí se postupně zvyšovala intenzita pěstování plodin. Především v 18. století docházelo ke kultivaci nových půd ve zranitelnějších oblastech, což mělo za následek zvýšenou degradaci půdy. Následně ve 20. století degradaci půd podpořilo scelování polí a intenzifikace zemědělství (Barring et al. 2003). Bohužel dodnes se setkáváme s nevhodným obděláváním půdy, s pěstováním monokultur, s velkoplošným odlesňováním, špatně provedenými melioračními opatřeními aj. Antropogenní činnost velmi silně ohrožuje půdy po celém světě. Zvyšující se oteplování a aridita s rychle rostoucí lidskou populací mají za následek zvyšující se degradaci půd, a to zejména v rozvojových zemích (Huang et al. 2016).

Půdy jsou ohrožovány a degradovány především vodní a větrnou erozí, pedokompakcí, acidifikací, zasolováním, ztrátou organické hmoty, kontaminací (znečištění anorganickými či organickými látkami) aj.

V České republice patří k nejnebezpečnějším činitelům vodní eroze - degraduje až 54 % půd (Cmszp 2020). Při vodní erozi dochází k odnosu povrchové vrstvy vodou. Nejen že snižuje výnosy, ale také negativně ovlivňuje fyzikální vlastnosti (strukturu, texturu, pórovitost a jiné). Velmi nežádoucí je zvyšování množství splavenin a zanášení koryt vodních toků, příkopů a nádrží. Vodní ekosystémy jsou obohaceny půdním materiálem o živiny ze zemědělských hnojiv a způsobují eutrofizaci. Také dochází k průniku některých nebezpečných látek do povrchových i spodních vod. Mezi protierozní opatření lze zařadit např. správné osevní postupy, pásové střídání plodin, zatravnění či zalesnění (Šarapatka 2014).

Dalším typem degradace půd je větrná eroze. Ta ohrožuje menší procento našeho území cca 18 % a téměř 30 % výměry orné půdy (Cmszp 2020). Negativně ovlivňuje půdní vlastnosti, výnosy pěstovaných plodin a ovzduší. Nejlepší ochranou je omezování rychlosti větru na povrchu ploch pomocí př. větrolamů, mulčováním nebo zanecháním rostlinného pokryvu během celého roku (Šarapatka 2014). Odhaduje se, že oba typy eroze přemístí ročně až 75 mld tun půdy (Agereh et al. 2019).

Veškerá půda, která je negativně ovlivňována jakýmkoli typem eroze způsobuje další škody např. na soukromém a obecním majetku, nebo na infrastruktuře (Encyklopedie.vumop 2019). Často je vrchní vrstva půdy ošetřena chemikáliemi,

pesticidy či nadměrně hnojena. Toto vše pomocí eroze přenášíme napříč složkami životního prostředí. Obecně tedy platí, že má negativní vliv na celé životní prostředí.

Jiným typem degradace půd je utužování. Utužování půd nebo také pedokompakce negativně ovlivňuje fyzikální vlastnosti půd. Způsobuje např. snížení pórovitosti nebo schopnost infiltrace. Má nepříznivý vliv na vodní poměry, produkci či na život v půdě. Vzniká vlivem špatného používání mechanizačních prostředků. Pedokompakci lze předejít tím, že se omezí používání těžké mechaniky na pozemcích, aplikují se správné osevní postupy nebo se použije organické hnojení a vápnění (Šarapatka 2014). Utužováním je ohroženo cca 49 % půd v České republice (Cmszp 2020).

Půdu také ohrožuje snižování obsahu organické hmoty. Ta je pro kvalitní půdy nezbytná. Pozitivně působí na retenci vody, stabilizuje strukturu, zásobuje půdu energií a živinami nebo podporuje pufrční schopnost. Mezi příčiny ztráty organické hmoty lze uvést nevhodnou kultivaci, chemizaci, erozi či nevhodné využívání půdy po rozorání louky popř. pastviny a po odlesnění. Zajistit ideální množství organické hmoty můžeme pomocí zajištěním přírodě blízkých ekosystémů, organickými hnojivy, komposty či ponecháním posklizňových zbytků (Bičík et al. 2009).

Dalším typem degradace půd je acidifikace. Ke snižování pH půd dochází vlivem kyselých dešťů či kyselých hnojiv. Klesá obsah uhličitánů, bazických iontů a křemičitanů. Často je to spojené s vyplavováním a akumulací toxických iontů Al^{3+} . Proto dochází k poklesu pufrční schopnosti, snižuje kvalitu humusu či dostupnost fosforu pro rostliny. Omezit okyselování lze několika způsoby, a to především snižováním kyselých vstupů, vhodným střídáním plodin či vápněním (Bičík et al. 2009). V dnešní době je ohroženo až 62 % půd acidifikací (Cmszp 2020).

Půdy jsou také negativně ovlivňovány zasolováním. Zasolení půd není v České republice významným problémem, ovšem z celosvětového měřítka ano. Salinitu zvyšujeme nevhodnou zavlažovací vodou nebo také solením komunikací. Odsolování je velmi problematické. Lze ho zmírnit např. organickými hnojivy či zaoráváním vojtěšky (Šarapatka 2014).

Mezi velké zátěže patří také kontaminace půd. I přestože máme v dnešní době limity přípustného znečištění půd, dochází k nadměrnému znečištění organickými i anorganickými látkami. Mezi takové látky řadíme např. perzistentní organické polutanty, polychlorované bifenylly, polycyklické aromatické uhlovodíky či těžké kovy. Tyto látky mají velmi často karcinogenní, toxické a mutagenní účinky. Do půd vstupují

prašným spadem z atmosféry, vodou a jinou antropogenní činností. Přes potravní řetězec se dostávají až do lidského těla. Odstranění bývá velmi problematické. Některé z těchto látek pomáhají odbourávat kombinace různých mikroorganismů. Mezi další řešení patří aplikace asanační hmoty, zředění půdního materiálu, promývání půd nebo odvoz zeminy aj. (Šarapatka 2014).

1.2. Větrná eroze

Eroze se dá obecně definovat jako proces, při kterém je rozrušován zemský povrch a následně je rozrušená půda transportována, postupně ukládána a akumulována na jiných místech. Primární faktory ovlivňující náchylnost půdy k větrné erozi jsou velikost a stabilita půdních agregátů (Buschiazzo, Colazo 2010). Podle činitele, který erozi způsobuje, ji můžeme rozdělit na vodní, větrnou a sněhovou (Šarapatka et al. 2010).

Větrná eroze je přírodní proces, při kterém vítr působí svojí mechanickou silou na zemský povrch. Dochází tak k rozrušování půdy (abrazi), k unášení (deflaci) a přemísťování půdní hmoty. Vlivem postupného snižování energie větru se jednotlivé částice ukládají (akumulují) v různých vzdálenostech (Graaff, Riksen 2001). Eroze je přirozená, ovšem v dnešní době je mnohem intenzivnější a rychlejší vlivem antropogenní činnosti. Není tedy rovnováha mezi ztrátou půdy a její přirozenou tvorbou (Sklenička 2003). Mezi nejvýznamnější příčiny větrné eroze patří velkoplošné odlesňování, nadměrné spásání a intenzivní hospodaření. Toto způsobilo velké problémy např. ve Švédsku, Německu či Nizozemsku (Graaff, Riksen 2001).

Na půdách, kde je intenzivní vliv eroze, dochází ke snížení výnosů o cca 15-20 %. U středně erodovatelných půd to je mezi 40-50 % a v oblastech s velmi silnou erozí mluvíme až o 70 % (Antal 2005). Mezi důsledky eroze patří nejen odnos částic, ale i humusu, agrochemikálií, snižování úrodnosti a kvality pěstovaných rostlin, zanášení toků a nádrží aj. (Gábriš et al. 1998). Větrná eroze obecně způsobuje ztenčování úrodné vrstvy půdy. Má negativní vliv nejen na snížení úrodnosti půd a výnosu plodin, ale také znečišťuje ovzduší. Nejjemnější částice se dostávají do vzduchu, a tak ohrožují lidské zdraví. Emise prachu jsou dalším efektem větrné eroze, kterou lze pokládat za významný zdroj aerosolů. Ty ovlivňují rovnováhu v atmosféře, a to má vliv i na globální klimatické změny (Shao 2008).

Existují tři typy pohybu půdních zrn. Nejjemnější částice jsou unášeny na největší vzdálenost a do velké výšky ve formě suspenze (velikost do 0,1 mm). Tato zrna zůstávají velice dlouho ve vzduchu a jsou odnášeny až na tisíce km. Tento typ půdní hmoty znečišťuje ovzduší a tvoří tzv. prašné bouře. Při nich materiál vytváří i několik metrů vysoké duny, zanáší příkopy nebo koryta řek. Prašné bouře se vyskytují v oblastech silných turbulentních větrů a otevřených suchých nekrytých ploch. Existují

metody, jak lze snižovat intenzitu prашných bouří a tím i větrnou erozi. Jednou z možností je mikrobiální indukované srážení CaCO_3 tzv. MICP, při které dochází ke zvyšování tvorby vazeb mezi půdními zrny a tím se půda stabilizuje (Agereh et al. 2019).

Další variantou přenosu částic je saltací/skokem (velikost 0,1 - 0,5 mm), čímž dochází k dalšímu rozbíjení povrchu. Tímto způsobem se přenáší největší množství půdních zrn. U těchto dvou typů přenosu je energie přízemního větru silnější než gravitační síla půdního materiálu.

Nejtěžší a největší částice jsou přesouvány sunutím (velikost 0,5 - 2 mm), obvykle na nejkratší vzdálenost cca několik metrů. Turbulentní proudění vzduchu již nemá takovou energii (Doležal et al. 2017).

Velmi negativní vliv má větrná eroze v aridních (suchých teplých) oblastech. Jako příklad lze uvést Indii, která se potýká s intenzivní větrnou erozí a v problematických oblastech přichází až o 83,3 t/ha (Santra et al. 2017). Jedny z nejsilnějších erozních účinků větru totiž nastávají na holých plochách a dlouhotrvajících silných výsušných větrech (Janeček et al. 2012). Nejvíce nebezpečná je obecně na jaře, kdy půdu nekryje rostlinný pokryv. Pokud je povrch suchý bez ochrany plodin, tak se snižuje prahová hodnota rychlosti větru, při které dochází k unášení materiálu (Graaff, Riksen 2001). V případě suché zimy bez sněhové pokrývky je eroze ještě problematičtější.

Větrná eroze je také ovlivněna samotným typem půdy a jejím stavem. Mezi klimatické faktory ovlivňující odnos materiálu patří rychlost větru a srážky, vlhkost, výpar. Tyto činitele určují potenciál uvolnění částic (Barring et al. 2003). K nejnáchylnějším půdám patří lehké typy (písčité a hlinitopísčité) opakem jsou půdy jílovité (Buschiazzo, Colazo 2010). Dále je podstatný odpor částic vůči větru. Ten je dán nejen tvarem a velikostí materiálu, ale též půdním pokryvem či drsností povrchu. Velice významnou se jeví i rozloha pozemku. Čím delší pozemek ve směru převládajících větrů, tím více zrn a na větší vzdálenost bude odnášeno (Janeček et al. 2012).

Unášená zrnka naráží do mladých rostlin pěstovaných plodin, a tím jsou ničeny (Pasák et al. 1984). Mechanické působení unášených agregátů může sazenice poškodit. Nedostatečně zakrytá semena mohou být odnesena. Nejcitlivější plodiny na větrnou erozi, jsou cukrová řepa a brambory, protože potřebují dlouhou dobu k dosažení 30 % vegetačního pokryvu. K méně citlivým rostlinám patří kukuřice, hrách, jarní obiloviny

a jiné rychle rostoucí plodiny, které dosáhnou 30 % pokrytí velmi brzy (Graaff, Riksen 2001).

V České republice se nejvíce ohrožené a zároveň nejúrodnější půdy nachází na Jižní Moravě a v Polabí (Eagri 2009-2020) (Obr. 1). Zde se vyskytují lehké písčité půdy, které jsou větrnou erozí nejvíce postihovány. Na druhou stranu jsou ohrožené i těžké půdy nacházející se př. v Bílých Karpatech. Tyto půdy jsou v zimních měsících narušeny mrazem a v jarním období zase suchem (Janeček et al. 2012).

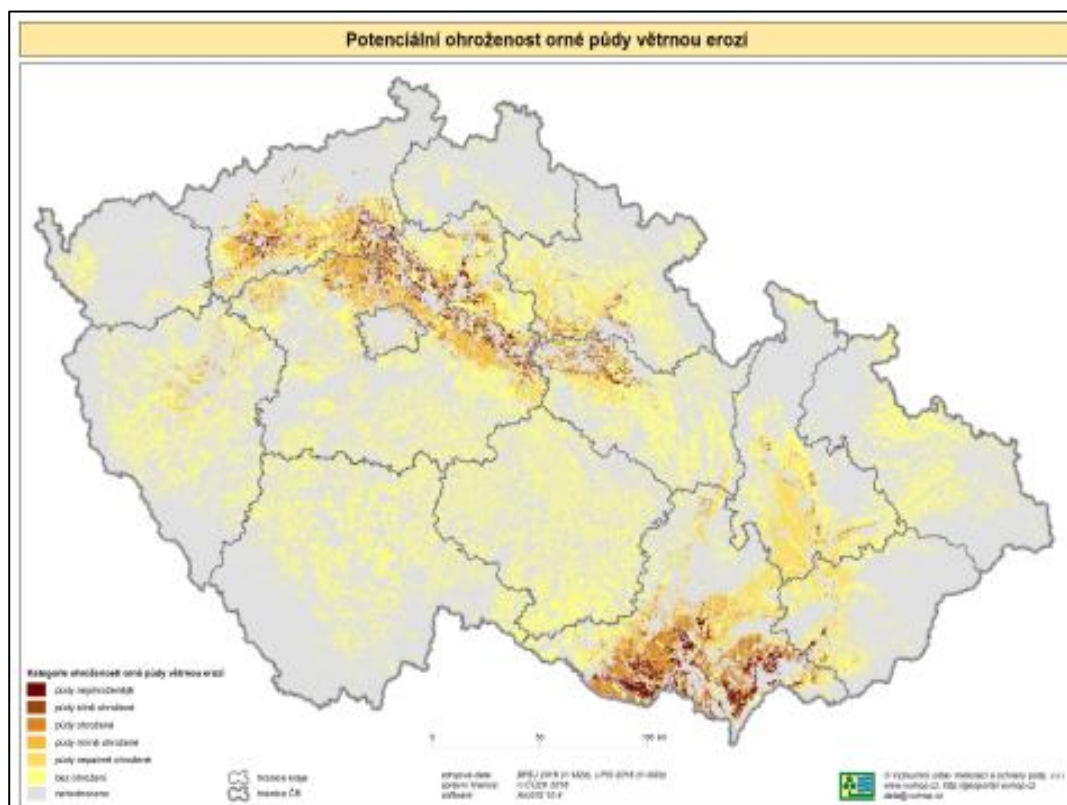
Tabulka 1 Hlavní důsledky negativního vlivu větrné eroze (Doležal et al. 2017)

On-site efekt	Off-site efekt
ztráta půdy odvádím, zeslabení ornice, snížení výnosů, degradace půdy	depozice částic na silnice, do příkopů, podél vegetačních liniových bariér a jiné
akumulace částic, zavátí kultur a jiné	navátí škodlivin do přírodě blízkých ekosystémů
kvalitativní změny-rozpad půdních částic, ztráta humusu, živin, změna chemických a fyzikálních vlastností	navátí jemných částice do budov, technických zařízení
Přímé škody On-site	Dlouhodobé efekty Off-site
škody na plodinách vlivem brusného efektu	vstřebávání částic lidmi i zvířaty
ztráty zemědělské produkce (hektarových výnosů), ztráta osiva a mladých rostlin, zavátí a vyvátí kultur	obohacení nežádoucími či špatně odbouratelnými látkami
uvolnění prachových částic do ovzduší	eutrofizace spodních i povrchových vod

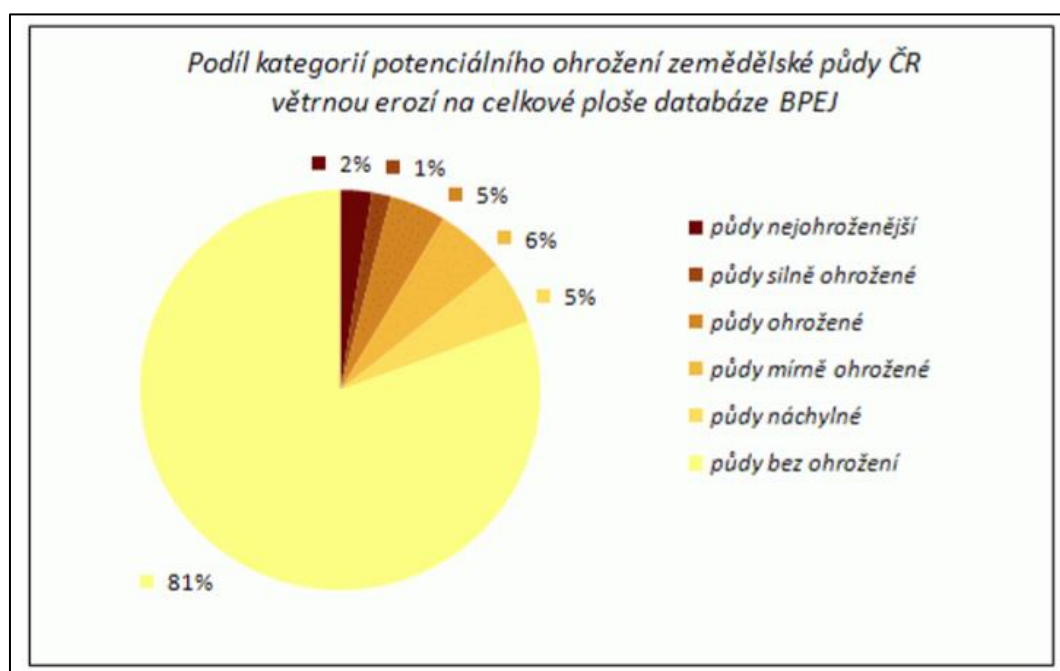
V dnešní době je potřebné se zabývat potenciální ohrožeností zemědělské půdy větrnou erozí. Trend hospodaření totiž míří spíš k tomu, že nebezpečí větrné eroze bude narůstat. V roce 2019 došlo k novému vypracování potenciálního ohrožení půd větrnou erozí (Vumop2020a). Celkem máme šest kategorií erozní ohroženosti (Tab. 2, Obr. 2).

Tabulka 2 Rozsah a výskyt půd ohrožených v ČR větrnou erozí (Eagri 2009-2020)

Potenciální ohroženost větrnou erozí	Stupeň ohroženosti	Zastoupení (%)	Výměra [ha]
více než 23,1	půdy nejohroženější	3,23	78 900
17,1 – 23,0	půdy silně ohrožené	1,81	44 192
11,1 – 17,0	půdy ohrožené	5,82	142 022
7,1 – 11,0	půdy mírně ohrožené	7,52	183 438
4,1 – 7,0	půdy náchylné	7,12	173 877
méně než 4	bez ohrožení	74,49	1 818 167
–	Nehodnoceno	0,01	182
Celkem	–	100	2 440 777



Obrázek 1 Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí (Vumop 2020a)



Obrázek 2 Podíl kategorií potenciálního ohrožení zemědělské půdy ČR větrnou erozí (Vumop 2020b)

1.3. Výpočet intenzity větrné eroze

Pojem erodovatelnost znamená náchylnost půdy k větrné erozi a je ovlivňována přírodními faktory prostředí. Zahrnuje částice půdy o průměru $<0,84$ mm (Rakkar, Blanco-Canqui, Tatarko 2019). Podíl těchto částic v horní vrstvě půdy (25,4 mm) lze definovat jako frakci erodovatelnou větrem. Mnoho činností a procesů může neerodovatelnou frakci přeměnit na erodovatelné agregáty např. zpracování půdy, déšť (Buschiazzo, Colazo 2010).

Lze stanovit dva typy erodovatelnosti. Prvním druhem je aktuální. Tu můžeme měřit a pozorovat v krajině. Ke stanovení potřebujeme znát vlhkost půdy a okamžité hodnoty rychlosti větru. Dalším typem je potenciální. Tento typ je daný pro lokalitu, na které jsou typické přírodní podmínky (Janečka et al. 2012).

Ke stanovení potenciální náchylnosti půdy k větrné erozi lze použít rovnici, ve které je erodovatelnost druhů půd závislá na obsahu jílových částic. Tato rovnice se používá pouze u lehkých půd. Ty obsahují nízký obsah jílnatých částic. Po výpočtu se určí přípustný odnos půdy větrem (Janečka et al. 2012).

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

E = erodovatelnost půdy větrem ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)

M = obsah jílnatých částic (%)

Další výzkumy a analýzy umožnily sestavit druhou rovnici výpočtu intenzity větrné eroze. Tento výpočet lze aplikovat i na těžké půdy. Rovnice sice nevypočítá přesné množství odneseného materiálu, ovšem dle předpokladu 40 % hranice erodovatelnosti a obsahu neerodovatelné frakce půdy lze přibližně vypočítat, jestli bude těžká půda v jarních měsících náchylná k větrné erozi (ib).

$$NEF_k = -14,09 + 0,49NEF_p - 0,43V - 1,02FT - 1,34FD + 0,62M$$

NEF_k = výsledný obsah neerodovatelné frakce > 2 mm po několika cyklech procesu FT/FD (%)

NEF_p = počáteční obsah neerodovatelné frakce > 2 mm před působením procesu FT/FD (%)

FT_v = počet cyklů procesu zmrznutí – rozmraznutí půdy

FD = počet cyklů procesu vysušení půdy mrazem

V = vlhkost půdy v době zmrznutí (% obj.)

M = obsah jílnatých částic (%)

Vyjde-li $NEF_k < 40\%$ neerodovatelné frakce, tak je půda podle Chepila (1951) velmi náchylná k větrné erozi (Janečka et al. 2012)

Další možnost výpočtu ztráty půdy větrnou erozí vytvořili Woodruffa a Siddowaye v roce 1965. Pro Českou republiku ji upravil Vrána v roce 1978. Tato rovnice umožňuje stanovení velikosti potenciální ztráty půdy a posoudit vliv navržených protierozních opatření. Pokud je výsledná hodnota vyšší než přípustná ztráta půdy, musí se navrhnout protierozní opatření.

$$E' = I' \cdot K' \cdot C' \cdot L' \cdot V' (t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1})$$

E' – potenciální ztráta půdy větrnou erozí ($t/ha \cdot rok$)

I' – faktor erodibility půdy, vyjadřující potenciální ztrátu půdy z rovného, hladkého, vegetací nechráněného povrchu, dle obsahu neerodovatelných půdních částic (větších než 0,8 mm)

K' – faktor drsnosti půdního povrchu – vyjádřený podle výšky nerovnosti terénu (cm)

C' – klimatický faktor – podle rychlosti větru a vlhkosti

L' – faktor délky plochy, vyjádřen délkou nechráněného pozemku v m ve směru převládajícího větru

V' – faktor vegetačního krytu, nechráněný pozemek je $V = 1$

V dnešní době probíhá mnoho výzkumů na problematiku větrné eroze. Zabývají se vývojem modelů a rovnic, na co nejpřesnější výpočet intenzity větrné eroze. Patří k důležitým nástrojům pro získávání údajů a k předpovědi větrné eroze při různých typech hospodaření. Výzkumy probíhají v různých částech světa. Obecně platí, že žádný model ani rovnice nemůže platit všude. Vždy je to závislé na přírodních podmínkách dané oblasti (klíma, typ půd, povětrnostní podmínky) a agronomické činnosti.

Na začátku 21. století začalo probíhat mapování větrné eroze po celé Evropě. Kvůli nedostatku výzkumů a málo datům bylo velmi problematické hledat řešení zvýšené intenzity větrné eroze. Z hlediska větrných podmínek nebyla Česká republika zařazena mezi nejrizikovější regiony. Nejproblematictější oblasti se podle celoevropského hodnocení nacházejí v oblasti Severního a Baltského moře (Borrelli et al. 2014a). V roce 2009 byl poprvé vytvořen celoevropský soubor údajů o půdě, který zahrnuje 25 členských států EU (Panagos et al. 2014).

V devadesátých letech byla odvozena a publikována v USA další rovnici, která ovšem byla schopna předpovědět jenom 67 % erodovaného materiálu a nelze ji použít pro evropské země (Fryrear et al. 1994). Jejich rovnice se vždy musí upřesnit pro daný region. K odhadu ztráty půd při krátkodobé meteorologické události či určení prahové rychlosti větru potřebné k zahájení větrné eroze může docela přesně sloužit např. procesní model SWEEP (Blanco-Canqui, Rakka, Tatarko 2019).

Mezi další rovnice, podle kterých lze vypočítat větrnou erozi, patří např. WEQ, RWEQ a WEPS. Rovnice WEQ a RWEQ jsou schopné velmi dobře vyhodnotit větrnou erozi, ovšem jedná se o statistické modely. To znamená, že je můžeme použít pouze v podobných podmínkách, pro které byly vytvořeny. Za negativum těchto rovnic se pokládá, že nezahrnují významný parametr půdní vlhkosti. Také byl navrhnut koncepční dynamický model. Mezi jeho výhody patří, že nepodléhá prostorovému měřítku a lze ho aplikovat na travní porosty, pout, zemědělskou půdu a jiné (Zou et al. 2014).

V dnešní době se také začíná pro monitoring větrné eroze a její modely uplatňovat sledování půdního pokryvu-satelitní dálkové snímání za použití zobrazovacího spektroskopu s mírným rozlišením-MODIS. To umožňuje konzistentní, opakovatelné a velkoplošné snímání, které umožňuje zlepšování modelů větrné eroze (Chappell et al. 2018).

Velice účinné pro predikci větrné eroze se jeví fuzzy logické modely. Také pracují s dálkovým průzkumem, vegetačním pokryvem a technologiemi GIS, které se stávají standardními mapovacími nástroji degradace půdy. Fuzzy logické modely nabízí cennou metodu k rozlišení prostorové heterogenity nebezpečí větrné eroze. Výsledkem těchto modelů jsou mapy citlivosti daných oblastí na větrnou erozi (Saadoud et al. 2018).

1.4. Ochrana půdy před větrnou erozí

Pod pojmem protierozní ochrana půd si lze představit soubor veškerých opatření, které mají za úkol zabránit vzniku eroze, snižovat její intenzitu, zabránit a snižovat další degradaci ohrožené půdy, trvale udržovat úrodnost, zabezpečovat zdroje povrchových i podzemních vod a zabezpečit chráněná území, stavby a zařízení v krajině před negativními účinky odnášené půdní hmoty (Antal 2005).

Obecně platí, že chceme-li chránit půdu před větrnou erozí, musíme snížit rychlost větru nad povrchem země a dále zvyšovat a stabilizovat drsnost půd. Lze aplikovat opatření ze třech základních skupin, a to opatření organizační, agrotechnická a technická (Eagri 2009-2019). Tato opatření vychází z ČSN 75 4500. Opatření se vzájemně doplňují a snaží se respektovat zemědělskou výrobu. Zároveň musí být protierozní opatření vždycky v souladu s pozemkovými úpravami (Janečka et al. 2002), územním systémem ekologické stability a trvale udržitelným rozvojem daného regionu.

A. Organizační opatření

Tato opatření se zabývají především organizačním uspořádáním pozemků, aplikací pásového střídání plodin na velkých plochách a výběrem vhodných plodin.

1) Tvar a velikost pozemku

Nástrojem k úpravám a vytváření pozemků jsou v dnešní době pozemkové úpravy. Ty nám umožňují pozemky nejen scelovat, ale i dělit či ideálně uspořádat. Zároveň respektují pravomoc vlastníků a požadavky ochrany přírody a krajiny. Základním principem je, aby delší strana pozemku byla kolmá na převládající směr větrů. V případě nechráněných písčitých půd by měla šířka pozemku ve směru převládajících větrů být pod 50 m. Potom je důležité zvolit správnou šířku pozemku. Ta by měla být zvolena tak, aby bylo možné založit ideální počet pásů v případě pásového střídání plodin. Dnes existují i limity rozměrů pozemku. Řídí se přítomností trvalých větrných bariér (aleje, budovy, ochranné lesní pásy aj.) a způsobem hospodaření (Janečka et al. 2012).

2) Delimitace typů pozemků a vhodný výběr pěstovaných plodin

V případě silného ohrožení půd větrnou erozí je nejúčinnějším opatřením založení trvalých porostů. Kromě ochrany před erozí mají pozitivní vliv i na vlhkostní

poměry. Další vhodným opatřením je pěstování ozimých obilovin a meziplovin a také víceletých píceň př. jetelovin. Některé druhy rostlin jsou více náchylné v počáteční růstové fázi př. kukuřice, okopaniny a jiné (ib). Proto je musíme také chránit před větrem unášenými částicemi.

3) Aplikace pásového střídání pěstovaných plodin

Toto patří k nejzákladnějším způsobům, jak chránit půdu před větrnou erozí. V oblastech, kde jsou půdy silně ohroženy, je třeba střídat trvale zatravněné pásy s ornou půdou. Na místech s nižší intenzitou větrné eroze postačí střídat pásy méně odolných a odolných rostlin vůči větru. Vhodné je pěstovat pásy plodin s odlišnou výškou (Hůla, Janeček, Kovaříček, Bohuslávka 2003). Odolnější plodiny zabraňují a zmírňují odnos půdního materiálu, protože snižují energii větru nad povrchem země. Dále také omezují výpar z okolních polí, která jsou nechráněná. Jednotlivé pásy by měly být kolmé na převládající směr větrů (Janečka et al. 2012).

B. Agrotechnická opatření

Mezi tato opatření řadíme činnosti zlepšující vlhkostní režim půdy. Dále do této kategorie spadá ochranné obdělávání či vhodná úprava struktury půd.

1) Vhodný vlhkostní režim lehkých půd

Základem je zvýšení soudržnosti půd, což vede ke zlepšení vlhkostního režimu. Další metody, jak zvýšit vlhkost povrchu, jsou př. zadržování sněhu, závlaha, mulčování, regulační drenáže a jiné.

2) Ideální ochranné obdělávání

Do této skupiny opatření řadíme hned několik technologických postupů např. sdružení pracovních postupů, mulčování, pěstování meziplovin aj. Obecně platí, že nejvhodnější je co nejvíce zkracovat období, kdy na půdě není porost a co nejvíce využívat rostlinné zbytky, které by se měly alespoň částečně zapracovat do půdy. Velmi účinné se jeví i přímé setí do nezpracované půdy – strniště. Procesní model SWEEP ukázal, že větrnou erozi lze snížit zanecháním alespoň 20% posklizňových zbytků na ploše v době nejvyšší náchylnosti půdy na větrnou erozi (Blanco-Canqui, Rakka, Tatarko 2019).

3) Úprava struktury

Základním principem je vytváření půdních agregátů a zvyšování soudržnosti půdního materiálu. To lze podpořit vyšším obsahem organické hmoty. Toho můžeme docílit ponecháním posklizňových zbytků, zeleným či organickým hnojením aj. Další možnosti jsou zvýšení obsahu jílového materiálu nebo použití stabilizačních prostředků (tmelící prostředky). Tyto činnosti dále zlepšují fyzikální vlastnosti. Díky tomu se zvyšuje nízká půdoochranná funkce pěstování plodin.

C. Technická opatření

Chceme-li snížit negativní vliv větru, můžeme mu do cesty postavit překážku. Pod tím si lze představit ochranné lesní pásy (OLP)/větrolamy/úzké pruhy lesa či jiné zábrany (Podhrázká et al. 2008).

1) Zábrany

Mezi zábrany patří např. přenosné ploty z různých materiálů (rákos, dřevo aj.). Velmi účinné je i tzv. síťové uspořádání zábran. Umisťují se tam, kde je třeba chránit pěstované plodiny. Vhodné jsou zábrany, které částečně propouští vzdušné proudění. Zcela nepropustné bariéry způsobují turbulentní proudění nad povrchem. Tyto překážky se také využívají v zimním období proti sněhu.

2) Pásy zeleně/ochranné lesní pásy/větrolamy

Větrolam je pás tvořený stromy a keři, který je vysázený na ochranu území před škodlivými účinky větru (Sobíšek et al. 1993). Patří k nejlepším a nejúčinnějším opatřením proti intenzivní větné erozi. V přízemních vrstvách snižují turbulentní výměnu vzduchu a dále snižují rychlost větru před i za větrolamy. Vzdušné proudy, které proniknou větrolamem, mají také transformovaný směr a rychlost. Pásy zeleně také zkracují délku pozemku. Navíc při správné tvorbě mohou být polyfunkční. Fungují jako protierozní ochrana, prvek ÚSES (biokoridor) nebo se podél nich můžou vést cesty (Janečka et al. 2012). OLP se dělí do třech skupin:

- **proudový** – 1-2 řady stromů, bez keřového patra, protierozní efekt nízký, v kmenové oblasti se zvyšuje rychlost větru – tzv. tryskový efekt



Obrázek 3 Proudový větrolam (Geocaching 2000-2020)

- **poloproudový** – 1-2 řady stromů, keřové patro, vítr větrolam nejen obestupuje ale i prostupuje, vysoký protierozní efekt, nižší pokles rychlosti větru ve větší vzdálenosti od větrolamu, na závětrné straně působí do vzdálenosti až dvaceti násobku výšky (Menke et al. 2008), na návětrné straně až do desetinásobku (Hůla, Janeček, Kovaříček, Bohuslávek 2003)



Obrázek 4 Poloproudový větrolam (Dufková 2007)

- **neproudový** – více řad vzájemně zapojených stromů, keřové patro z obou stran, výrazný pokles rychlosti větru, ale na menší vzdálenost (Janečka et al. 2012), vytváření drobných nežádoucích turbulencí za a před větrolamem, navátiny se hromadí uvnitř pásu (Pasák et al. 1984)



Obrázek 5 Neproudový větrolam (Dufková 2007)

1.5. Větrolamy

Historie používání a výsadby větrolamů sahá hluboko do minulosti. Již před 2000 lety byly vysazovány pro svůj účinek v Číně. Dlouhodobý vývoj mají také na africkém a americkém kontinentu. V Evropě jsou dochované informace o větrolamech už z doby G. J. Caesara. Pravděpodobně se o jejich výsadbu zasloužili Kelové (Dandová 2007).

V naší republice začala jejich výsadba zhruba před 100 lety. Jejich velký rozmach proběhl v padesátých letech, ovšem druhové složení větrolamů z této doby není ideální (Hůla, Janeček, Kovaříček, Bohuslávka 2003). Větrolamy je potřeba udržovat. Při nedostatečné údržbě dochází k jejich prosychání a rozrůstání do zemědělských ploch. V tomto případě nedochází k plnění jejich funkcí (protierozní, krajinytvorné ani ekologické). Skladbou by měly odpovídat přírodním podmínkám stanoviště a dřeviny by se zároveň měly hodit na větrolam. Měly by být dlouhověké, schopny dosáhnout potřebné výšky a zajistit propustnost (Janečka et al. 2012).

V šedesátých a sedmdesátých letech docházelo k likvidaci špatných větrolamů a k výsadbě již skladebně ideálních (Kyselka 2000). Ochránci přírody a ekologové se však snažili podpořit širokou liniíovou zeleň, která měla plnit funkci biokoridorů. Tyto biokoridory ovšem neplní správnou protierozní funkci. Lepší je výsadba užších pásů, v nejlepším případě poloproudových větrolamů (Hůla, Janeček, Kovaříček, Bohuslávka 2003). Nejúčinnější jsou polopropustné větrolamy s propustností 40-50 % (Pasák et al. 1984).

Dnes se větrolamy řadí do tzv. liniíové rozptýlené zeleně. Pod tento pojem spadají různá dřevinná uskupení rostoucí mimo zastavěné území a les. Navíc nepatří do zemědělských kultur (Salašová 2000). Řadí se do liniíových prvků (Sklenička 2003) a jejich hlavní funkce je ochranná/půdoochranná (Supuka et al. 1993). Mezi další funkce ochranných lesních pásů patří protideflační, hydriká, meliorační, migrační a refugiální či mikroklimatická (Trnka 2000). Větrolamy mají i několik negativ. Způsobují zastínění, dále může dělat problémy opadané listí a způsobují vláhovou konkurenci zemědělským plodinám.

Aby liniíový porost plnil správně svojí funkci, musí mít správnou strukturu. Struktura je množství a prostorové rozmístění jednotlivých stromů a keřů větrolamu ve vztahu k volnému prostoru mezi nimi. Pracujeme zde s parametrem výšky, šířky

a aerodynamickou porositou, což je poměr mezi množstvím vzduchu procházejícím skrz a nad větrolamem (Litschmann, Rožnovský 2005). Optimální prostorové parametry jsou 12-15 m výška a 12 m šířka větrolamu. Tyto parametry patří mezi vnější strukturu. Z hlediska vnitřní struktury je podstatné uspořádání samotných listů, větví, keřů a kmenů ve větrolamu (Brandle, Hodges, Zhou 2004). Dále funkčnost ovlivňují mezery v porostu a propustnost (dána šířkou, druhovou skladbou, sponem). Ideální větrolam je tvořen z 6-8 řad stromů a ze 4 řad keřů (Podhrázká et al. 2008).

Z hlediska skladby by lesní pásy měly být tvořeny dřevinami základními, které tvoří kostru. Jsou dlouhověké, mají dobrý kořenový systém a jsou odolné. Mezi základní dřeviny patří dub (*Quercus* sp.), lípa (*Tilia* sp.), javor (*Acer* sp.) či jasan (*Fraxinus excelsior*). Dále by měly být doplněny o dřeviny dočasné. Rychle rostou a jejich úkolem je urychlení působení větrolamu. Sem řadíme jilm (*Ulmus laevis*), olši (*Alnus* sp.) nebo topol (*Populus* sp.). Posledním typem dřevin používající se k výsadbě pásů zeleně jsou vedlejší dřeviny. Jejich listový opad zlepšuje obsah živin v půdě a koruny pomáhají chránit povrch. K vedlejším dřevinám patří třešeň (*Prunus* sp.), jabloň (*Malus communis*) či hrušeň (*Pirus communis*) (Janečka et al. 2012).

Velice důležitá je funkce keřového patra. To může dosahovat výšky v rozmezí 0,6 -1,5 m. Keře zabraňují odnosu půdních částic, přehřívání půdy, proudění vzdušných mas nad povrchem, snižují výpad, opadem obohacují půdu o živiny. Slouží ptákům jako hnízdiště popř. zvěři jako úkryty aj.

Důležitou roli hraje umístění větrolamů. V případě členitého terénu by mělo být vysazování na vyvýšených místech. Naopak v rovinném terénu je třeba, aby tvořily obdélníkové obrazce, které chrání celé erozně ohrožené území. Delší strany útvaru se musí vysadit kolmo k převládajícímu směru větrů a jsou to hlavní větrolamy. Odstupová vzdálenost hlavních větrolamů se řídí pravidly. Na suchých půdách je to 300-400 m, na hlinitých půdách 500-600 m a na těžkých to může být až 850 m. U vedlejších větrolamů obecně platí, že jejich vzdálenost může být až 1 000 m (ib.).

Původně se ochranné lesní pásy zakládaly široké. Postupně se zjistilo, že větší šířka nemá žádný pozitivní vliv na účinek pásu. Ovlivňuje jenom následky větrné eroze. Umožňuje pouze akumulaci odnášené půdní hmoty. V případě užšího větrolamu se odnášené půdní částice neakumulují uvnitř pásů, ale jsou rovnoměrně rozkládány na okolní plochu (Dandová 2007). Účinná šířka větrolamu se lineárně zvyšuje do 40 m. Výška vegetačního pásu je doporučena mezi 5-8 m (Chaulya et al. 2000). Ideální vzdálenost stromů pro nejvyšší efekt je 0,5 m (Atem 2016).

Aby pásy zeleně fungovaly plnohodnotně, měly by tvořit jednotný ucelený systém. V místech, kde na sebe pásy navazují, by neměly být mezery. Taktéž ani v oblasti, kde se stýkají hlavní a vedlejší větrolamy (Rajnoch 2006).

O větrolamy je nutné se starat. V prvních letech se musí dělat zásahy proti hlavním biotickým činitelům př. zvěř. Pro OLP není vhodná ani chemická ochrana a hnojení zemědělských ploch. Dále jsou potřebné výchovné zásahy. Bez nich může dojít např. k přehuštění a následné ztrátě funkčnosti. Toto podporuje aerodynamické vlastnosti pásu zeleně a struktury porostu. Mezi další opatření patří likvidace slabých a suchých jedinců či přehoustlého keřového patra. Také se musí pečovat o zastínění a zápoj, aby nedošlo k nárůstu plevelů (Janečka et al. 2012).

Větrolamy spadají do kategorie lesů tzv. lesy zvláštního určení, a to podle zákona č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů. Plní tzv. mimoprodukční funkci lesa.

1.6. Legislativní ochrana v ČR

V dnešní době existuje mnoho různých politických strategií, programů, organizací, právních norem zabývajících se ochranou půdy. Ta patří k velkým tématům na celosvětové úrovni (Borrelliet al. 2014b). Významně se tento problém řeší i na evropské úrovni a v jednotlivých státech. Česká republika je jeden z mála států EU, která nabízí relativně dobrou právní ochranou půdy. V těchto úpravách se zohledňuje nejen produkční potenciál, ale také kvalita půd a ekologické aspekty ve vztahu k dalším složkám životního prostředí.

Základní právní norma je zákon č. 334/1992 Sb. zákon České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu. Zabývá se hospodařením, zásadami změn kultur, podmínkami, za kterých lze měnit účelové určení pozemku, ochranou ZPF při plánovací a inženýrské činnosti nebo podmínkami odjímání půdy ze ZPF. Důležitým právním prováděcím předpisem k tomuto zákonu je vyhláška, která stanovuje podrobnosti ochrany kvality zemědělské půdy a změna vyhlášky č. 13/1994 Sb., která upravuje některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu jako vymezení limitů obsahů rizikových prvků a látek v půdě (Zakonyprolidi 2010-2020a).

Dále je podstatný zákon č. 139/2002 Sb. zákon o pozemkových úpravách a pozemkových úradech a o změně zákona č. 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, ve znění pozdějších předpisů či nařízením vlády č. 262/2012 Sb. nařízení vlády o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu aj. legislativní opatření (Zakonyprolidi 2010-2020b).

Ochranu půdy před kontaminací zajišťuje zákon č. 61/2017 Sb., kterým se mění zákon č. 156/1998 Sb. o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd. Tohoto zákona se týká i prováděcí vyhláška č. 474/2000 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva, která určuje limity používání hnojiv. Zaměřuje se na minerální fosforečná hnojiva obsahující zvýšené množství kadmia či arzenu. Dále funguje jako prevence před organickými hnojivy z kompostovaných odpadů (Zakonyprolidi 2010-2020c).

Nesmíme zapomenout na nařízení vlády č. 103/2003 Sb. o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojí, střídání plodin a provádění protierozní ochrany v těchto oblastech, ve znění nařízení vlády č. 219/2007 Sb., které klade důraz na protierozní ochranu (Bičík et al. 2009).

Právní ochranou půd se dotýká mnoho dalších právních norem např. i zákony č. 185/2001 Sb. o odpadech (vyhláška 382/2001 Sb. o podmínkách využití upravených kalů na zemědělskou půdu), zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší (nařízení vlády č. 597/2006 Sb. imisní limity - prevence vstupů látek do půd), zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny či zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, kde se při posuzování musí brát zřetel i na vlivy na půdu.

K ochraně ZPF nám pomáhají i ekonomické nástroje. Jedním z těchto nástrojů je poplatek za odnětí půdy ze ZPF dle přílohy zákona č. 334/992 Sb., o ochraně ZPF, ať už je odnětí dočasné nebo trvalé. Na dodržování principů ochrany ZPF dohlíží příslušné správní orgány ochrany a při porušování zákona jsou ukládány pokuty. Ty mohou být dále ukládány za př. nedovolenou změnu kultury nebo neplnění opatření, která stanovil správní orgán ochrany (Zakonyprolidi 2010-2020a).

V České republice existuje organizace, která se zabývá problematikou ochrany půdy, Česká pedologická společnost. Cílem této organizace je péče o všestranný vývoj veškerých disciplín týkajících se půdy jako celku. Dále zajišťuje zpracování podkladů pro rozhodování orgánů z hlediska hodnocení či oceňování půd, přispívá k informování a osvětě veřejnosti a snaží se prosadit vhodnou výuku na školách, zabývajících se pedologií (Bičík et al. 2009).

Za velký nedostatek lze pokládat, že doposud nebyl zpracován strategický dokument „národní program ochrany půdy“, což má za následek nekontrolovatelné rozšiřování měst a obcí na úkor půdy nebo nedostatečnou ochranu půd vyšších bonit. Díky státní politice životního prostředí existují cíle, které mají přímý vliv a dopad na kvalitu a stav našich půd (ib.).

1.7. Mezinárodní ochrana půdy

V rámci předpisů na ochranu půdy v EU neexistuje jednoznačná politika. Půda ovšem hraje multifunkční roli, a proto se na ní bere ohled v opatřeních, nástrojích a politikách např. v zemědělství, lesnictví, životním prostředí či dopravě. K základním ochranným opatřením patří nařízení Evropské rady č. 1257/1999 o podpoře pro rozvoj venkova, ve kterém se klade důraz na trvale udržitelné využívání nejen krajiny, ale především i samotné půdy.

Mezinárodní organizace ISO TC 190 Soil Quality je celosvětová federace národních standardizačních orgánů. Zajišťuje základní standardy nejen v oblasti kvality půd. Zabývá se např. materiálem určeným k opětovnému použití na zemědělských plochách, vytěženými sedimenty, určuje prahové a mezní hodnoty pro kvalitu půd či parametry stavebního inženýrství (Iso 2020).

IES neboli Institute for Environment and Sustainability poskytuje technickou i vědeckou podporu Evropské unie v ochraně životního prostředí. V oblasti „půda a odpady“ patří mezi aktivity IES např. monitoring stavu veškeré evropské půdy či zajištění kvalitní databáze o hrozbách evropských půd. V Oblasti krajinného managementu lze zmínit, že se EU snaží integrovat ochranu a zájmy životního prostředí do zemědělství. V rámci IES vznikl projekt Evropského půdního úřadu-European Soil Bureau (ESB), jehož hlavním cílem je rozšíření spolupráce na mezinárodní úrovni a podpora evropské konkurenceschopnosti (Bičík et al. 2009).

Evropská agentura pro životní prostředí (European Environmental Agency (EEA) podporuje udržitelný rozvoj a snaží se zlepšit kvalitu ŽP. K tomu napomáhá především poskytování nezávislých, včasných, cílených pravdivých a relevantních informací nejen politikům, ale také veřejnosti. V rámci EEA vznikla Evropská informační a pozorovací síť pro životní prostředí (Eionet). Díky této informační síti dochází k výměně národních dat a informací mezi Agenturou a členskými státy. Jednou z hlavních zájmových oblastí EEA je problematika půd, a to zejména ztráta ornice kvůli erozi, zastavování pozemků, acidifikace, zasolování, kontaminace aj. (Eea.europa 2011).

EEA ve spolupráci s Evropskou komisí zřídily Evropské středisko údajů o půdě (ESDAC). Toto středisko patří k deseti environmentálním datovým centrům sloužící ke sledování a provádění politik Evropské komise. Primárně zajišťuje, aby údaje

o půdách byly účinně shromažďovány, kontrolovány, organizovány a zpřístupněny různým stranám (Panagos et al. 2010).

Na území Evropské unie existuje tzv. Společná zemědělská politika (SZP) - The Common Agricultural Policy (CAP). Ta se realizuje již od roku 1962. Během let se postupně reformovala. V dnešní době se v rámci schválení nových plánů rozvoje venkova silně podpořila ochrana půdy. Také dnes SZP klade důraz na kvalitu potravin a životní prostředí (Euroskop 2005-2020).

2. Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce bylo posouzení faktorů, které mohou ovlivňovat množství pohybujícího se a unášeného materiálu vlivem působení větru nad terénem u neproudového větrolamu v katastru obce Tasovice. K zachycování půdních částic se využilo pět pasivních deflametrů. Sledované parametry byly:

- stanovení průměrného měsíčního zachyceného množství materiálu v závislosti na výšce nad povrchem (15, 50, 100 a 150 cm)
- stanovení průměrného měsíčního zachyceného množství materiálu v závislosti na vzdálenosti pasivního deflametru od neproudového větrolamu
- stanovení vlivu převládajícího směru větru, rychlosti větrů, úhrnu srážek a teploty na průměrné měsíční zachycené množství materiál

Nástroje k dosažení cílů:

- výroba odběrového zařízení pro zachycení prachových částic ve čtyřech výškových úrovních nad povrchem terénu (15, 50, 100, 150 cm)
- optimalizace výběru odběrových bodů s ohledem na stávající funkční větrolamy a aktivní zemědělskou činnost na lokalitě Tasovice
- instalace odběrových zařízení a pravidelné měsíční odběry vzorků v období březen 2018 - únor 2019
- laboratorní zpracování a analýzy terénních vzorků
- zpracování meteorologických dat poskytnutých ČHMÚ a jejich korelace s výsledky terénních vzorků

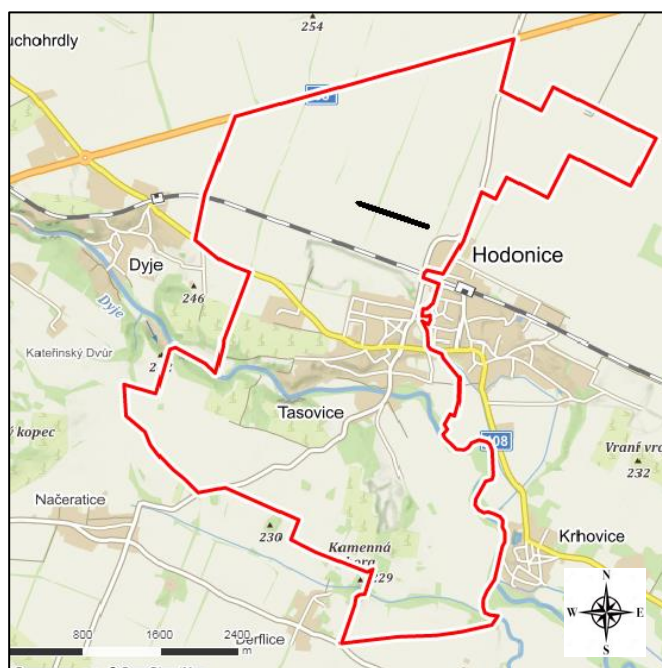
3. Materiály a metody

3.1. Tasovice

Obec Tasovice se nachází cca 9 km jihovýchodně od Znojma v Jihomoravském kraji. Žije zde přibližně 1 400 obyvatel (Czso 2019). Má necelých 16 km² a jeho nadmořská výška je 210 m n. m. Obec vznikla ve 13. století, ze kterého se dochovaly i první písemné doklady o Tasovicích. V okolí se nachází rozlehlé zemědělské plochy na velmi úrodných půdách. Pro tuto oblast je tedy typická zemědělská činnost. Také se zde pěstuje a vyrábí víno. Tato činnost zde má dlouholetou tradici (Tasovice 2020).



Obrázek 6 Poloha obce Tasovice v ČR (Mapy.cz 2020)



Obrázek 7 Katastrální mapa obce Tasovice (Mapy.cz 2020)

3.2. Přírodní poměry

Tasovice spadají do velmi suchého a teplého klimatického regionu. Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 9-10 °C. Pravděpodobnost suchých vegetačních období je cca 30-50 % (Tolasz et al. 2007). Podle Quittovy klasifikace leží obec v nejteplejším bioregionu České republiky – T4 (Quitt 1971).

Z hlediska půd jsou v nultém klimatickém regionu. Region zahrnuje i jižní část Moravy jako je Dyjskosvrateckého úvalu, Pavlovské vrchy či Dolnomoravský úval. Nultý klimatický region má obdobné rozšíření jako velmi teplé černozemní oblasti stanovištních jednotek (ČMt). Toto jsou typické oblasti pro pěstování kukuřice. Půdy spadající do BPEJ 0.01.00. mají střední rychlost infiltrace i při úplném nasycení. Patří sem půdy středně hluboké až hluboké. Obvykle jsou středně až dobře odvodněné. Typické je zde ohrožení větrnou erozí, acidifikací nebo utužováním (Bpej.vumop 2019).

V katastru Tasovic převažují černozemě, jejichž půdotvorným substrátem je spraš. Většina plochy leží na rovinatém terénu, který má všesměrnou expozici. Celkový obsah skeletu je maximálně do 10 %. Jedná se o hluboké půdy. Nachází se zde bonitovaná půdně ekologická jednotka (BPEJ) 0.01.00. tato jednotka je dle legislativy (Vyhláška stanovení tříd ochrany č. 48/2011 Sb.) v I. třídě ochrany ZPF. Dle bodové výnosnosti je tato půda na stupnici 6-100 vyjádřena hodnotou 82. Tyto půdy jsou jedny z nejcennějších a velmi produkčních.

Geomorfologicky patří oblast do provincie Západních Karpat, do subprovincie Vněkarpatské sníženin, do oblasti Dyjsko-svrateckého úvalu a do podcelku Jaroslavické pahorkatiny (Demek, Mackovčín 2006).

Území se nachází v dubovém vegetačním stupni, který se na našem území nachází v těch nejsušších a nejteplejších oblastech. Pokrývá pouze 3,4 % území. Rostou zde teplomilné doubravy (Is.muni 2010).

Z hlediska geologického regionálního členění spadá obec do Českého masívu a moravskoslezské oblasti. Z hornin jsou zde pískovce, arkózy, slepence a jíly. Cca 1,5 km jižně od Tasovic leží velkolom na těžbu devonské arkózy (Lokality.geology2003-2012a). Nedaleko Tasovic se také nachází tzv. Tasovické svahy. Zde se nalezneme výchozy grandioritu v březích řeky Dyje. Tasovické svahy jsou přírodní památka chráněná kvůli tomuto geologickému jevu (Lokality.geology2003-2012b).

3.3 Popis lokality

Zájmové území se nachází v severní části katastru obce Tasovice. Ze severu je ohraničeno silnicí I 53, z jihu je ohraničeno železniční tratí Břeclav-Znojmo, z východu zemědělskými plochami katastrálního území obce Hodonice a ze západu zemědělskými plochami katastrálního území Znojmo. Zemědělská plocha, na které byly umístěny deflametry, jsou majetek Zemědělského družstva Tasovice, č.p. 258. Další nedaleká pole jsou ve vlastnictví Statek Miroslav, a. s., Za severní hranicí katastru obce Tasovice jsou zemědělské plochy ve vlastnictví AGROSERVIS, 1. zemědělská, Višňové, a.s., POMONA a. s., Těšetice a FARMA U TŘÍ DUBŮ s.r.o.

V případě zájmové lokality se jedná o standardní ornou půdu a provozuje se zde konvenční zemědělství (LPIS 2020). Deflametry A, B a C byly na poli, kde se daný rok pěstovala kukuřice (*Zeasp.*) a deflametry E a D na ploše s řepou (*Beta sp.*).

Dle Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy (DZES) se na první/východní části zájmové lokality nevyskytuje žádná silně ani mírně erozně ohrožená oblast. Na druhé/západní části zájmového území je to dle DZES stejné. Západní a východní části zájmové lokality jsou odděleny větrolamem. Eroze snižena na minimum je právě díky větrolamům a dalším protierozním opatřením.

Typ větrolamu na zájmovém území je neproudový. Je tudíž tvořen dvěma řadami stromů a keřovým patrem z obou stran. Větrolam probíhá Tasovicemi S-J směrem.



Obrázek 8 Umístění deflametrů (Mapy.cz 2020)



Obrázek 9 Deflametr (Diblíková 2018)



Obrázek 10 Zemědělská plocha s deflametry A, B, C (Diblíková 2018)

Místa pro instalaci deflamterů byla vybrána ve vzdálenostech 430 m (deflametr A N 48°50.84085', E 16°9.43932'), 305 m (deflametr E N 48°50.98148', E 16°8.85738'), 230 m (deflametr B N 48°50.87643', E 16°9.28740'), 130 m (deflametr D N 48°50.94760', E 16°8.99902') a 50 m (deflametr C N 48°50.91202', E 16°9.14320') od větrolamu, aby se dal porovnávat vliv převládajícího směru větru. Upevněny byly mezi sloupy elektrického vedení, což umožňovalo ochranu před zemědělskými pracemi a zároveň nepřekážely agrotechnické činnosti.

3.4. Gravimetrická metoda

Sestavení deflametrů:

1. polypropylenové odběrové nádoby s uzávěrem o objemu 160 ml s vnitřním průměrem 6,2 cm sloužící k sedimentaci materiálu
2. kovové sloupky kotvené v zemi pomocí zemních vrutů, na kterých byly nádoby uchyceny
3. na kovovém sloupku byly připevněny pomocí samosvorného systému PVC konstrukce v dané výšce (polyvinylchlorid nepodléhá korozi a neuvolňuje kovy)
4. konstrukce byla kombinovaná z PVC a PP odpadní vodovodní armatury fixované lepenými a svařovacími spoji
5. nad polypropylenovou nádobu byla upevněna „stříška“ – „kříž“, na kterém bylo upevněno plastové kolo, které blokuje průchod větru a půdní částice tak padají a akumulují se ve sběrné nádobě
6. stříška chrání zachycený materiál před mokrou depozicí a zabraňuje tak zkreslování výsledků
7. pasivními deflametry byly zkonstruovány na základě výzkumu na Mendelově univerzitě a na Slovenské univerzitě v Nitre (Dufková, Lackoová 2014)



Obrázek 11 Zachycovací nádoba a její upevnění na deflametru (Diblíková 2018)



Obrázek 12 Upevnění nádoby k sloupku (Diblíková 2018)



Obrázek 13 Deflametr (Diblíková 2018)

Odběr vzorků

1. Do sedimentační nádoby odměříme 50 ml směsi destilované vody a isopropylalkoholu (Lach-Ner, s.r.o., P. A.) v poměru 1:10, pokud by došlo k zamrznutí směsi, led nebude tak tvrdý, takže nezpůsobí popraskání polypropylenových nádob.
(V polypropylenových nádobách lze provádět další analýzy a jsou z hlediska převozu a upevňování do deflametru lepší variantou než skleněné nádoby.)
2. Na základně konzultace s panem inženýrem Ing. J. Kučerou z Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd (Dufková, Lackoová 2014), byly nádoby vždy po dvou umístěny na pasivním deflametru ve výškách 15, 50, 100, 150 cm nad povrchem země.
3. Vzorky se pravidelně odebírají v měsíčních intervalech.

Analýza

Gravimetrická metoda neboli vážková analýza je metoda založená na principu vážení hmotnosti. Metodika byla částečně modifikovaná, ovšem v principu vychází z ČSN EN 149907. Odběrové nádoby byly vymyté destilovanou vodou a vysušené na 60 °C po dobu cca 50 min, poté byly zváženy. Pak do nich byla nadávkována směs vody s izopropylalkoholem.

Takto připravené nádoby bylo nutné každý měsíc dopravit na lokalitu. Zde došlo k výměně nádob na deflametrech, které již byly měsíc na lokalitě za nové. Po měsíční expozici byl zachycený materiál vysušen přímo v sedimentační nádobě v laboratorní sušárně. Po vysušení byly odběrové nádoby zváženy a vypočetl se rozdíl mezi hmotností nádoby bez zachyceného materiálu a hmotností nádoby se zachyceným materiálem.

Data byla nejprve posouzena explorační analýzou pomocí boxplotů a následně testována analýzou variance (ANOVA). Analýzy byly provedeny v programu R (verze 3.5.2, R CORE TEAM, 2018). Dále byla data zpracována i do grafické formy a jsou prezentována v kapitole Výsledky.

3.5. Meteorologické prvky

Meteorologická data byla poskytnuta ČHMÚ, z meteorologické stanice Kuchařovice (Jihomoravský kraj) (Tab. 3 a 4). Data byla poskytnuta na základě spolupráce na projektu QK 1710197 – Optimalizace metod hodnocení ohroženosti území větrnou erozí a návrhů ochranných opatření v zemědělsky intenzivně využívané krajině-Hana Středová a kol. Brno: Mendelova Univerzita z roku 2018. K dalším účastníkům projektu patří AGROPROJEKT s.r.o. a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.

Tabulka 3 Meteorologické údaje – průměrné měsíční rychlosti větru (ČHMÚ 2019)

Měsíc a rok	Průměrná měsíční rychlost větru [m/s]
Březen 2018	3,90
Duben 2018	4,63
Květen 2018	3,65
Červen 2018	3,71
Červenec 2018	3,35
Srpen 2018	3,44
Září 2018	3,40
Říjen 2018	4,73
Listopad 2018	4,03
Prosinec 2018	4,42
Leden 2019	4,90
Únor 2019	4,12

Tabulka 4 Meteorologické údaje – převládající směry větrů (ČHMÚ 2019)

Měsíc a rok	Směr větru [°]	Směr větru
Březen 2018	171	J
Duben 2018	203	JZ
Květen 2018	154	JV
Červen 2018	256	Z
Červenec 2018	269	Z
Srpen 2018	200	JZ
Září 2018	242	Z
Říjen 2018	203	JZ
Listopad 2018	150	JV
Prosinec 2018	230	JZ
Leden 2019	234	JZ
Únor 2019	251	Z

Tabulka 5 Meteorologické údaje – Územní srážky (ČHMÚ 2020a)

Měsíc a rok	S	N	%
Březen 2018	36	46	78
Duben 2018	24	44	55
Květen 2018	52	74	70
Červen 2018	76	86	88
Červenec 2018	51	90	57
Srpen 2018	33	78	42
Září 2018	96	63	152
Říjen 2018	41	44	93
Listopad 2018	16	51	31
Prosinec 2018	62	51	122
Leden 2019	39	28	139
Únor 2019	18	27	67

S = úhrn srážek [mm]

N = dlouhodobý srážkový normál 1981-2010 [mm]

% = úhrn srážek v % normálu 1981-2010

Tabulka 6 Meteorologické údaje – Územní teploty (ČHMÚ 2020b)

Měsíc a rok	T	N	O
Březen 2018	1,9	3,9	-2,0
Duben 2018	14,4	9,3	5,1
Květen 2018	17,6	14,4	3,2
Červen 2018	19,2	17,2	2,0
Červenec 2018	21,0	19,3	1,7
Srpen 2018	22,6	18,8	3,8
Září 2018	15,9	14,1	1,8
Říjen 2018	11,4	9,0	2,4
Listopad 2018	5,3	3,6	1,7
Prosinec 2018	1,2	-0,6	1,8
Leden 2019	-1,2	-1,7	0,5
Únor 2019	2,4	-0,2	2,6

T = teplota vzduchu [°C]

N = dlouhodobý normál teploty vzduchu 1981-2010 [°C]

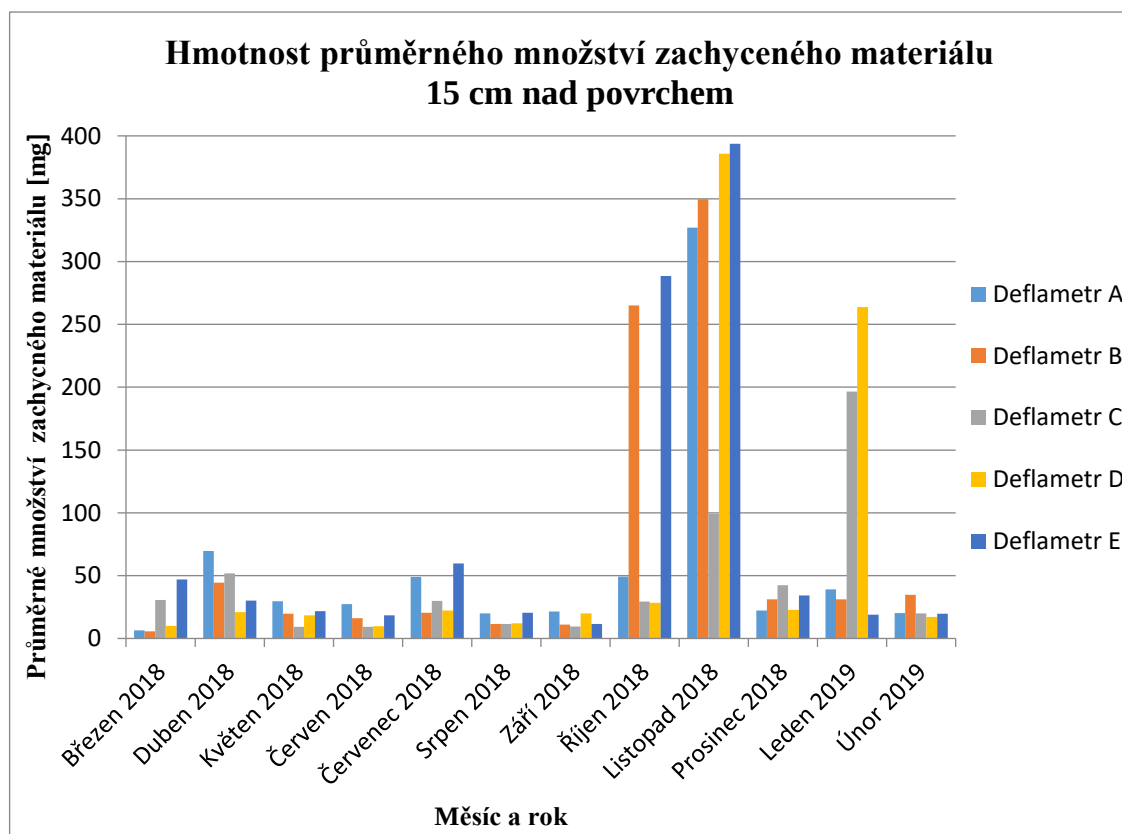
O = odchylka od normálu [°C]

4. Výsledky

Vzorky, které byly získány z terénních odběrů, byly po gravimetrické analýze zpracovány. Pro vlastní grafické zpracování a statistické vyhodnocení byly vzorky průměrovány. Výsledky sledování průměrného množství zachycených částic jsou rozděleny do dvou částí. V první části (Obr. 14-19) jsou uvedeny výsledky průměrného zachyceného množství materiálu ve výškových úrovních nad zemí a v druhé části (Obr. 20-22) jsou výsledky průměrného zachyceného množství materiálu v závislosti na vzdálenosti od větrolamu. Celkem došlo k odebrání a zpracování 40 vzorků za měsíc. Za celou sledovanou sezónu (3/2018 - 2/2019) bylo tedy vyhodnoceno 480 vzorků.

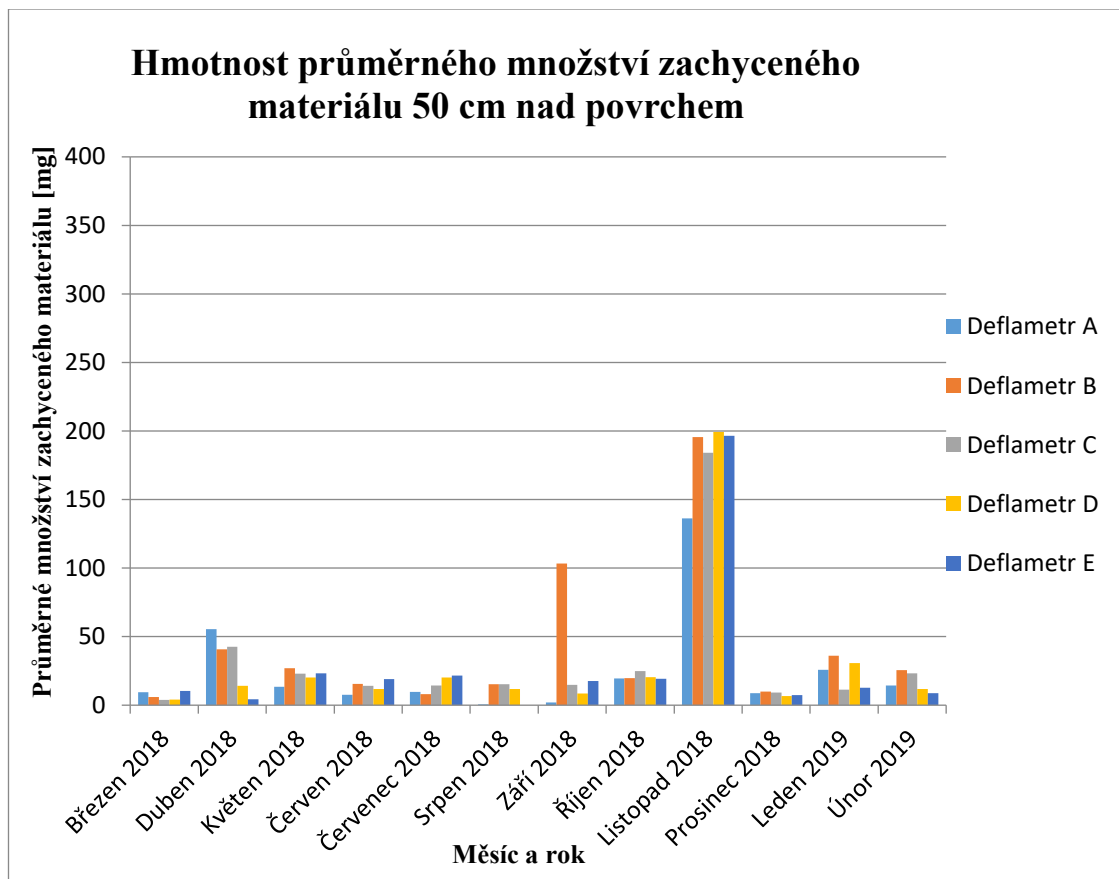
1. Průměrné množství zachyceného materiálu ve výškových úrovních

Nejvyšší hodnoty zachyceného průměrného množství materiálu v 15 cm nad zemí jsou patrné během listopadu a října (Obr. 14). U deflametrů C a D jsou zvýšené hodnoty i v lednu. V srpnu a září byly naměřeny nižší hodnoty u většiny deflametrů.



Obrázek 14 Hmotnost průměrného množství zachyceného materiálu 15 cm nad povrchem

Nejvyšší hodnoty ve výškové úrovni 50 cm nad povrchem byly ve všech případech v listopadu (Obr. 15). U deflametru B jsou vyšší hodnoty patrné i v dubnu, září a lednu. Nízké hodnoty jsou viditelné v březnu, srpnu a prosinci.



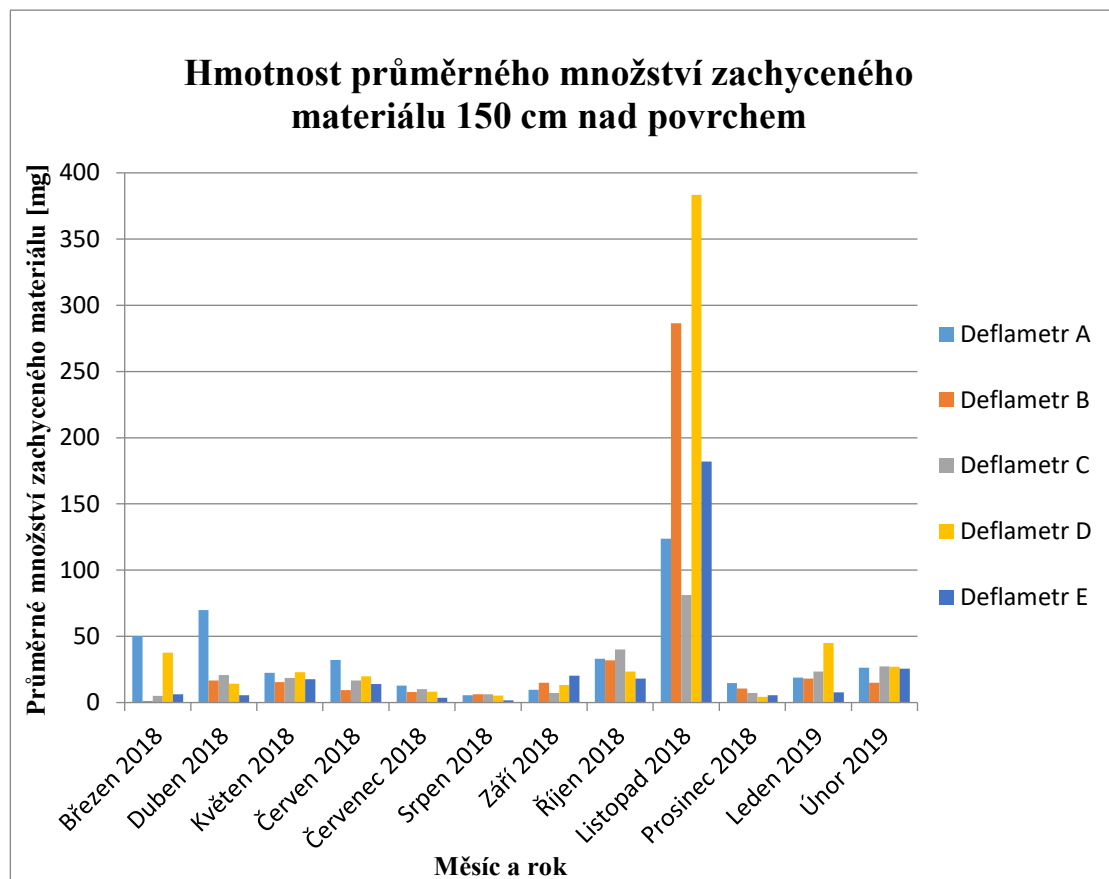
Obrázek 15 Hmotnost průměrného množství zachyceného materiálu 50 cm nad povrchem

Ve výškové úrovni 100 cm jsou viditelné vyšší hodnoty v listopadu a dále zvýšené hodnoty u deflametru D během března a u deflametru C během ledna (Obr. 16).



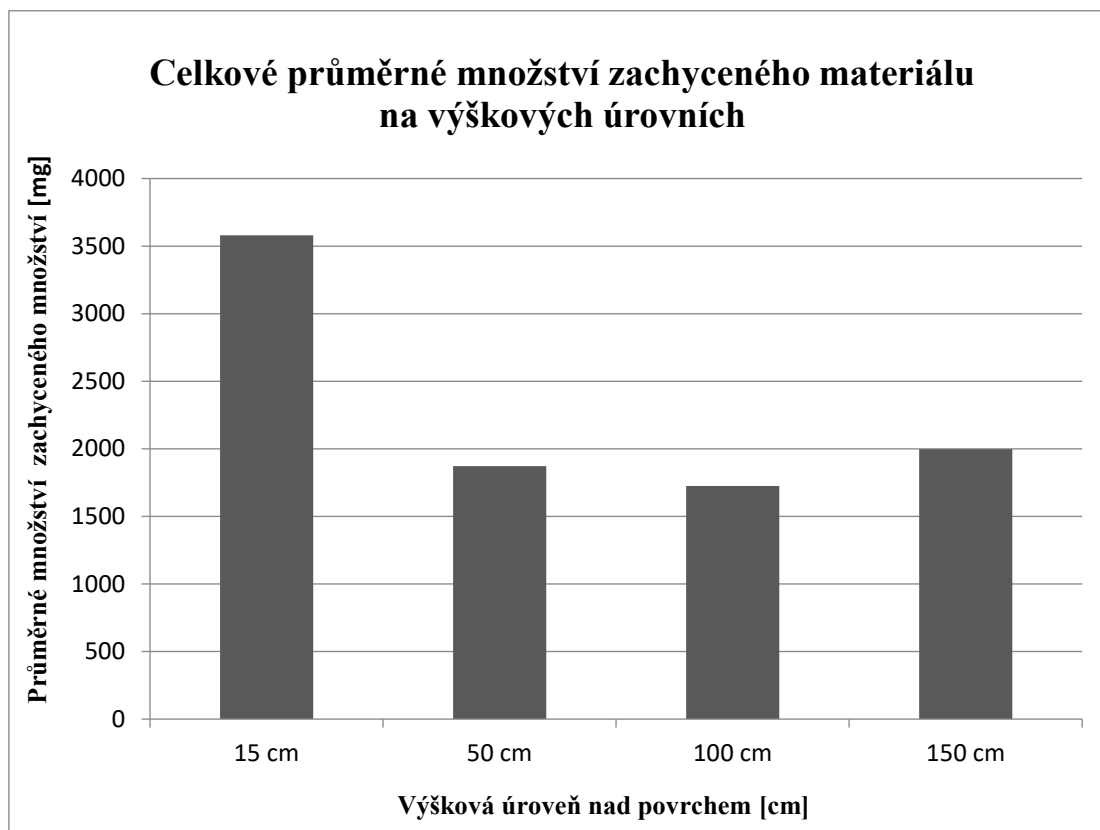
Obrázek 16 Hmotnost průměrného množství zachyceného materiálu 100 cm nad povrchem

Ve výškové úrovni 150 cm nad povrchem byly také zaznamenány nejvyšší hodnoty v listopadu. Naopak nejnižší průměrné množství zachyceného materiálu je viditelné během července, srpna, září a prosince (Obr. 17).



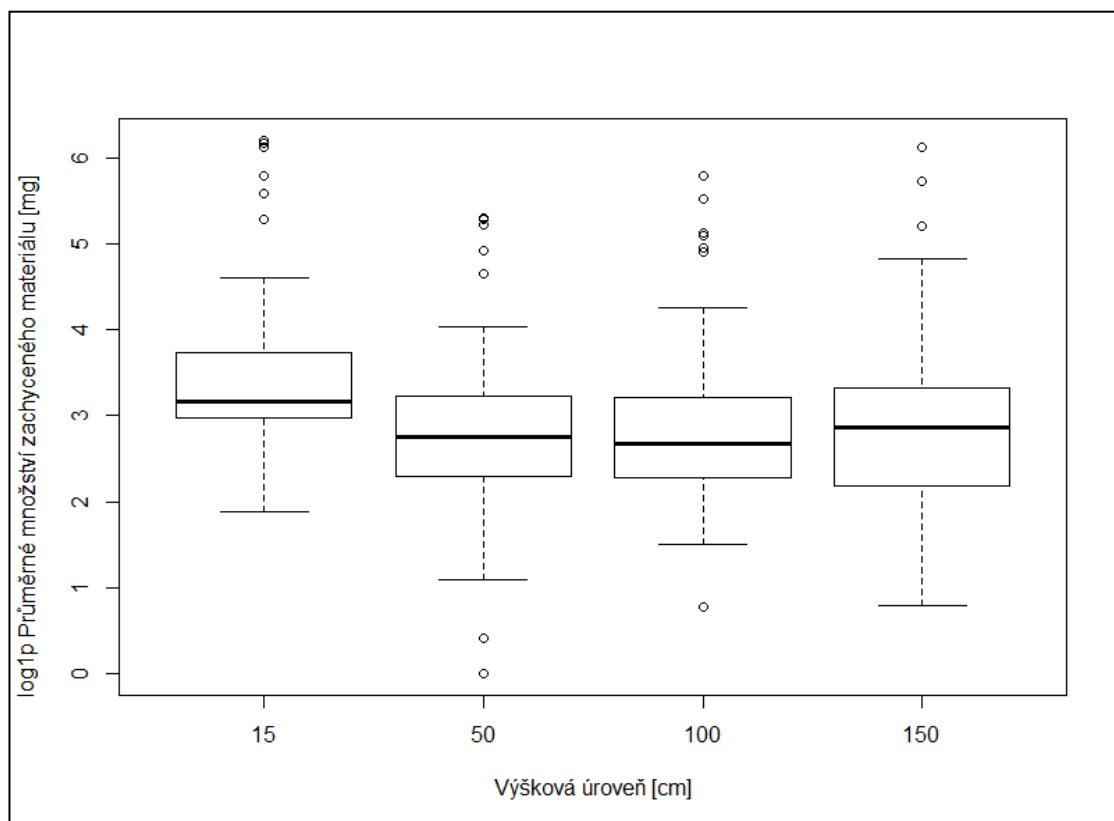
Obrázek 17 Hmotnost průměrného množství zachyceného materiálu 150 cm nad povrchem

Nejvíce materiálu bylo během měřené sezóny v součtu všech deflametrů zachyceno na nejnižší úrovni a to 15 cm nad povrchem (Obr. 18). Nejnížší množství materiálu bylo neměřeno ve výškové úrovni 100 cm nad povrchem.



Obrázek 18 Celkové průměrné množství zachyceného materiálu na výškových úrovních

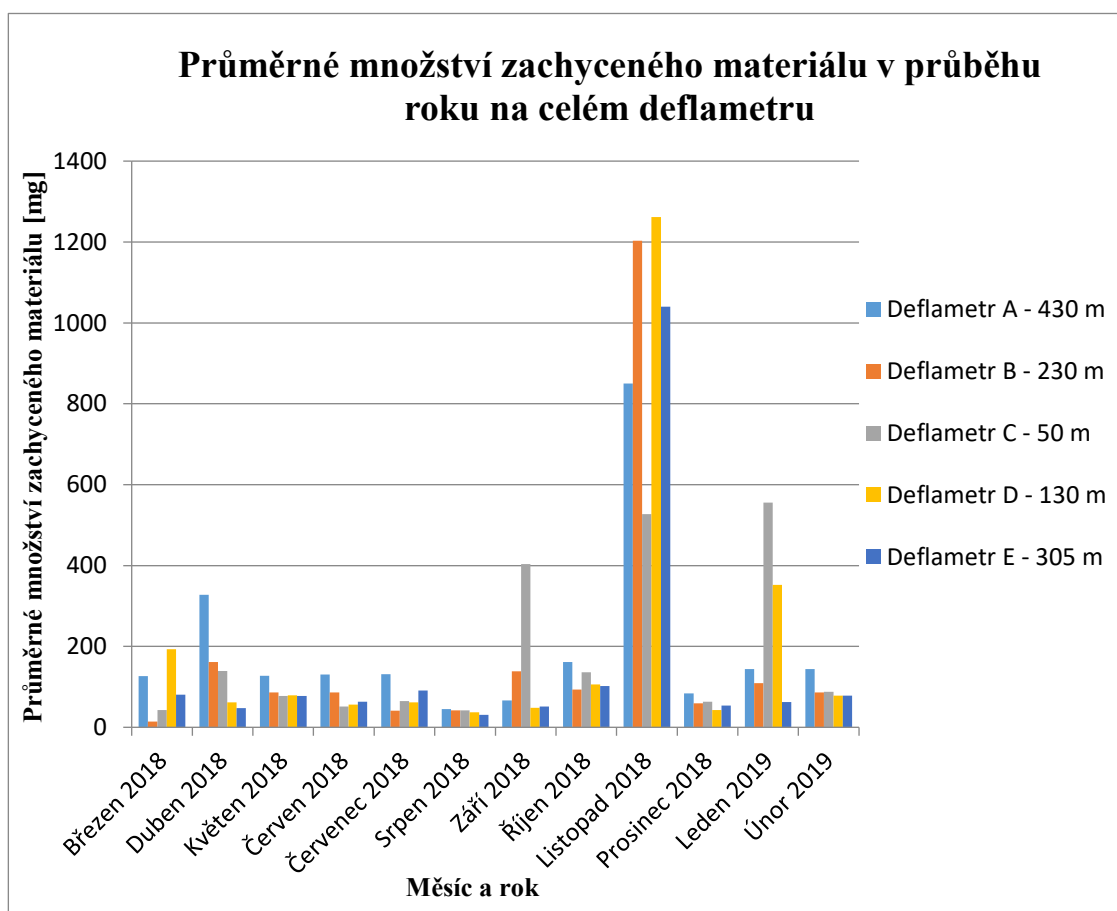
Boxploty vytvořené v rámci explorační analýzy znázorňující rozložení dat ukazují, že mezi jednotlivými výškovými kategoriemi patrně nejsou žádné významné rozdíly (Obr. 19). Kategorie byly následně testovány analýzou variance (ANOVA), jejíž výsledky ukazují, že mezi kategoriemi nejsou žádné statisticky významné rozdíly ($F=1,88$; $p=0,133$).



Obrázek 19 Boxploty znázorňující výškové úrovně a průměrné množství zachycených částic na deflametrech. Data byla pro lepší vizualizaci logaritmována přirozeným logaritmem $\log(x+1)$.

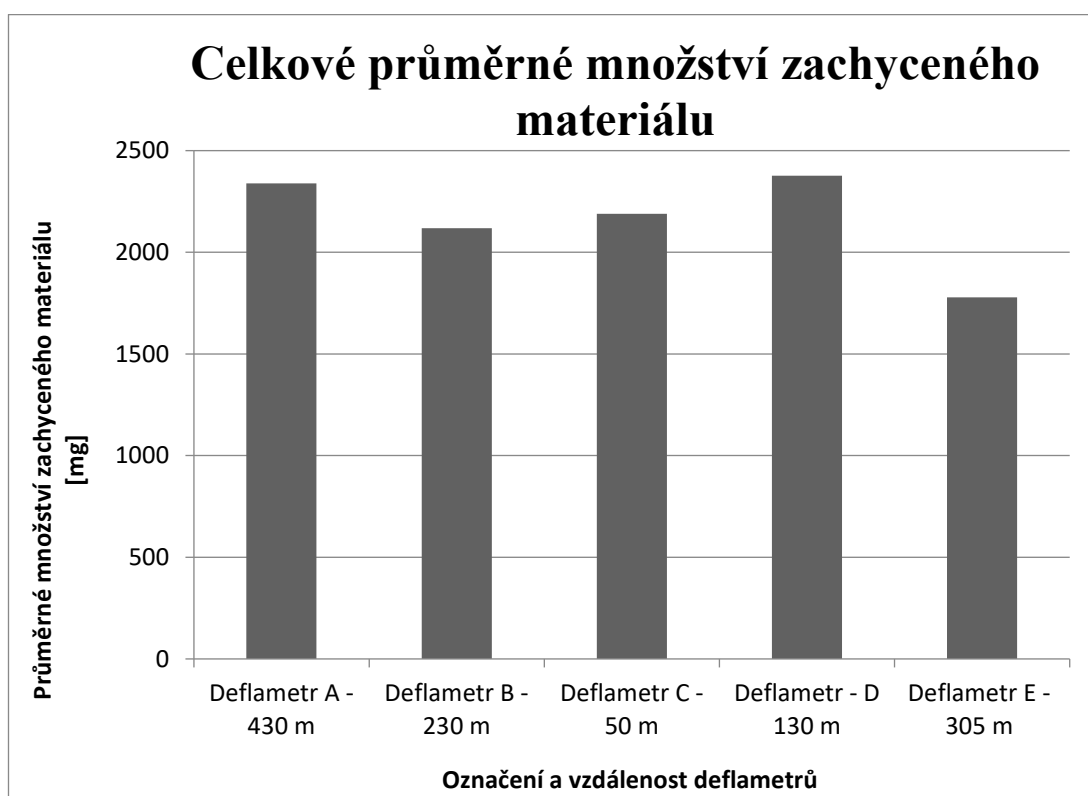
2. Průměrné množství zachyceného materiálu v závislosti na vzdálenosti od větrolamu

Na Obr. 20 jsou patrné rozdíly v průměrné hmotnosti zachyceného materiálu v daném měsíci. Průměrná hodnota platí pro celý jeden deflametr (součet všech úrovní).



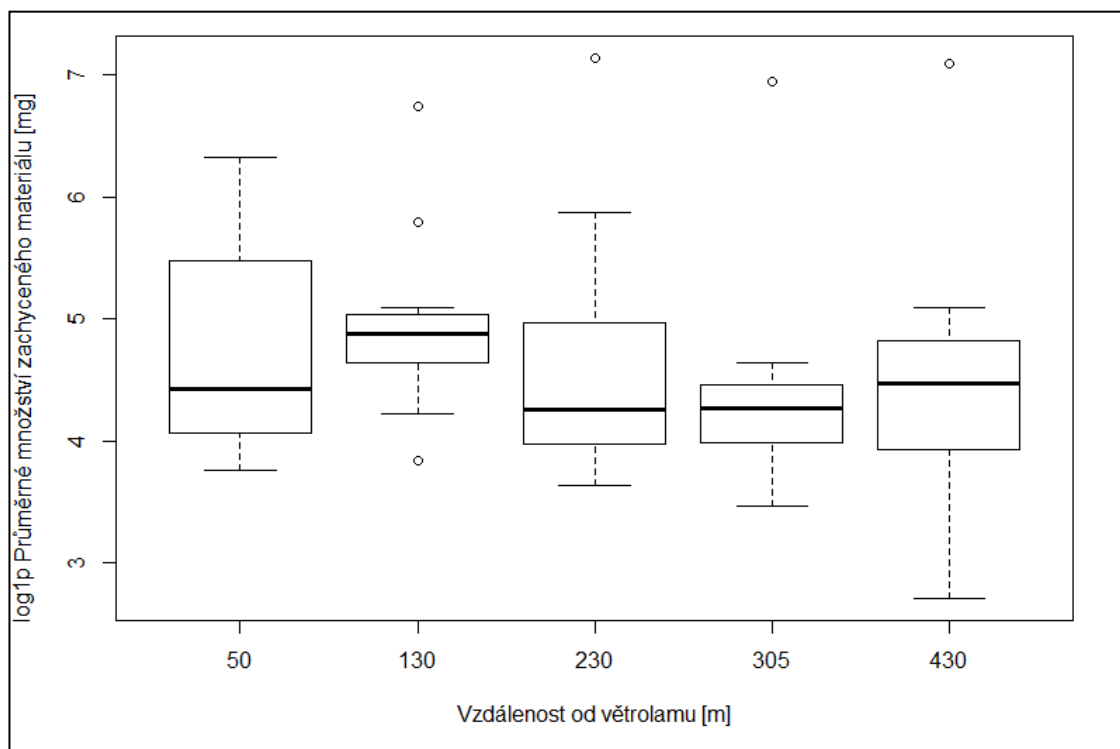
Obrázek 20 Množství zachyceného materiálu v závislosti na vzdálenosti od větrolamu za měsíc

Na Obrázku 21 jsou celková množství zachyceného materiálu za dvanáct měsíců pro všechny výškové úrovně daného deflametru. Nejvíce materiálu bylo zachyceno na deflametru D, který byl instalován od větrolamu 130 m. Druhé nejvyšší množství je patrné na deflametru A, který byl umístěn ve vzdálenosti 430 m. Nejmenší množství je patrné u deflametru E vzdáleného 305 m.



Obrázek 21 Celkové průměrné množství zachyceného materiálu na jednotlivých deflametrech

Boxploty vytvořené v rámci explorační analýzy znázorňující rozložení dat ukazují, že mezi jednotlivými vzdálenostmi deflametrů od větrolamu patrně nejsou žádné významné rozdíly (Obr. 22). Kategorie byly následně testovány analýzou variance (ANOVA), jejíž výsledky ukazují, že mezi kategoriemi nejsou žádné statisticky významné rozdíly ($F=0,06$; $p=0,99$).



Obrázek 22 Boxploty znázorňující deflametry a průměrné množství zachycených částic v různých vzdálenostech od větrolamu. Data byla pro lepší vizualizaci logaritmována přirozeným logaritmem $\log(x+1)$.

5. Diskuse

5.1. Průměrné množství zachyceného materiálu ve výškových úrovních

Ve výškové úrovni 15 cm nad zemí jsou u většiny deflametrů nejvyšší hodnoty během listopadu (Obr. 14). Mohlo to být způsobeno tím, že v tomto měsíci byla zemědělská plocha bez vegetace a zároveň chyběla sněhová pokrývka. Dále na to mohla mít vliv vyšší rychlost větru (Tab. 3), protože mezi erodovatelností půd a rychlostí větru existuje lineární závislost (Dufková 2007). Navíc unášecí síla v závislosti na rychlosti větrného proudu je jedna z nejdůležitějších aspektů větrné eroze (Janečka et al. 2012). Také probíhala na západní straně větrolamu zemědělská činnost, která mohla vést ke zvýšené prašnosti, která podporuje větrnou erozi (Buschiazzo, Colazo 2010).

V této výškové úrovni jsou viditelné vyšší hodnoty během dubna, května, listopadu, prosince, ledna a února. V červenci je hodnota zvýšená nejspíše drobnými organismy, které se do nádob mohly dostat jak pasivně, tak aktivně. Organismy byly nalezeny téměř v každé zachytné nádobě. Z nádob byly odstraněny před vysušením a vážením v laboratoři, přesto mohlo dojít k navýšení množství částic v nádobě. V ostatních případech to je ovlivněno nízkým porostem a vyšší rychlostí větru (Tab. 3). Výrazně vyšší hodnoty jsou patrné v říjnu u deflametrů B a E a v lednu u deflametrů C a D. U deflametru B a E byly v nádobách zachyceny drobné organismy, které mohly nadhodnotit výsledek. Nejnížší hodnoty jsou patrné během srpna a září, kdy byly zemědělské plochy zarostlé pěstovanými plodinami. Tři deflametry byly umístěny na polích s kukuřicí (*Zea sp.*), která dosahovala výšky přes 2 m.

Na výškové úrovni 50 cm nad povrchem je také znatelné zvýšené množství zachycených částic v listopadu (Obr. 15). Důvody mohou být obdobné jako u výškové úrovně 15 cm nad povrchem. Dále jsou viditelné zvýšené hodnoty během dubna, května, října a následně v lednu a únoru. V zimním období má na množství zachycených částic vliv chybějící sněhová pokrývka a nulový rostlinný porost. Jistý vliv na zachycení částic má i vyšší rychlost větru v zimním období (Tab. 3). Nejnížší hodnoty byly naměřeny v březnu, srpnu a prosinci. V srpnu je to způsobeno vysokým porostem pěstovaných plodin a v prosinci byl vyšší úhrn srážek (Tab. 5) než je dlouhodobý normál. Tento klimatický činitel ještě společně s teplotou mají na větrnou erozi velký vliv (Janečka et al. 2012). Půda byla vlhčí a taková půda je těžší a lépe tak odolává účinkům větru (Dufková 2007).

Také ve výškové úrovni 100 cm nad zemí byly naměřeny zvýšené hodnoty v listopadu (Obr. 16). Pravděpodobně je to ze stejných důvodů jako v předešlých případech. Zvýšená hodnota u deflametru D během března je pravděpodobně kvůli zachycení drobného organismu v nádobě. Na vyšší hodnoty během měsíců dubna a října má vliv nízký vegetační pokryv, nižší úhrny srážek společně s vyšší teplotou (Tab. 5 a 6). Půda byla více vysušená, lehčí. Dalším důvodem je pravděpodobně i občasné zachycení drobných organismů do nádob. V květnu a červnu už byl vyšší porost pěstovaných plodin, který chránil povrch, ovšem rychlosti větru byly nízké, takže půdní materiál nebyl odnášen daleko, ale sedimentoval v blízkosti větrolamu. Toto ukazuje na vyšší hodnoty během těchto měsíců. Nižší hodnoty v letních měsících jsou z důvodu vysokého porostu.

I u výškové úrovně 150 cm nad povrchem se nejvyšší hodnoty objevily během listopadu (Obr. 17). Opět lze předpokládat, že je to z obdobných důvodů jako u předcházejících výškových úrovní. U deflametrů A jsou patrné výkyvy během dubna a března. V zachytných nádobách byly nalezeny drobné organismy, což pravděpodobně vedlo k nadhodnocení naměřených hodnot. V případě března by vyšší hodnota mohla být i z hlediska jižního převládajícího směru větru, protože se deflametr A nacházel na návětrné straně větrolamu. Nejnížší hodnoty jsou patrné v měsících červenec, srpen a září. Důvodem může být vysoký porost plodin. Na východní straně byla pěstována kukuřice (*Zea sp.*), která přesahovala 2 metry. Její výšky byla větší než výška deflametrů A, B a C. V říjnu, lednu a únoru jsou viditelné zvýšené hodnoty průměrného zachycení množství částic. Tyto měsíce již nebyl na polích žádný rostlinný pokryv a chyběla i sněhová pokrývka, navíc v říjnu probíhala na zemědělských plochách zemědělská činnost. Během ledna byla teplota pod bodem mrazu (Tab. 6), což mohlo mít za následek vznik mrazových puklin a během října a února byly nižší úhrny srážek (Tab. 5), které mohly vést ke zvýšení intenzity větrné eroze.

Zemědělská činnost a zpracování půdy mohou mít za následek přeměnu neerodovatelné frakce na erodovatelné agregáty (Buschiazzo, Colazo 2010). To vede ke zvýšeným hodnotám během jarních a podzimních měsíců, ve kterých se provádí např. orba, setí. Z obrázků č. 14, 15, 16, a 17 jsou tyto výsledky patrné v měsících dubnu, květnu, říjnu a listopadu v případě všech výškových úrovní.

Během listopadu se na všech sledovaných deflametrech, ve všech úrovních a ve všech vzdálenostech objevily výrazně vyšší hodnoty než v jiných měsících (Obr. 14, 15, 16, 17 a 21). Důvody mohou být nulový vegetační pokryv, žádná sněhová

pokrývka, vysoká rychlost větru (Tab. 3) případně další meteorologické faktory a jejich kombinace. Během listopadu byl totiž i nižší úhrn srážek, než je dlouhodobý normál (Tab. 5) a vyšší teplota (Tab. 6) a plochy byly tudíž sušší a náchylnější k erozi. Dále probíhala na západní straně větrolamu agrotechnická činnost.

Ve výškových úrovních 50, 100 a 150 cm nad zemí byly zjištěny nižší hodnoty během prosince (Obr. 15, 16, 17). To neodpovídá předpokladu. V prosinci byl nulový vegetační pokryv, žádná sněhová pokrývka, vály jihozápadní větry a rychlost větru patří k těm vyšším (Tab. 3 a4). Ovšem v tomto měsíci byl vyšší úhrn srážek než dlouhodobý normál (Tab. 5), což mohlo potlačit zvýšenou prašnost a snížit intenzitu větrné eroze.

Nejvíce materiálu bylo během měřené sezóny v součtu všech deflametrů zachyceno na nejnižší úrovni a to 15 cm nad povrchem (Obr. 18). Toto odpovídá předpokladu i podobným experimentům (Dufková, Lackóová 2014). V nejnižší úrovni jsou totiž transportována i větší zrna, která se dostanou až do výšky 30 cm při určitých rychlostech větru (Tatarko 2001).

5.2. Průměrné množství zachyceného materiálu v závislosti na vzdálenosti od větrolamu

Nejvyšší průměrné zachycené množství částic je patrné u deflametru D (Obr. 21). Ten byl umístěn na západní straně větrolamu. Z meteorologických podmínek lze předpokládat, že na to měly vliv převládající západní a jihozápadní směry větrů (Tab. 4). Ke zpomalení proudění vzduchu totiž dojde až za větrolamem, kde se zvýší vlhkost půdy, a tudíž se zvýší i odolnost vůči erozi částic (Dufková 2007). Tento deflametr byl také umístěn na poli, kde se ve sledovaném období pěstovala řepa (*Beta sp.*). Malá výška této plodiny pravděpodobně výrazně ovlivňovala zachycování částic. Také kolem tohoto stanoviště nevyrostla žádná jiná vyšší vegetace, než byla zemědělci cíleně pěstovaná řepa (*Beta sp.*). Dalším důvodem zvýšených hodnot mohou být drobné turbulence, které se vytváří kvůli vlastnostem samotného neproudovaného větrolamu v jeho blízkosti.

Druhá nejvyšší hodnota byla naměřena u deflametru A (Obr. 21) Tato hodnota byla očekávána, protože dle předpokladu se intenzita větrné eroze zvyšuje s rostoucí vzdáleností od větrolamu a deflametr A byl instalován v největší vzdálenosti, 430 m východně od větrolamu (Obr. 8).

Na Obrázku 21 je vidět, že nejnižší zachycené průměrné množství částic bylo zjištěno u deflametru E vzdáleného 305 m. Ten se nacházel ve druhé nejvzdálenější lokalitě a zároveň byl na západní straně větrolamu (Obr. 8), kde byly naměřeny během devíti z dvanácti sledovaných měsíců převládající západní a jihozápadní směry větru (Tab. 4). Dalo se tedy očekávat, že zde budou hodnoty vyšší, a to nejen kvůli převládajícím směrům větrů, ale také z důvodu pěstování nižší plodiny, řepy (*Beta sp.*). Ovšem během vegetační sezóny vyrůstal v blízkosti odběrového bodu plevelný porost, který měl výšku cca 100 cm, což mohlo zapříčinit menší množství zachycení materiálu v deflametru E. Plevelný porost byl likvidován každý měsíc při výměně nádob. Dalším důvodem nižšího množství může být vliv dalšího větrolamu na západ od deflametru E.

Během osmi měsíců sledovaného období (duben, květen, červen, červenec, srpen, říjen, prosinec, únor) je patrné nejvyšší průměrné množství zachyceného materiálu deflametrem A (Obr. 20). Ten byl umístěn 430 m od větrolamu na východ, tedy v největší vzdálenosti (Obr. 8), což odpovídá předpokladu. Navíc neproudový větrolam má schopnost brzdit rychlost větru na nižší vzdálenost než jiné typy větrolamů.

Během března a listopadu byly naměřeny nejvyšší hodnoty u deflametru D (Obr. 20). Ten byl sice upevněn ve větší blízkosti k větrolamu (130 m), ovšem jeho stanoviště se nacházelo západním směrem (Obr. 8), tedy ve směru převládajících směrů větrů po většinu sledované sezóny (Tab. 4). Také kolem tohoto deflametru nebyla v měsících březen, duben, říjen, listopad, prosinec a leden žádná plevelná vegetace a během května až září byla pěstovaná plodina do maximální výšky cca 50 m na rozdíl od deflametrů na východní straně větrolamu, kde vegetace dosahovala výšky nad 2 m. Dalším důvodem zvýšeného množství na tomto deflametru mohou být drobné turbulence, které se vytváří kvůli vlastnostem samotného neproudového větrolamu v jeho blízkosti (Pasák et al. 1984).

V měsících září a leden si můžeme všimnout, že nejvyšší průměrné množství částic bylo zachyceno na deflametru C (Obr. 20). Ten byl umístěn nejbližší větrolamu, 50 m od větrolamu na východ (Obr. 8). Toto zjištění je zajímavé, protože zde vály převládající směry větrů pouze tři měsíce sledované sezóny, upevnění bylo v blízkosti větrolamu a kolem deflametru rostla jako pěstovaná plodina kukuřice (*Zea sp.*), která dorostla výšky přes 2 metry. V září mohlo dojít ke zkreslení kvůli znehodnocení vzorku tím, že se v nádobě zachytil drobný organismus, který ho mohl nadhodnotit. Během ledna byla v dané oblasti naměřena nejvyšší rychlost větru (Tab. 3). Dle předpokladu větrolam zpomaloval rychlý proud vzduchu a tím mohlo dojít ke zvýšené sedimentaci částic v nejbližším okolí. Navíc neproudový větrolam způsobuje občasné turbulence v jeho těsné blízkosti, což mohlo také přispět ke zvýšeným hodnotám (Pasák et al. 1984). Dalším faktorem může být to, že během zimních měsíců nemají stromy a keře ve větrolamu listy a jeho funkčnost není taková jako v měsících, kdy je mají. Z hlediska účinnosti větrolamu je důležitá jeho vnitřní struktura, tudíž uspořádání listů, větví, kmenů apod. ve větrolamu (Brandle, Hodges, Zhou 2004).

Všeobecně je patrný nárůst u všech deflametrů během listopadu (Obr. 14, 15, 16, 17 a 20). V tomto období byly zemědělské plochy bez vegetace a zároveň bez sněhové pokrývky. Vál jihovýchodní vítr (Tab. 4) a rychlost větru byla 4,03 m/s (Tab. 3). Tato rychlost je jedna z těch vyšších, která byla během sledovaného období v oblasti Tasovic naměřena a mohla by tak pomoci vysvětlit vyšší nárůst průměrného zachyceného množství částic. Rychlejší vítr byl zbrzděn větrolamem a docházelo tak k sedimentaci částic v jeho okolí. Dalším faktorem, proč během tohoto měsíce bylo zachyceno větší množství částic, může být i nižší úhrn srážek (Tab. 5) a agrotechnická činnost na západní straně větrolamu.

5.3. Statistické vyhodnocení

V rámci explorační analýzy, pomocí boxplotů, bylo zjištěno, že data nemají normální rozdělení a nejsou patrné významné rozdíly. Při následném testování analýzou variance (ANOVA) výsledky ukázaly, že mezi průměrným množstvím zachyceného materiálu a výškovými kategoriemi a mezi průměrným množstvím zachyceného materiálu a vzdáleností deflametrů od větrolamu nejsou žádné statisticky významné rozdíly (Obr. 19, Obr. 22). Významné rozdíly nebyly pravděpodobně prokázány z důvodu nízkého počtu opakování měření. V případě většího počtu deflametrů v terénu by bylo možné, že by se rozdíly projeví. Jiným důvodem může být ne příliš vhodně nastavený design umístění deflametrů v terénu. V dané oblasti se také nachází další větrolamy, které pomáhají snižovat větrnou erozi. To může být důvodem neprokázání statisticky významných rozdílů. Jiným vysvětlením, proč nejsou patrné statistické rozdíly, může být to, že větrolamy natolik zpomalují proudění vzduchu, a to se projevovalo až do vzdálenosti, které odpovídá nejvzdáleněji umístěný deflametr, tedy deflametru A ve vzdálenosti 430 m.

Dále mohly být rozdíly výrazně sníženy kvůli pěstovaným plodinám na zemědělských plochách, řepa (*Beta sp.*) a kukuřice (*Zea sp.*). Porost ovlivňuje transport částic a snižuje rozdíly mezi odběrovými horizonty. Také meteorologické faktory (převládající směry větru, rychlosti větru, úhrny srážek či teplota) a jejich vzájemné kombinace mohly ovlivnit množství zachycených částic. Ovšem větrolam by měl být dostatečně účinný, protože splňuje základní parametry, jako jsou doporučená výška (Chaulya et al. 2000) i vzdálenost stromů (Atem 2016). Na druhou stranu je větrolam narušen mezerami pro vedení vysokého napětí, čímž se narušuje jeho funkčnost, což také mohlo ovlivňovat transport částic, a tudíž neprokázání statisticky významných rozdílů (Podhrázká et al. 2008, Rajnoch 2006).

Přesněji by se dal vyjádřit vliv převládajícího směru větru na zachycení průměrného množství materiálu v případě lepšího designu umístění deflametrů. Vítr je totiž z hlediska větrné eroze nejdůležitější složkou skrz unášení velkých, ale i nejmenších částic (Janečka et al. 2012). Na každé straně větrolamu by jich musel být stejný počet a musely by se nacházet ve stejné vzdálenosti od větrolamu. V takovém případě by bylo možné statisticky významnější porovnání, jestli je na návětrné straně větrolamu vyšší intenzita větrné eroze než na závětrné straně a obě strany ještě porovnat s podobnou lokalitou bez větrolamu. Taková situace ovšem nebyla technicky řešitelná.

V rozlehlých zemědělských polích bylo možné instalovat pasivní deflametry pouze v prostorách mezi sloupy vysokého napětí. Upevnění do otevřených ploch tak, aby byly přesně definované porovnávací vzdálenosti, nebylo možné kvůli zemědělské činnosti během roku. Deflametry by byly překážkou agrotechnické činnosti a omezovaly by pohyb techniky na polích a došlo by k jejich poškození či úplné likvidaci. Dle zkušeností je možné, že by došlo k odstranění a poničení deflametrů, pokud by byly překážkou v terénu (Hekera 2020).

Upevnění deflametrů mezi sloupy vysokého napětí bylo ideálním řešením. Zde nehrozila devastace zemědělskými stroji ani jinými osobami a neomezovaly práci zemědělců a majitelů polí. Další nevýhodou těchto stanovišť pro upevnění deflametru se ovšem stal okolní porost. Po sklizení pěstovaných plodin, kdy se obnažila pole, se v blízkosti sloupů udržovala vyšší vegetace, která mohla ovlivňovat zachycování materiálu v deflametru, a o kterou se zemědělci nestarali. Při měsíční výměně zachycovacích nádob docházelo k likvidaci této vegetace, ale do další výměny stihla opět dorůst. Zemědělské plochy bez vegetace nebo posklizňových zbytků jsou náchylné k erozi a zvyšuje se intenzita unášení částic. V případě vyššího rostlinného porostu kolem deflametrů lze očekávat snížení zachyceného množství materiálu.

5.4. Opatření proti větrné erozi

Řešení problematiky větrné eroze a aplikace protierozních opatření je důležité. Větrná eroze ohrožuje cca 18 % území ČR a skoro 30% výměry orně půdy (Cmszp2020). Důležité je se problémem zabývat na celorepublikové úrovni i na lokální úrovni. Obecné nástroje, které slouží k ochraně půdy před větrnou erozí, spočívají ve snaze o zvýšení drsnosti povrchu, stabilizaci půdy a ve snížení rychlosti větru.

Základní dělení protierozních opatření je na organizační, agrotechnická a technická dle ČSN 75 4500. Do technických nebo také biotechnických opatření patří zábrany, pásy zeleně, ochranné lesní pásy a větrolamy aj. Velice důležité je tato opatření zapojovat do ÚSES a do komplexních pozemkových úprav. Opatření tak následně mohou plnit funkci nejen protierozní, ale také krajinnotvornou. Biokoridory vymezené v rámci ÚSES pak lze začlenit do protierozních opatření př. aleje, či břehové porosty (Is.mendelu 2020). K agrotechnickým opatřením patří ideální vlhkostní režim půd, ochranné obdělávání či správná struktura půdy. Mezi organizační opatření patří úprava tvarů a velikostí pozemků, pěstování vhodných plodin jejich pásové střídání více viz kapitola 1.4. Ochrana půdy před větrnou erozí.

Důležitá je i volba správných politických strategií a vhodná legislativní opatření. Náš stát má relativně dobrou právní ochranu půdy. Mezi důležité zákony na ochranu půdy patří např. zákon č. 334/1992 Sb. zákon České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu, zákon č. 139/2002 Sb. zákon o pozemkových úpravách a pozemkových úradech a mnoho dalších více viz kapitola 1.6. Legislativní opatření.

Jak již bylo zmíněno. Řešení větrné eroze je celosvětovým problémem a zabývá se jím celá Evropa včetně našeho státu. Bylo zřízeno mnoho institucí, které proti tomuto problému bojují. Mezi ně patří např. Evropská agentura pro životní prostředí, Středisko údajů o půdě či Evropský půdní úřad aj. více viz kapitola 1.6. Legislativní opatření v ČR a 1.7. Mezinárodní ochrana půdy.

Důležité je větrnou erozi neustále sledovat, monitorovat, mapovat a vyhodnocovat erozní ohroženost půd. Půdní a meteorologické faktory nám pomáhají vymezit oblasti, které jsou náchylné k erozi. Dále se nesmí zapomenout na hodnocení účinnosti jednotlivých opatření i politických strategie, aby mohlo docházet k jejich neustálému zlepšování a zvyšování efektivity.

6. Závěr

Tato práce byla zaměřena na sledování větrné eroze na plochách, které jsou využívány k zemědělské produkci nacházející se v katastru obce Tasovice u Znojma. Hlavním cílem bylo posoudit faktory, které mohou ovlivňovat zachycování částic v různých výškových úrovních nad zemí (15, 50, 100 a 150 cm) a v různých vzdálenostech od neproudového větrolamu (50, 130, 230, 305 a 430 m) na pěti pasivních deflametrech. Mezi tyto faktory patří převládající směry větru a jeho rychlost, teplota, srážky, porost či zemědělská činnost. Dále byla získaná data vyhodnocena, jestli existují statisticky významné rozdíly mezi průměrným množstvím zachyceného materiálu a výškovou úrovní nad povrchem země. Stejně vyhodnocení proběhlo i pro průměrné zachycené množství částic v závislosti na vzdálenosti pasivních deflametrů od neproudovaného větrolamu.

Nejvíce zachyceného materiálu bylo během sledované sezóny v součtu všech pěti pasivních deflametrů zjištěno na nejnižší úrovni a to 15 cm nad povrchem. To odpovídá předpokladu, že u povrchu země jsou unášeny i větší a těžší částice. V případě závislosti zachyceného průměrného množství částic na vzdálenosti bylo nejvyšší množství zachyceného materiálu na deflametru D vzdáleném 130 m od větrolamu. Tento deflametr byl instalován na západní straně větrolamu, kde devět měsíců sledovaného období vály převládající směry větru, a to západní a jihozápadní. Dalším důvodem je nízký porost v jeho okolí. Vysoké hodnoty byly také na deflametru A v největší vzdálenosti od větrolamu, tedy 430 m. Tento výsledek také odpovídá předpokladu. Se vzdáleností od větrolamu klesá jeho schopnost snižovat intenzitu větrné eroze.

Na množství zachycených částic má vliv mnoho faktorů. Mezi tyto faktory patří převládající směry větrů. Z výsledků je patrné, že i v blízkosti větrolamu, který větrnou erozi snižuje, bylo zachyceno větší množství materiálu v případě umístění deflametru na návětrné straně větrolamu. Důležité je i množství srážek, které ovlivňují vlhkost půdy a teplotu. Nízké úhrny srážek a vysoké teploty mohou způsobit nadměrné vysušení, což má za následek rozrušení povrchu a snadnější odnos částic. Stejný vliv má na půdu i mráz. V obou případech je to ovlivňováno také pokryvem. Je-li na plochách vegetace nebo posklizňové zbytky či sněhová pokrývka, tak je toto riziko snižováno. Prašnost je také zvýšena agrotechnickou činností. V kombinaci se zemědělskými

pracemi, suchem, nulovým porostem či vysokými rychlostmi větru se intenzita větrné eroze zvyšuje.

Data jsem následně posoudila explorační analýzou. Boxploty znázorňující rozložení dat ukazují, že mezi jednotlivými výškovými kategoriemi a množstvím průměrného zachyceného materiálu nejsou patrné statisticky významné rozdíly. Obdobný výsledek je i u vzdáleností deflametrů od větrolamu. V obou případech to potvrdila i analýza variance (ANOVA). Při větším množství dat by byla možná detailnější statistická analýza, která by případně mohla potvrdit statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými kategoriemi. Neprokázání statisticky významných rozdílů nám pravděpodobně ukazuje, že větrolamy v dané oblasti jsou účinné a pomáhají snižovat větrnou erozi.

V terénu je třeba instalovat deflametry na místa, která nebudou ohrožena agrotechnickou činností, jinak by došlo k jejich poničení až odstranění, proto jich nebylo instalováno více. V případě porovnání zachyceného množství materiálu na návětrné a závětrné straně by bylo třeba instalovat zařízení ve stejných vzdálenostech. Toto terén neumožňoval ze stejných důvodů.

Tato práce by mohla být dobrým výchozím bodem pro další výzkum. Vyplývá z ní, že je třeba instalovat více deflametrů v terénu pro zajištění vyššího počtu opakování měření a pro detailnější statistickou analýzu. Dále je třeba zajistit stejné vzdálenosti umístění zařízení od větrolamu a jejich stejný počet na každou stranu, aby bylo možné významně vyhodnotit vliv převládajícího směru větru. Zlepšením by také bylo zajištění meteostanice na výzkumných plochách pro přesné meteorologické údaje. Z práce také vyplývá a potvrzuje to, že na větrnou erozi má velký vliv převládající směr větrů, vlhkost, vegetace a agrotechnická činnost. Na všechny tyto faktory je nutné a důležité brát ohled při protierozních opatření. Dále je také pravděpodobné, že statistické neprokázání významných rozdílů poukazuje na to, že v dané oblasti mají větrolamy pozitivní vliv na větrnou erozi a snižují její intenzitu.

7. Literatura

AGEREH S R. KIANI F. KHAVAZI K. ROUHIMPOURH. KHORMALI F. 2019. An environmentally friendly soil improvement technology for sand and dust storms control. *Environmental Health Engineering and Management Journal*. 6(1)63-471.

ANTAL J. 2005. Protierózná ochrana pôdy. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre vo vydavateľstve SPU. 79 s.

ATEM – ateliér ekologických modelů s.r.o. 2016. Metodika pro kvantifikaci efektu výsadb vegetačních bariér na snížení koncentrací suspendovaných částic. 190 s.

Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/doprava/\\$FILE/000-metodika_vypocty-20190708.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/doprava/$FILE/000-metodika_vypocty-20190708.pdf)

BARRING L. JONSSON J P. MATTSSON O J. AHMAN R. 2003. Wind erosion on arableland in Scania, Sweden and the relation to the wind climate-a review. *Catena*. 52:173-190.

BIČÍK I. et al. 2009. Půda v České republice. Praha: Consult. 255 s.

BORRELLI P. PANAGOS P. BALLABIO C. LUATO E. WEYNANTS M. LUCA M. 2014a. Towards a pan-european assessment of land susceptibility to wind erosion. *Land degradation & development*. 27(2016):1093-1105.

BORRELLI P. BALLABIO C. PANAGOS P. MONTANARELLA L. 2014b. Wind erosion susceptibility of European soils. *Geoderma*. 232-234 (2014) 471-478.

BRANDLE J. R. et al. 2004. Windbreaks in North American agricultural systems. *Agroforestry systems*. 61:65-78.

COLAZO J C. BUSCHIAZZO D E. 2010. Soil dry aggregate stability and wind erodible fraction in a semiarid environment of Argentina. *Geoderma*. 159(2010) 228-236.

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. 2019. Meteorologická data, Kuchařovice.

DANDOVÁ M. 2007. Vegetační prvky s převažujícími půdoochrannými funkcemi (protideflační a břehoochrannou). Bakalářská práce. Lednice. 67 s.

DEMEK J. MACKOVČIN P. 2006. Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. Brno: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. 582 s.

DUFKOVÁ J. 2007. Vliv větrolemů na větrnou erozi. Ústav aplikované a krajinné ekologie, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 5 s.

DUFKOVÁ KOZLOVSKY J. LACKOOVÁ L. 2014. Methods of erosion research induced by occurrence of strong wind. Mendel University in Brno, Slovak University of Agriculture in Nitra. 16 s.

FRYREAR D W. KRAMMES C A. WILLIAMSON D I. ZOBECK T M. 1994. Computing the wind erodible fraction of soils. J. Soil Water Conserv. 49(1994):183-188.

GÁBRIŠ L. et al. 1998. Ochrana a tvorba životného prostredia v poľnohospodárstve. Nitra: SPU. 430 s.

HEKERA P. 2020. Ústní sdělení.

HUANG J. YU H. GUAN X. WANG G. GUO R. 2016. Accelerated dry land expansion under climate change. Nat. Clim. Chang. 6:166–171.

HŮLA J. JANEČEK M. KOVAŘÍČEK K. BOHUSLÁVEK J. 2003. Agrotechnická opatření. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. 51 s.

CHAPPELL A. WEBB P N. GUERSCHMAN J P. THOMAS D T. MATA G. HANDCOCK N R. LEYS F L J. BUTLER H J. 2018. Improving ground cover monitoring for wind erosion assessment using MODIS BRDF parameters. *Remote Sensing of Environment* 204(2018):756-768.

CHAULYA S K. CHAKRABORTY M K. SINGH R S. 2000. Air pollution modelling for a proposed limestone quarry. *Central Mining Research Institute*. 126(2001):171-191.

JANEČEK M. et al. 2002. Ochrana zemědělské půdy před větrnou erozí. Praha: ISV nakladatelství. 201 s.

JANEČEK M. et al. 2012. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha: Česká zemědělská univerzita Praha. Fakulta životního prostředí. 113 s.

KYSELKA I. 2000. Možnosti využití liniové zeleně pro zlepšení obrazu krajiny. Aspekt rekreačního potenciálu krajiny. Obnova liniové zeleně v krajině: sborník přednášek ze semináře 8. 6. 2000. Brno: MZLU. 109 s.

LITSCHMANN T. ROŽNOVSKÝ J. 2005. Optická hustota (porozita) větrolamu a její vliv na charakter proudění. *Bioklimatologie současnosti a budoucnosti*. Česká bioklimatologická společnost v nakladatelství ČHMÚ. 91 s.

MENKE P. et al. 2008. Bäume und Pflanzen lassen Städte Atmen-Schwerpunkt-Feinstaub: Forum DIE GRÜNE STADT.

Dostupné z: <https://www.die-gruene-stadt.de/baeume-und-pflanzen-lassen-staedte-atmen.pdf>

NOVÁČEK P. 2010. Udržitelný rozvoj. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 430s.

PANAGOS P. MEUSBURGER K. BALLABIO C. BORRELLI P. ALEWELL CH. 2014. Soil erodibility in Europe: A high-resolution data set based on LUCAS. *Science of the Total Environment*. 479-480 (2014):189-200.

PANAGOS P. LIEDEKERKE V M. JONES A. MONTANARELLA L. 2010. European Soil Data Centre: Response to European policy support and public data requirements. *Land Use Policy*. 29(2012):329-338.

PASÁK V. et al. 1984. *Ochrana půdy před erozí*. Praha. Státní zemědělské nakladatelství. 164 s.

PODHRÁZKÁ J. NOVOTNÝ I. ROŽNOVSKÝ J. HRADIL M. TOMAN F. DUFKOVÁ J. MACKŮ J. KREJČÍ J. POKLADNÍKOVÁ H. et. STŘEDA T. 2008. *Optimalizace funkcí větrolamů v zemědělské krajině*. Metodika. Praha. VÚMOP. 81 s.

QUITT E. 1971. *Klimatické oblasti Československa*. Praha: Academia. 73 s.

RAJNOCH M. 2006. Zásady výběru dřevin pro ochranné lesní pásy. *Zahradnictví*. 3:76-79 s.

RAKKAR M K. BLANCO-CANQUI H. TATARKO J. 2019. Predicting soil wind erosion potential under different corn residue management scenarios in the central Great Plains. *Geoderma*. 353 (2019) 25-34.

RIKSEN M J P M. GRAAFF DE J. 2001. On-site and off-site effects of wind erosion on european light soils. *Land degradation & development*. 12:1-11.

SAADOUD D. HASSANI M. PEINADO F J M. GUETTOUCHE M S. 2018. Application of fuzzy logic approach for wind erosion hazard mapping in Laghouat region (Algeria) using remote sensing and GIS. *Aeolian Research*. 32(2018):24-34.

SALAŠOVÁ A. 2000. Liniové vegetační prvky z pohledu krajinného plánu. *Obnova liniové zeleně v krajině: sborník přednášek ze semináře*. Brno: MZLU. 88-93 s.

SANTRA P. MOHARANA P C. KUMAR M. SONI M I. PANDEY C B. CHAUDHARI S K. SIKKA A K. 2017. Crop production and economic loss due to wind erosion in hot arid ecosystem of India. *Aeolian Research*. 28(2017):71-82.

SHAO Y. 2008. Physics and Modelling of Wind Erosion. Atmospheric and Oceanographic Sciences Library. Springer. Univerzity of Cologne. 451 s.

SKLENIČKA P. 2003. Základy krajinného plánování. Praha: Nakladatelství Naděžda Skleničková. 321 s.

SOBÍŠEK B. et al. 1993. Meteorologický slovník – výkladový a terminologický. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky. 594 s.

SUPUKA J. 1993. Funkcie zelene v poľnohospodárskej krajine a zásady voľby dendrologickej štruktúry. Funkční zeleň v krajině: sborník referátů. Brno: Vysoká škola zemědělská v Brně. 11-19 s.

ŠARAPATKA B. et al. 2010. Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Olomouc. 440 s.

ŠARAPATKA B. 2014. Pedologie a ochrany půd. Olomouc. 232 s.

TATARKO J. 2001. Soil aggregation and wind erosion: processes and measurements. Annals of Arid Zone. 40(3):251–263.

TOLASZ R. et al. 2007. Atlas podnebí. Praha. Český hydrometeorologický ústav. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 255 s.

TRNKA P. 2000. Ekologický a estetický význam liniové zeleně – větrolamy a živé ploty. Obnova liniové zeleně v krajině. Sborník přednášek a semináře. Brno: MZLU. 80-87 s.

ZOU X Y. ZHANG CH. CHENG H. KANG L. WU Y. 2014. Cogitation on developing a dynamic model of soil wind erosion. Science China. Earth Sciences. 58(2015):462-473.

INTERNETOVÉ ZDROJE

Biogeografie – Multimediální výuková příručka. C2010. Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita. [Internet]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_com_1VS.html
[Internet]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/articles_091123_Zemedelec

Českomoravský svaz zemědělských podnikatelů. C2020. [Internet]. Dostupné z: <http://cmszp.cz/mze/2019/situacni-a-vyhledova-zprava-puda-2018/>

Český statistický úřad. C2019. [Internet]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-za0wri436p>

Český hydrometeorologický ústav. C2020a. [Internet]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>

Český hydrometeorologický ústav. C2020b. [Internet]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>

DOLEŽAL P. et al. C2017. Řízení rizik větrné eroze: certifikovaná metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., oddělení Pozemkových úprav a využití krajiny. Brno. 53s. [Internet]. Dostupné z: file:///F:/Materi%C3%A1ly%20%C5%A0kola/diplomka/%C4%8D%C3%A1nyk%20metodika+teorie/metodika_hodnoceni_rizika_vetrne_eroze.pdf

eAGRI-Půda. Ministerstvo zemědělství. C2009-2020. [Internet]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/vetrna-eroze-pudy>

eKatalog BPEJ. C2019. [Internet]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/00100>

Encyklopedie.vumop. C2019. [Internet]. Dostupné z:
https://encyklopedie.vumop.cz/index.php/TEORETICK%C3%89_MINIMUM_K_VODN%C3%8D_EROZI

Euroskop.cz. Věcně o Evropě. C2005-2020. [Internet]. Vláda České republiky.
 Dostupné z: <https://www.euroskop.cz/>

Evropská agentura pro životní prostředí. C2020. [Internet]. Dostupné z:
<https://www.eea.europa.eu/cs>

Geocaching. C2000-2020. [Internet]. Dostupné z:
https://www.geocaching.com/geocache/GC7X4E7_15-koralky-na-nitce-zlate-struzky-vtrolam?guid=4cc9db1d-0ad5-4774-b5ac-9f31aa59e77b

Geologické lokality. C2003-2012a. [Internet]. Česká geologická služba. Dostupné z:
<http://lokality.geology.cz/d.pl?item=7&id=752&Okres=ZN&vyb=1&text=Lokality%20v%20okresu>

Geologické lokality. C2003-2012b. [Internet]. Česká geologická služba. Dostupné z:
lokality.geology.cz/3948

Mapy.cz. C2020. [Internet]. Dostupné z:
<https://mapy.cz/zakladni?x=16.1537171&y=48.8379424&z=13&source=muni&id=6111>

Mendelova Univerzita v Brně. C2020. [Internet]. Dostupné z:
https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=52428

Oficiální stránka obce Tasovice. C2020. [Internet]. Dostupné z:
<https://www.tasovice.cz/historie/>

Veřejný registr půd. LPIS. C2020. [Internet]. Dostupné z:
<http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, v. v. i. C2020a. [Internet]. Nabídka mapových a datových podkladů. Dostupné z: https://www.vumop.cz/sites/default/files/2016_katalogMap.pdf

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, v. v. i. C2020b. [Internet]. Dostupné z: <https://statistiky.vumop.cz/?core=account>

Technical Committees ISO/TC 190. Soil quality. C2020. [Internet]. Dostupné z: <https://www.iso.org/committee/54328.html>

Zákony pro lidi. C2010-2020a. [Internet]. AION CS, s.r.o. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-334>

Zákony pro lidi. C2010-2020b. [Internet]. AION CS, s.r.o. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-139>

Zákony pro lidi. C2010-2020c. [Internet]. AION CS, s.r.o. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2017-61>