

---

# Řízení rizika větrné eroze

## Certifikovaná metodika

---



  
knihovnicka.cz

ISBN 978-80-263-1158-4



Výzkumný ústav meliorací  
a ochrany půdy, v.v.i.

2017

# **Řízení rizika větrné eroze**

## **Certifikovaná metodika**

### **Řešitelský kolektiv:**

doc. Dr. Ing. Petr Doležal

doc. Ing. Jana Podhrázská, Ph.D.

Ing. Josef Kučera

Ing. Daniel Doubrava

doc. Ing. Hana Středová, Ph.D.

Ing. Tomáš Středa, Ph.D.

### **Konzultant:**

Ing. Jaroslav Krejčí

© Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.  
oddělení Pozemkové úpravy a využití krajiny

This edition © Tribun EU, s. r. o.

Brno, 2017

### ***Poděkování:***

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu č. QJ1220054 „Vliv změny klimatických faktorů na rozvoj procesů větrné eroze, koncepční řešení opatřeními pozemkových úprav“.

Publikování a využívání metodiky doporučil Státní pozemkový úřad (SPÚ) osvědčením č. 2/2017-SPU/O. Na základě tohoto doporučení vydává certifikovanou metodiku VÚMOP, v.v.i. na své náklady.

### ***Oponenti:***

Ing. Igor Kyselka, CSc., Národní památkový ústav Ing.

Radmila Grmelová, CSc. Státní pozemkový úřad

### ***Podíl autorů na zpracování metodiky:***

doc. Dr. Ing Petr Doležal 30 %

doc. Ing. Jana Podhrázká, Ph.D. 20 %

Ing. Josef Kučera 20 %

Ing. Daniel Doubrava 10 %

doc. Ing. Hana Středová, Ph.D. 10 %

Ing. Tomáš Středa, Ph.D. 10 %

Vydal Tribun EU, s. r. o.

Brno, 2017

ISBN 978-80-263-1158-4

# Obsah

<b>I. Cíl metodiky</b>	<b>1</b>
<b>II. Vlastní popis metodiky</b>	<b>2</b>
<b>1 Analýza a hodnocení rizika větrné eroze</b>	<b>2</b>
1.1 Definice rizika .....	3
1.1.1 Příčiny větrné eroze a popis projevů .....	3
1.1.2 Činitelé ovlivňující větrnou erozi .....	5
1.1.3 Antropogenní vlivy.....	7
1.1.4 Popis důsledků.....	7
1.1.5 Definice jednotky pro vyhodnocení rizika .....	9
1.2 Identifikace nebezpečí.....	9
1.3 Odhad a hodnocení rizika větrné eroze .....	9
1.4 Řízení rizika větrné eroze.....	9
1.5 Kontrola rizika .....	11
<b>2 Nová regionalizace území ohrožených větrnou erozí</b>	<b>12</b>
2.1 Mapa ohroženosti území na podkladě půdně-klimatických faktorů.....	12
2.1.1 Postup zpracování mapových vrstev .....	12
<b>3 Metody hodnocení účinnosti větrných bariér</b>	<b>21</b>
3.1 Stanovení ochranného účinku větrných bariér .....	21
3.1.1 Posouzení maximální tolerované délky pozemků ve směru převládajících větrů.....	22
3.2 Metoda kategorizace větrolamů .....	22
3.2.1 Metody hodnocení účinnosti větrolamů na základě optické porozity.....	26
<b>4 Hodnocení rizika větrné eroze</b>	<b>31</b>

4.1	Kategorizace míry rizika .....	31
4.2	Hodnocení ekonomické náročnosti návrhů proti větrné erozi .....	33
4.3	Ukázka vyhodnocení rizika větrné eroze a možností řízení rizika .....	35
4.3.1	Vyhodnocení rizika větrné eroze – příklad.....	35
4.3.2	Řízení rizika – příklad .....	43
<b>III.</b>	<b>Srovnání novosti postupů</b>	<b>46</b>
<b>IV.</b>	<b>Popis uplatnění</b>	<b>46</b>
<b>V.</b>	<b>Ekonomické aspekty</b>	<b>46</b>
<b>VI.</b>	<b>Literatura</b>	<b>47</b>
<b>VII.</b>	<b>Seznam publikací, které předcházely metodice</b>	<b>48</b>

## I. Cíl metodiky

Cílem metodiky je:

(i) analyzovat, vyhodnotit a popsat možnosti zmírnění rizika větrné eroze v podmínkách České republiky na zemědělsky obdělávaných pozemcích, při uvažování vlivu změny klimatických faktorů.

(ii) na základě analýzy procesu větrné eroze a analýzy jednotlivých faktorů definovat postupy hodnocení rizika větrné eroze.

(iii) definovat oblasti potenciálních závažných projevů větrné eroze a navrhnout postup řízení rizika opatřeními v pozemkových úpravách.

(iv) pro proces vyhodnocení a řízení rizika využít regionalizaci území ohrožených větrnou erozí na základě nových poznatků výzkumu, zejména s ohledem na vyhodnocení vlivu klimatických činitelů.

(v) popsat postup analýzy, definice a hodnocení míry rizika, popsat důsledky a možnosti řízení rizika v procesu pozemkových úprav.

(vi) v praktické části metodiky popsat metody stanovení vlivu trvalých vegetačních bariér na snížení rizika eroze a poznatky a zkušenosti s projektováním těchto prvků v rámci pozemkových úprav.

## II. Vlastní popis metodiky

### 1 ANALÝZA A HODNOCENÍ RIZIKA VĚTRNÉ EROZE

Obecně lze uvést, že riziko představuje určitou pravděpodobnost výskytu nežádoucího jevu a nepříznivých dopadů tohoto jevu na životy, zdraví, majetek nebo životní prostředí. Podrobněji o dané problematice pojednává např. Tichý (2006) nebo Říha a kol. (2005). Riziko představuje spolupůsobení nebezpečí, zranitelnosti a expozice. Pod těmito pojmy je možné prezentovat následující:

- *Nebezpečí* – je stav s potenciálem způsobit nežádoucí následky.
- *Zranitelnost* – je vlastnost objektu, která se projevuje v náchylnosti ke škodám jako důsledek malé odolnosti vůči působení extrémního zatížení a expozici.
- *Expozice* – je doba, po kterou je objekt vystaven působení nepříznivého jevu.
- V případě větrné eroze lze za *nebezpečí* považovat stav, kdy dochází vlivem vnějších vlivů k degradaci půdy, ke škodám na zemědělské produkci, k výraznému znečišťování ovzduší, transportu jemných prachových částic (deflace), které mohou způsobovat zdravotní problémy, narušovat pohodu bydlení v bezprostředně ohrožené zástavbě a celou řadu dalších nebezpečí, která mohou být s erozí spojena nepřímo.
- *Zranitelnost* si lze v případě větrné eroze představit jako stav půdy (pozemku), kdy erozní činitelé postupně spustí proces větrné eroze. Proces větrné eroze má tři fáze. První je uvedení půdních částic do pohybu, druhou je transport půdních částic a třetí je ukládání půdních částic. Podrobněji o procesu větrné eroze pojednávají např. Chepil (1958), Chepil a Woodruff (1954), Holý (1994) a další.
- *Expozice* v případě větrné eroze představuje dobu působení větru na půdní povrch, který je ve stavu, kdy jeho odolnost vůči působení větru je narušena a dochází tak k uvedení jemných půdních částic do pohybu.
- *Zranitelnost* i *expozice* jsou vzájemně provázány. Především vítr, ale i další činitelé jako jsou půdní vlastnosti, drsnost povrchu, vegetační kryt a délka území ve směru působení větru přímo ovlivňují expozici. Jejich určitá kombinace pak spustí proces větrné eroze. Ten pak po určitou dobu působí a degraduje půdní vlastnosti a způsobuje škody. Vzájemné provázání lze spatřovat v prohlubování negativních projevů větrné eroze vlivem dlouhotrvající *expozice*, při níž dochází k dalšímu

zvyšování *zranitelnosti*. Jednotlivé dílčí faktory, kromě působení větru, jsou výrazně ovlivňovány činností člověka, která může působit jak v pozitivním, tak v negativním vlivu na omezování či zvyšování *zranitelnosti*.

- Proces větrné eroze je velmi složitý, proto i analýza rizika a následně jeho řízení vyžaduje přijetí určitých zjednodušení. V rámci metodiky se omezujeme pouze na působení eroze na zemědělsky obdělávaných pozemcích v podmínkách ČR. Z možných nebezpečí se metodika omezuje na degradaci půdy a škody na zemědělské produkci. Těmto omezením je přizpůsobena metodika analýzy rizika a z ní vyplývající kontrola rizika.
- Při analýze rizika metodika vychází z popsaných metod stanovení intenzity větrné eroze. U těžkých půd vychází z původní metody, vyvinuté v rámci řešení projektu. Vždy se jedná o potenciální možnost výskytu. Vyhodnocování aktuálních, resp. měřených projevů naráží na problém velmi řídké monitorovací sítě a krátkou dobu měření.

## **1.1 Definice rizika**

### **1.1.1 Příčiny větrné eroze a popis projevů**

Z pohledu intenzity eroze v čase lze rozlišit dva druhy eroze. Jedná se o normální (geologickou) a (působením člověka) zrychlenou erozi. Geologická eroze probíhá přirozeně, postupně přetváří reliéf území a je v souladu s půdotvorným procesem.

Větrná eroze (eolická) vzniká mechanickou činností větru, který rozrušuje půdní povrch, odnáší uvolněné půdní částice a ukládá je na jiných místech (při poklesu energie vzdušného proudu). Větrná eroze je typickým jevem v aridních a semiaridních oblastech, ale i v humidních oblastech na vysychavých půdách nekrytých vegetací s nepříznivými fyzikálními vlastnostmi. Výskyt je častý tedy nejen v oblasti východní a jižní Evropy (kde jsou podmínky pro její vznik), ale i v mírném podnebí severozápadní Evropy (primárně ovlivňuje lehké půdy). Vlivem intenzivního zemědělství jsou zmenšovány plochy souvisle chráněné vegetačním pokryvem, čímž jsou iniciovány podmínky pro vznik zrychlené eroze.

Tab. 1 Pohyb půdních částic

Chronologicky		V závislosti na velikosti zrna
Deflace		Reptační
Transport		Saltační
Akumulace		Suspenzní

V zásadě jsou známy tři základní druhy transportu materiálu větrnou erozí:

- Reptační [lat. reptare = rolovat]
- Saltační [lat. saltare = skákavý]
- Suspenzní [lat. suspendere = vznášení se]

**Reptační transport materiálu** – tento druh transportu materiálu je relativně krátký, jen zřídka jsou částice půd transportovány dále než několik málo metrů. Pohybují se částice o velikosti 0,5 – 2,0 mm. Výsledkem ukládání částic jsou přesypy, čeřiny, barchany, duny.

**Saltační transport materiálu** – má u písčitých a dalších lehkých půd největší podíl na transportu materiálu větrem. V rámci tohoto druhu transportu jsou půdní částice vlivem vztlaku větru odpoutány od povrchu a podél parabolické dráhy se skákavým pohybem dostávají do okolního proudění vzduchu. Novým nárazem na povrch půdy přenášejí svoji kinetickou energii na okolní částice. Padající částice takto uvádějí do pohybu všechny další nejbližší částice. Tento proces je také nazýván lavinovým efektem. Intenzita saltačního transportu materiálu je omezena kapacitou vzdušných forem a rychlostí proudění větru. Saltační transport unáší částičky o velikosti 0,02 mm až 0,5 mm. Saltační transport se rozprostírá ve vertikále do výšky až 120 cm, přičemž většinový podíl transportovaných částic se vyskytuje ve výšce 30 cm nad povrchem. Délka saltačních skoků může dosahovat až 3 m. Neustálým opakováním saltačního procesu mohou částice překonat vzdálenost až stovek metrů. Proces mohou přerušit větrolamy nebo živé ploty, případně zemní valy. Letícími půdními částicemi způsobuje tento pohyb také výrazné škody na klíčících rostlinách.

**Suspenzní transport materiálu** – k procesu dochází u lehkých písčitých půd. Velmi jemné půdní částice (pod 0,01 mm) jsou zvedány do výše více než několika stovek metrů, rychlost pádu je velmi malá, zůstávají dlouho v ovzduší a mohou být přenášeny i na velké vzdálenosti (i tisíce km), půda je ochuzována o humus a dochází ke skeletizaci půd.

## 1.1.2 Činitele ovlivňující větrnou erozi

Mezi činitele, které ovlivňují větrnou erozi patří dle Holého (1994):

- klimatické činitele,
- půdní vlastnosti,
- drsnost povrchu,
- vegetační kryt,
- délka pozemku,
- činnost člověka, který svou činností přetváří krajinu a výrazně tak ovlivňuje všechny předchozí činitele.

**Klimatické činitele** – z klimatických, respektive meteorologických činitelů se jedná o vítr, atmosférické srážky, teplotu a výpar. U větru je to jeho rychlost a doba trvání v převládajícím směru. Kritická rychlost větru potřebná pro uvedení částic do pohybu se pohybuje mezi 21 až 48 km.h<sup>-1</sup> (Holý, 1994). Pro deflační činnost větru je také rozhodující směr působení a rychlost při zemi, která je přibližně 30 % rychlosti větru, naměřené v 10 m výšky (výška měření na klimatologických stanicích v ČR). Atmosférické srážky, teplota, proudění vzduchu, vlhkost vzduchu a výpar ovlivňují půdní vlhkost. U těžkých půd pak hraje také podstatnou roli průběh počasí v zimním období (cykly zamrzání a rozmrzání půdy). Těžké půdy tím tak vykazují určitá specifika. Půdní vlhkost má vliv na erodibilitu půdy (působením kohezních sil absorbovaného vodního filmu na povrchu částic a podporou tvorby půdních agregátů a škraloupu na povrchu půdy).

**Půdní vlastnosti** – u půdních vlastností se jedná o fyzikální, chemický a biologický stav půdy. Důležitá je struktura, velikost půdních částic a vlhkost. Čím je větší rozměr půdních částic, tím je potřebná větší rychlost větru při zemi, aby nastal odnos. Čím je delší území ve směru vzdušného proudu, tím je větší abraze půdními částicemi, které se pohybují saltací. Odnos půdy je ovlivňován dalšími faktory, jako je vazkost, či odpor částic proti odnosu, ovlivňovaný především strukturou a vlhkostí půdy, množstvím organické hmoty, ale i kořenovým systémem rostlin apod.

Tab. 2 Vzdálenost přenosu půdních částic (Holý, 1994)

Průměr půdních částic v mm	Vzdálenost přenosu
0 – 1	několik metrů
1 – 0,125	1 – 1,5 km
0,125 – 0,0625	několik kilometrů
0,0625 – 0,0312	přes 300 km
0,0312 – 0,0156	přes 1500 km
pod 0,0156	neomezeně

Pozn.: V oblastech výskytu půd s vysokým obsahem jílnatých částic (těžké půdy) může docházet k situacím, kdy vlivem změny povrchové struktury půdy během zimních měsíců dochází k tvorbě půdních agregátů o nízké hmotnosti; tyto částice pak mohou být odnášeny větrem i v případě, že jejich velikost přesahuje určené hranice erodovatelnosti (0,8 mm), viz Švehlík (2002).

**Drsnost povrchu** – drsnost povrchu zmenšuje rychlost větru při povrchu. Za optimální je možné považovat rozdíly v drsnosti povrchu 50 – 127 mm (Holý, 1994). Modely řešící stanovení intenzity větrné eroze využití v metodice s vlivem drsnosti neuvažují.

**Vegetační kryt** – vegetační kryt půdy absorbuje značnou část síly větru a chrání půdní částice před přímým nárazem větrného proudu. Vhodný vegetační kryt podstatně snižuje projevy větrné eroze. Maximální efekt mají hustě vysévané plodiny, menší účinnost mají řádkové plodiny. Vhodnou ochranou je také ponechání posklizňových zbytků s mělkým zpracováním půdy, setí do strniště, využití mezipločin a podsevů. Podstatný vliv mají vegetační bariéry (překážky ze stromů, keřů nebo pásů plodin). Snížení rychlosti větru je největší za bariérou, se vzdáleností od bariéry se snižuje. U bariér má také vliv jejich propustnost. Husté, relativně nepropustné vegetační bariéry dosahují velké snížení rychlosti větru těsně za bariérou. Naproti tomu propustnější bariéry dosahují menší snížení rychlosti větru, ale účinek je na větší vzdálenost od bariéry. Pásky krycích (kulisových) plodin se využívají k ochraně erozně rizikových plodin setých (sázených) mezi pásy (brambory, zelenina, řepa, kukuřice...).

**Délka pozemku** – délka pozemků se projevuje v narůstání intenzity eroze až do maximální hodnoty (množství odnosu), kterou může vítr při dané rychlosti nést. Nulový odnos půdy je na počátku pozemku, roste exponenciálně s jeho délkou (čím delší erodovaná plocha, tím větší

množství částic se uvolní), po určité vzdálenosti závislé na drsnosti povrchu je odnos konstantní (rovná se transportní síle větru).

**Sklonitost pozemku** – erodibilita sklonitých pozemků je obecně vyšší než u pozemků vodorovných (rychlost větru se nad terénními vlnami zvyšuje a tím i odnosná síla větru). To je omezeno délkou svahu, např. pro sklon 3% je to 100 m. Delší pozemek než tento limit pro uvedený sklon nemá vliv na zvýšení erozní činnosti větru

### **1.1.3 Antropogenní vlivy**

Člověk přetvářející krajinu působí zejména na faktory půdně-mechanické, ale také faktory morfologické. Za hlavní problém je možné považovat intenzifikaci zemědělství. Vytváření velkých půdních celků, omezování drobné držby doplněné vzrostlou vegetací, vede k prodlužování délky pozemků a omezování větrných bariér. Tento faktor je výsledkem politického a společenského vývoje a technického rozvoje. Druhotně svými zásahy člověk ovlivňuje i další faktory, zejména hydrický režim krajiny vlivem zhutňování půd, eroze, ochuzování půd o organickou složku, urychlování odtoku z povodí nevhodnými odvodňovacími zásahy.

### **1.1.4 Popis důsledků**

Říha (2005) uvádí definici důsledku jako celkový dopad, popř. škodu způsobenou nepříznivým jevem (realizací scénáře nebezpečí). V rámci procesu větrné eroze je možné za důsledek považovat potenciální škody způsobené větrnou erozí na zemědělské produkci při dosažení takového stavu půdy, kdy vítr vyvolá proces eroze. Dále pak degradaci půdy vlivem transportu erodibilních částic. Přehledně jsou možné hlavní důsledky negativního vlivu větrné eroze uvedeny v následující tabulce (Tab. 3).

Tab. 3 Hlavní důsledky negativního vlivu větrné eroze

On-site efekt	Off-site efekt
Ztráta půdy odvádím větrem – zeslabování orniční vrstvy a tím i snižování její úrodnosti ⇒ celková degradace půdy (nenahraditelné škody), ukládání mimo zemědělské pozemky	Deponování spraší na silnicích a v příkopech, případně podél živých stěn a vegetačních liniových bariér
Akumulace deflátů – projevuje se negativně zavátím polních kultur (z hlediska půdotvorného nemá význam – jedině při opakovaných procesech se zesiluje orniční vrstva, ale jen na malé ploše oproti ploše erodované)	Navátí sedimentů živných a škodlivých do přírodě blízkých ekosystémů
Kvalitativní změny v půdě – rozpad částecek půdy vlivem dyn. síly větru = snížení průměru půdních částic a zhoršení fyz. vlastností půdy; jde o přímý důsledek prvních dvou vlivů ⇒ ztráta humusu, živin, změna chemismu	Navátí jemných částic prachu do budov a technických zařízení
Přímé škody On-site	Dlouhodobé efekty Off-site
Přímé škody na kulturních plodinách vlivem brusného efektu	Vstřebávání transportovaných jemných částic člověkem a zvířaty
Ztráty na zemědělské produkci – ztráta osiva a mladých kulturních rostlin – vznikají přímým vyvátím kultur a také jejich zavátím na jiném místě = možné totální zničení těchto plodin + snížení hektarových výnosů; nutná nákladná PEO a likvidace škod	Obohacování látkami těžko odbouratelnými, nebo nežádoucími
Eroze podporuje přímé uvolňování prachových částic do ovzduší	Eutrofizace povrchových a spodních vod

### **1.1.5 Definice jednotky pro vyhodnocení rizika**

Vyhodnocování potenciální ohroženosti a rizika je řešeno na pozemcích se zemědělskou půdou v kategorii orná. Nejsou uvažovány trvale zatravněné zemědělské pozemky. Analýza potenciální ohroženosti a posouzení účinnosti může být vztažena k libovolné plošné jednotce. Vzhledem ke skutečnosti, že jako velmi efektivní se jeví proces pozemkových úprav, který může připravit podmínky pro realizaci navrhovaných opatření, byla jako jednotka pro vyhodnocení zvolena katastrální území. Tak můžeme rizikovou analýzou stanovit oblasti s potenciálním vysokým rizikem vzniku větrné eroze.

## **1.2 Identifikace nebezpečí**

Nebezpečím rozumíme stav s potenciálem způsobit nežádoucí následky (Říha, 2005). V případě větrné eroze je to takový potenciální stav půdy, kdy vlivem větru může dojít k vyvolání větrné eroze za spolupůsobení některých výše uvedených činitelů. V rámci metodiky se jedná zejména o půdní vlastnosti v kombinaci s klimatickými, respektive meteorologickými vlivy, velikost půdních bloků v závislosti na stupni erodovatelnosti půd a existenci trvalých bariér. Popis vlivu jednotlivých faktorů v metodách uvažovaných při výpočtu potenciálního ohrožení větrnou erozí je podrobněji uveden v následujícím textu.

## **1.3 Odhad a hodnocení rizika větrné eroze**

V rámci metodiky pracujeme pouze s potenciálním ohrožením zemědělské půdy větrnou erozí. Vlastní metodika se zaměřuje na ohodnocení jednotlivých činitelů, ovlivňujících vznik a průběh větrné eroze a také její důsledky. Na základě podrobného rozboru byly pro ohodnocení rizika větrné eroze vybrány klimaticko-půdní vlastnosti a účinnost větrných bariér, kterými jsou obecně větrolamy, ochranné lesní pásy a další liniové prvky podílející se na snížení potenciální ohroženosti půdy větrnou erozí.

## **1.4 Řízení rizika větrné eroze**

Řízení rizika větrné eroze je proces, kdy na základě posouzení současného stavu území z hlediska potenciální ohroženosti dosáhneme při návrhu ochranných opatření snížení této potenciální ohroženosti na předem zvolenou míru. V rámci řízení je možné pracovat na

celorepublikové úrovni, nicméně v tomto případě je potřeba mít propracovaný návrh ochranných opatření pro území celé republiky (pro všechny potenciálně ohrožené oblasti) – viz certifikované mapy: Mapa oblastí potenciálně ohrožených větrnou erozí na podkladu půdně-klimatických faktorů a Mapa rizika ohrožení orné půdy větrnou erozí podle katastrů. V metodice je prezentován proces řízení rizika v územích, která byla předmětem řešení projektu QJ1220054 a vyhodnocena z pohledu účinnosti návrhů plánů společných zařízení. Výsledkem řešení projektu je metoda řízení rizika, kterou je dále možné aplikovat pro různé rozlišovací úrovně, od celé republiky, pro vymezené oblasti až po konkrétní katastrální území. Základním krokem pro řízení rizika v širších územních vazbách je metoda posouzení účinnosti větrných bariér v prostředí GIS. Tato metoda je však poměrně náročná z pohledu aplikace v prostředí GIS. V metodickém návodu je provedena ukázka aplikace metody na konkrétní území.

Pod pojmem řízení rizika větrné eroze je možné si představit postupný proces, který se skládá z několika kroků. Prvním je ohodnocení rizika větrné eroze při uvažování současného stavu území (počáteční stav). Zde provádíme nejdříve analýzu území vycházející z ohodnocení rizika vycházejícího z klimatických a půdních vlastností. Analýza byla v rámci projektu QJ1220054 vypracována a je přístupná jako specializovaná mapa.

Druhým krokem je vymezení určitých oblastí, kde je riziko větrné eroze velmi vysoké. V těchto oblastech je třeba prověřit existenci ukončených pozemkových úprav. V rámci projektu QJ1220054 byla provedena analýza ukončených pozemkových úprav a na portálu SOWAC-GIS VÚMOP, v.v.i. je dostupná databáze a mapa prověřených plánů společných zařízení. V územích, která vykazují nejvyšší míru rizika, je třeba prověřit stav vycházející z překročení tolerované délky pozemků pro stávající větrné bariéry a zjistit tak míru rizika z pohledu účinnosti větrných bariér. Zde je problém s posouzením stavu porostů (souhlasu vlastníků pozemků omezující přístup k relevantním podkladům), nicméně můžeme uvažovat s jejich řádným zapojením. Po prověření účinnosti je dosaženo počátečního stavu ohrožení a přikročíme k dalším krokům. Těmi je nasimulování scénářů postupné realizace navrhovaných opatření. Scénáře volíme na základě analýzy nákladů na realizaci s prověřením výsledného účinku na snížení míry rizika a snížení výměry ohrožených pozemků. Zde je možno využít subjektivní posouzení vycházející z počáteční analýzy, kdy je k dispozici mapa s přehledným zobrazením konkrétních pozemků a překročením tolerované délky. Za neúčinnější je možné považovat realizaci ochranných lesních pásů (OLP) situovaných kolmo na směr převládajících větrů. Tyto volíme jako prioritní pro realizaci a pro návrh prvního scénáře. Posouzením jejich vlivu na snížení míry rizika doplňujeme další scénáře s postupným zapojením dalších prvků plánu společných zařízení

(PSZ). Nejnižší účinnost lze předpokládat u alejí podél cest, nicméně realizace cestní sítě je vždy v pozemkových úpravách prioritou číslo jedna. Výsledky posouzení snížení míry rizika vyhodnocujeme z pohledu nákladů a z pohledu jejich účinnosti vztažené k postupnému snižování výměry pozemků s překročenou tolerovanou délkou. Určitým omezením je doba zapojení porostů. Při posuzování scénáře zavádíme zjednodušení, kterým je předpoklad plného zapojení, což je cca po 30 letech.

V rámci řízení rizika jsme schopni ověřit i správnost návrhu PSZ. Pokud provedeme analýzu při uvažování všech prvků PSZ s ochrannou funkcí (poslední scénář), mělo by být riziko větrné eroze zanedbatelné. V tomto případě je návrh správný. Pokud není výsledkem zanedbatelné riziko, můžeme konstatovat, že návrh má rezervy a můžeme přikročit k doplnění návrhu o další prvky. Zde se v rámci analýzy nákladů projevuje další vliv a to jsou výkupy pozemků.

Pokud v územích s vysokým rizikem nejsou vyhlášeny pozemkové úpravy, jeví se jako nanejvýš vhodné je zde vyvolat. Zde je potřeba opět respektovat jednak dostupnost finančních prostředků, ale také zákonné podmínky pro jejich vyvolání. V těchto územích můžeme začít simulovat návrh ochranných opatření a připravit tak podklad pro budoucí pozemkovou úpravu pro návrh PSZ.

Na základě namodelovaných scénářů je pak možné posoudit účinnost opatření a tím i snížení rizika. Vlastní scénáře by měly pokrývat určitý dlouhodobý horizont (minimálně 30 let). K řízení rizika je nutné stanovit také limity. Za vhodný limit je možné považovat výměru potenciálně ohrožené půdy v řešeném území. Při posouzení současného stavu známe počáteční stav. Pokud si vytýčíme dosažení snížení na jinou nižší úroveň, můžeme se postupnými simulacemi této úrovně přiblížit. Zde můžeme do určité míry i optimalizovat. Optimalizace je složitý proces, který jde nad rámec řešeného projektu. V rámci optimalizace bychom hledali takové řešení, kdy při minimálních nákladech dosáhneme maximální účinnosti.

## **1.5 Kontrola rizika**

Pod pojmem kontrola rizika je možné si představit jednak sledování a vyhodnocování nastavené strategie vzhledem k možným scénářům, ale také postupné zvyšování účinnosti a tím snižování výměry ohrožené půdy vzhledem k dosažení určité míry přípustnosti. Zde je však potřeba provést analýzu z pohledu dalších vlivů. Jelikož trvalé vegetační prvky plní více funkcí při ochraně krajinných území (protierozní, vodohospodářské, ekostabilizační, estetické...), podstatný vliv zde má strategie zemědělské politiky v součinnosti s ostatními orgány státní správy (zejména MŽP a MMR).

## **2 NOVÁ REGIONALIZACE ÚZEMÍ OHROŽENÝCH VĚTRNOU EROZÍ**

### **2.1 Mapa ohroženosti území na podkladě půdně-klimatických faktorů**

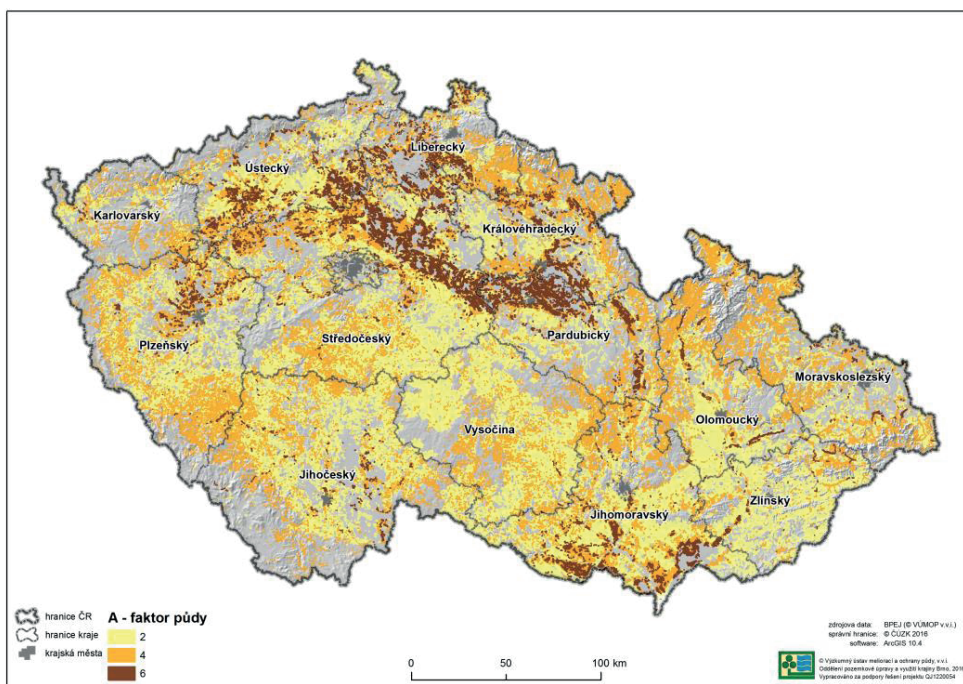
Jako výchozí materiál pro hodnocení ohroženosti území větrnou erozí je dosud prezentována mapa založená na hodnocení erodibility půd podle obsahu jílnatých částic (půdy s vysokým obsahem jílnatých částic jsou hodnoceny jako neerodovatelné) a podle klimatického regionu. Jsou přitom využívány údaje z databáze BPEJ (Janeček a kol., 2000; Podhrázská kol., 2011). Rozloha ploch ohrožených větrnou erozí se však stále zvětšuje. Je to dáno jednak intenzitou zemědělské výroby a v souvislosti se změnami klimatu jsou také studovány jevy, které zapříčiňují zvyšování rizik rozvoje větrné eroze v oblastech, které dosud nebyly jako ohrožené vnímány. Roste riziko výskytu sucha, zvyšuje se teplota v územích intenzivně zemědělsky využívaných a mění se struktura plodin pěstovaných v těchto územích. Jako nutnost se tak jeví přehodnocení klimatických charakteristik na základě statistických analýz dat z dlouhodobých pozorování. V této kapitole jsou prezentovány metody a postupy použité při sestavení nového mapového podkladu, založeného na poznacích o erodovatelnosti těžkých půd a o klimatických podmínkách, působících na rozvoj erozních procesů a erodibilitu půd v komplexním pojetí.

#### **2.1.1 Postup zpracování mapových vrstev**

Mapová vrstva byla vytvořena sjednocením dvou přístupů k hodnocení ohroženosti území z hlediska erodibility zemědělských půd.

##### **Mapa A - vstupní vrstvy BPEJ a LPIS**

Tato vrstva (Obr. 1) představuje potenciální ohroženost lehkých půd větrnou erozí na základě půdních vlastností. Z metodiky Podhrázská a kol. (2008) byly převzaty hlavní půdní jednotky (HPJ) s faktorem půdy 2, 4 a 6 (nejohroženější). Vliv klimatického regionu nebyl pro účely tvorby výsledné mapy uvažován.

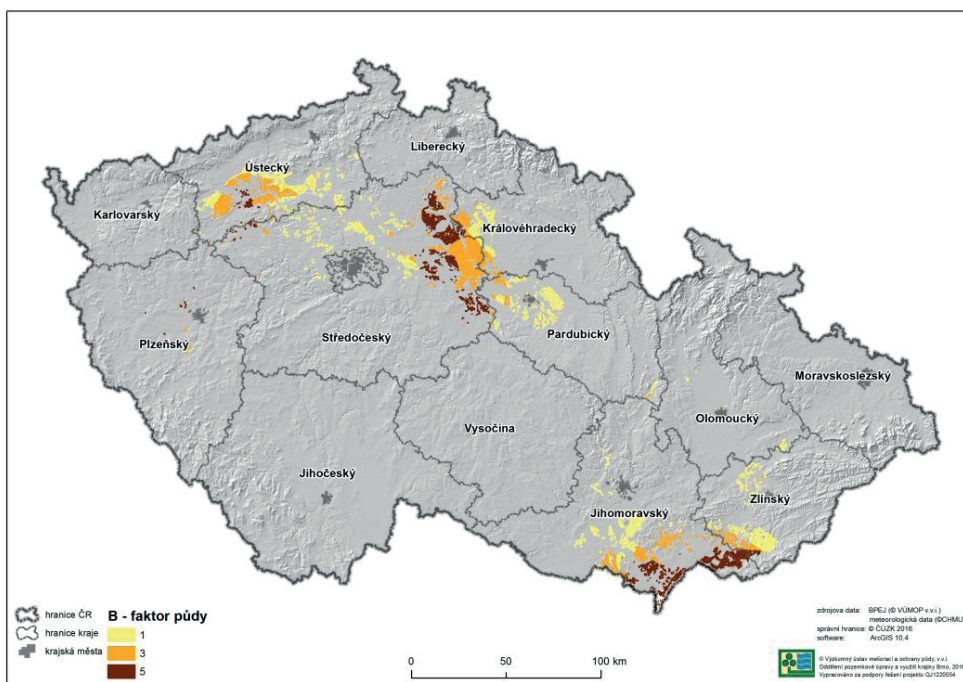


Obr. 1 Půdní faktor ohroženosti půd větrnou erozí z databáze BPEJ

### Mapa B - vstupní vrstvy mapa BPEJ a LPIS

Mapa byla vytvořena a certifikována v předchozích obdobích řešení (Obr. 1). Byla vypracovaná na základě poznatků z vyhodnocení rozpadu neerodovatelných částic a analýzy meteorologických podmínek v zimním období (Kozlovský Dufková a Podhrázská, 2011; Podhrázská a kol., 2013; Podhrázská, Kučera, Středová, 2015 atd.).

Mapa zobrazuje oblasti s výskytem těžkých půd zranitelných z hlediska větrné eroze, na základě výzkumu jejich specifických vlastností – rozpadu agregátů vlivem kolísání teplot nad a pod bodem mrazu a vlivem rozplavení agregátů při zamokření terénu. Půdy byly rozčleněny do 6 kategorií ohroženosti.



Obr. 2 Potenciální riziko ohrožení těžkých půd větrnou erozí - na základě meteorologických podmínek v zimním období

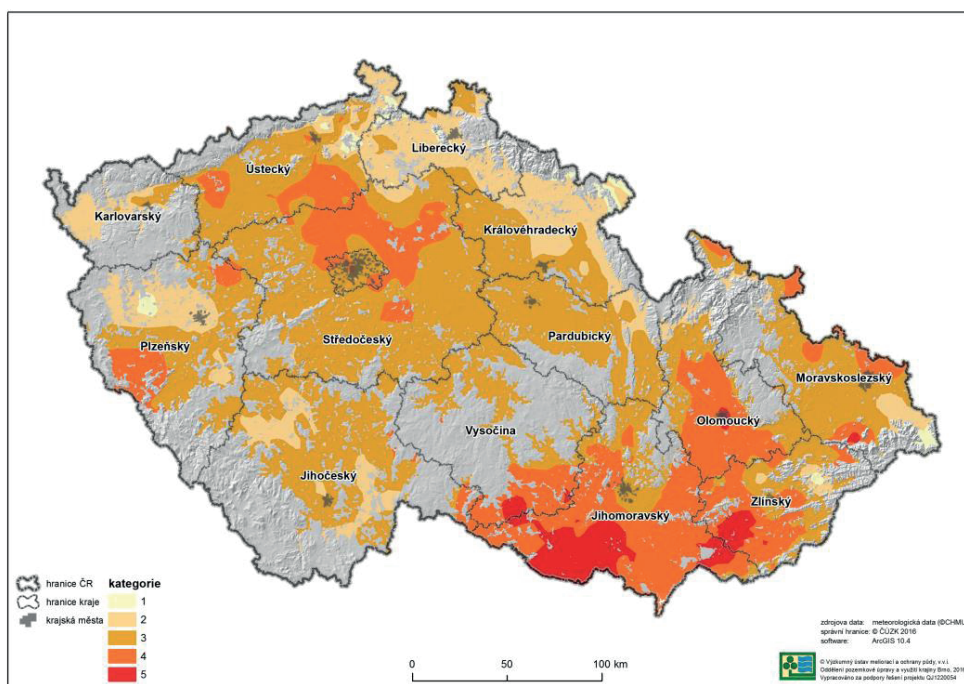
Pro další analýzu byly využity 3 nejohroženější kategorie z mapy potenciální ohroženosti TP větrnou erozí (kategorie 4, 5 a 6). Jednotlivým kategoriím byl přiřazen faktor půdní ohroženosti (kategorie 4 = faktor půdy 1, kategorie 5 = faktor půdy 3, kategorie 6 = faktor půdy 5).

### Mapa C1, C2 – vrstva rizika výskytu přísušku

Pro výskyt větrné eroze je však zásadní vlhkost povrchu půdy v obdobích, kdy je půda minimálně kryta vegetací a vystavena tak erozním účinkům větru. Specifikem v ČR a v SR je pozorování stavu povrchu holé půdy na stanicích sítě ČHMÚ ve standardních pozorovacích termínech (v 7, 14 a 21 hod). Na několika desítkách stanic přesahuje doba pozorování 50 – 60 let a je tedy možné vycházet z dlouhodobých průměrných hodnot.

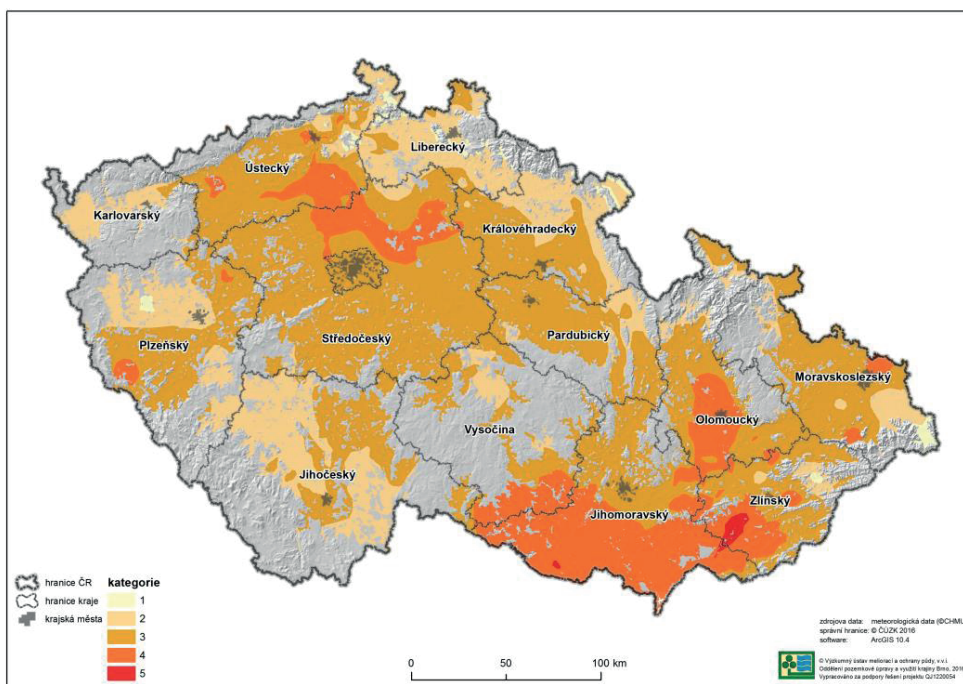
Pozorovatel určuje a zapisuje pomocí definovaných kódových čísel stav půdy. Stav půdy označený kódem „0“ znamená povrch půdy vyloženě suchý, nikoliv však zmrzlý. Půdní částice se při mačkání drolí na prach, vítr zvedá prach z půdy.

Pro vyhodnocení vláhových poměrů v obdobích největšího rizika výskytu větrné eroze na lehkých půdách byla použita data o stavech půdy v období od 1. 3. do 31. 5. a od 1. 9. do 31. 10. Použita byla data ze stanic sítě ČHMÚ do nadmořské výšky 500 m, tj. v oblastech s intenzivní rostlinnou produkcí a vyšší pravděpodobností výskytu suchých období, ve třicetiletí 1981 – 2010. Pro každou stanicí byl vypočítán průměrný počet dní se stavem půdy „0“ za dané období. Na základě průměrného počtu dnů se suchým stavem půdy bylo území ČR rozděleno na 5 kategorií. Území s nadmořskou výškou nad 500 m n. m. a oblasti s nezemědělskou půdou byly zařazeny do šesté kategorie – nehodnoceno. Mapa C1 byla uvedena na Obr. 3.



Obr. 3 Průměrný počet dnů se suchým stavem půdy od 1. 3. do 31. 5. a od 1. 9. do 31. 10. za období 1981 – 2010

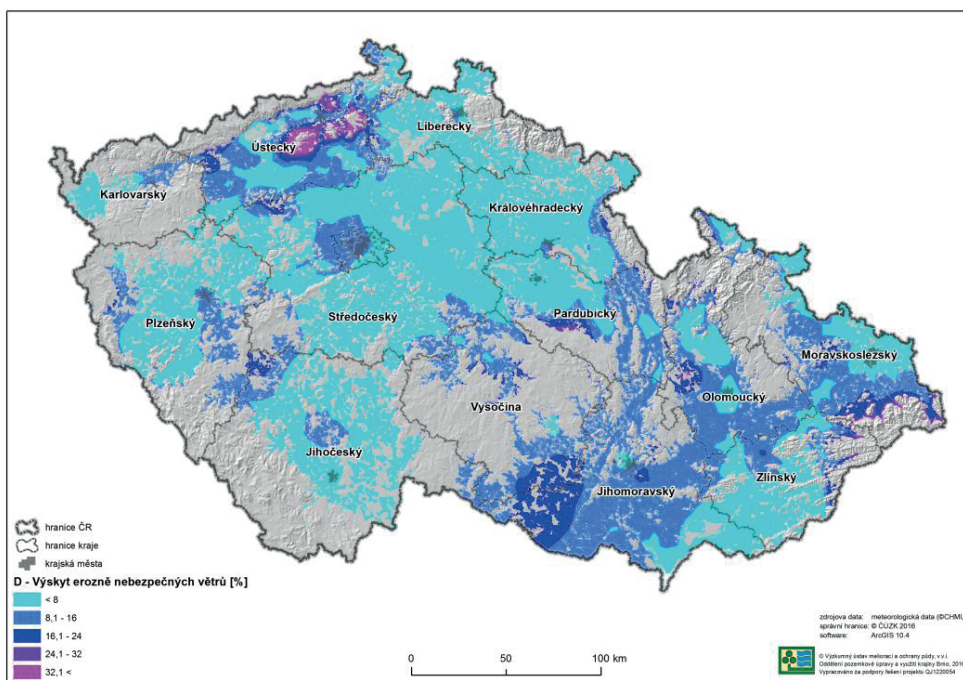
V mapě C2 (Obr. 4) byla na základě dosavadních šetření zohledněna specifika vlastností těžkých půd, které v jarních měsících vykazují značnou potenciální erodovatelnost vlivem rozpadu agregátů v zimním období. Na podzim bývají tyto půdy již většinou kompaktní, a pokud nedojde vlivem nevhodné kultivace k narušení struktury, nejsou již tolik erozně zranitelné. Pro vyhodnocení vláhových poměrů v obdobích největšího rizika výskytu větrné eroze byla proto použita pouze data o stavech půdy v období od 1. 3. do 31. 5. za období 1981 – 2010. V tomto jarním období je riziko větrné eroze na těžkých půdách nejvyšší.



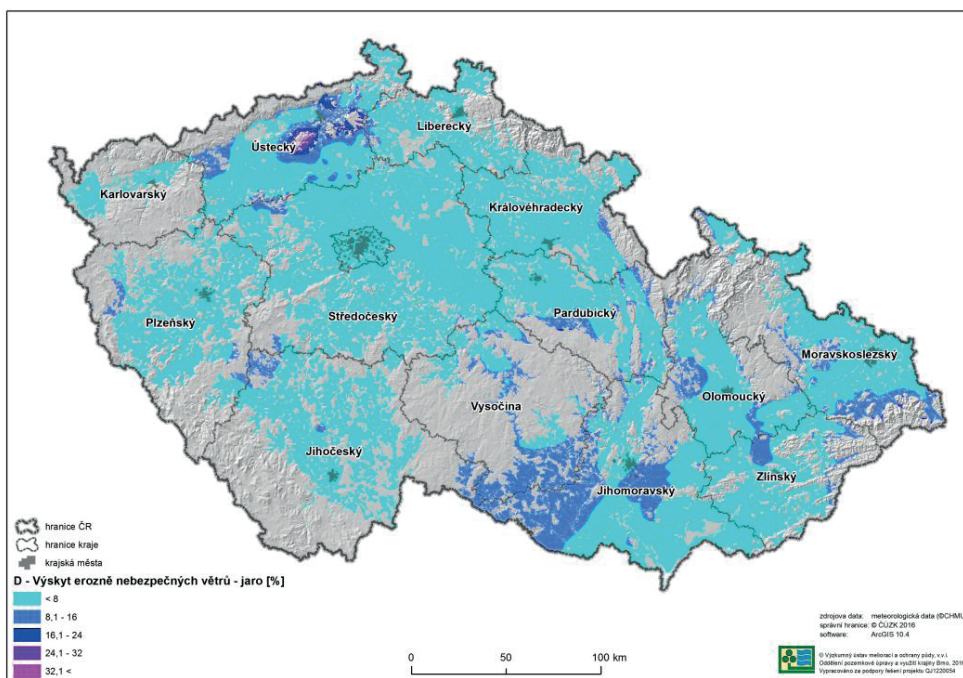
Obr. 4 Průměrný počet dnů se suchým stavem půdy od 1. 3. do 31. 5. za období 1981 – 2010

### Mapa D1, D2 (vrstva větrných podmínek)

Pro vytvoření vrstvy byla použita podrobná patnáctiminutová data (do roku 2010), respektive desetiminutová data (od roku 2010) rychlostí větru za období 2006 – 2014 (devítiletá řada). Hodnocení bylo provedeno pro území celé ČR, celkem 103 stanic. Stanoven byl procentuální podíl patnáctiminutovek, respektive desetiminutovek s nárazem větru nad  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  z celkového počtu měření (cca 136 tis. hodnot pro každou stanic). Relativním (procentuálním) vyjádřením výskytu vyšších rychlostí větru je eliminována rozdílná délka měření u jednotlivých stanic (možné výpadky v měření apod.). Prahová hodnota rychlosti větru  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (měřeno ve výšce 10 m nad povrchem) vyplývá ze závěrů předchozích měření týmu, kdy bylo zjištěno, že přízemní rychlost větru je cca třetinová až poloviční oproti rychlosti větru v 10 m. Rychlost  $3,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (a větší) je potom minimální vlečná rychlost pro půdní částice na suché lehké půdě. Analýzy byly provedeny pro dvě období s největším rizikem výskytu větrné eroze: 15. 3. – 15. 5. a 15. 8. – 15. 10. (půda není kryta vegetací, vyšší riziko výskytu sucha, vyšší rychlosti větru). Obr. 5 ukazuje mapu D1 a Obr. 6 prezentuje mapu D2.



Obr. 5 Plošné vyjádření ohrožení ZPF větrnou erozí dle výskytu potenciálně nebezpečné rychlosti proudění vzduchu (vyjádřeno jako % času s rizikem); průměrné roční hodnoty 2006 – 2014 (jaro a podzim)



Obr. 6 Plošné vyjádření ohrožení ZPF větrnou erozí dle výskytu potenciálně nebezpečné rychlosti proudění vzduchu (vyjádřeno jako % času s rizikem); průměrné roční hodnoty 2006 – 2014 (jaro)

#### Postup pro vytvoření mapy:

**1. krok:** V prvním kroku byly vytvořeny vrstvy klimatického faktoru pro lehké (vrstva C1 a D1) a pro těžké půdy (vrstva C2 a D2). Vrstvy klimatických regionů vznikly průnikem mapy C1 (C2) – (vrstva rizika výskytu přísušku pro lehké půdy) a mapy D1 (D2) – (vrstva větrných podmínek). Po průniku obou vrstev bylo provedeno přiřazení kategorií ohrožení pomocí maticového způsobu, viz Tab. 4. Výstupem byla vrstva určující potenciální ohroženost území z hlediska klimatických podmínek, která byla členěná do šesti kategorií.

Tab. 4 Matice využitá pro kategorizaci klimatických regionů (oblastí)

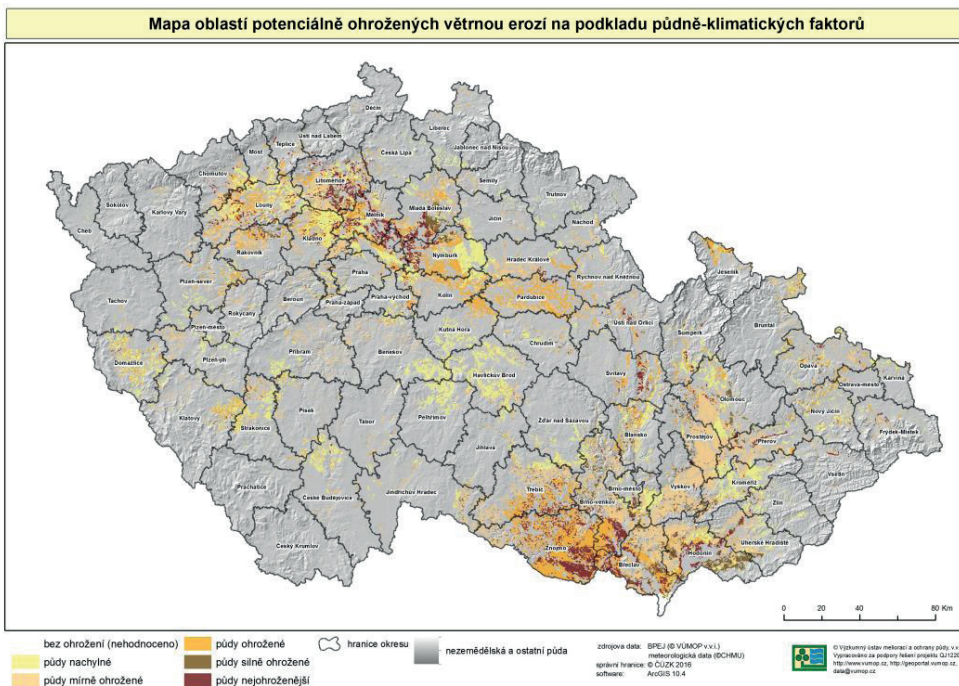
		Kategorie dle map C1 (C2)				
		1	2	3	4	5
Kategorie dle mapy D1 (D2)	1	1	1	2	3	4
	2	1	2	3	4	5
	3	2	3	4	5	6
	4	3	4	5	6	6
	5	4	5	6	6	6

**2. krok:** V tomto kroku byly stanoveny koeficienty ohroženosti pro lehké a těžké půdy vynásobením půdních a klimatických faktorů. Pro lehké půdy byl faktor půdy stanoven dle metodiky Podhrázká a kol. (2008). Pro lehké půdy nabýval faktor půdy hodnot 2, 4, a 6. Při stanovení faktoru pro těžké půdy bylo využito certifikované mapy (Mapa potenciálního rizika ohrožení těžkých půd větrnou erozí na základě meteorologických podmínek v zimním období; Podhrázká a kol., 2014), kdy nejohroženějšími kategoriím 4, 5 a 6 byl přiřazen následující faktor půdy: kategorie 4 – faktor půdy 1, kategorie 5 – faktor půdy 3, kategorie 6 – faktor půdy 5.

**3. krok:** V posledním kroku byl stanoven výsledný koeficient ohroženosti pro lehké a těžké půdy na základě porovnání koeficientů, kdy byla platná hodnota vyššího z koeficientů. Koeficient ohrožení byl rozdělen opět do šesti kategorií ohroženosti, dle Tab. 5. Výslednou mapu ukazuje Obr.7.

Tab. 5 Kategorizace ohroženosti

Kategorie ohroženosti	Koeficient ohroženosti
1	<4
2	4,1 – 6
3	6,1 – 9
4	9,1 – 13
5	13,1 – 16
6	>17



Obr. 7 Mapa oblastí potenciálně ohrožených větrnou erozí na podkladu půdně-klimatických faktorů

### **3 METODY HODNOCENÍ ÚČINNOSTI VĚTRNÝCH BARIÉR**

Účinnost větrolamů závisí na jejich druhové skladbě, zdravotním stavu, prostorových parametrech a na jejich funkčním zapojení do krajinné struktury. Schopnost větrolamu plnit specifický požadavek je dále určena jeho vnitřní i vnější strukturou. Vnější představuje šířku, výšku, tvar a orientaci větrolamu. Vnitřní pak množství a uspořádání větví, listů a kmenů stromů nebo keřů větrolamu (Brandle, Hodges, Zhou, 2004).

Právě struktura větrolamu, která je do značné míry závislá na skladbě dřevin a jejich rozmístění uvnitř větrolamu, určuje jeho účinky na modifikaci proudění vzduchu a následné ovlivnění dalších mikroklimatických parametrů. U opadavých dřevin je nutno počítat též s tím, že tato modifikace se bude měnit v průběhu roku.

#### **3.1 Stanovení ochranného účinku větrných bariér**

Ke každé větrné bariéře lze vymezit ochrannou zónu v převládajícím směru větru, která se dělí na závětrnou a návětrnou stranu a představuje plochu chráněnou před účinky větrné eroze. Šířka takové zóny je určena na základě předpokládané účinnosti větrné bariéry. Stabilními větrnými bariérami rozumíme především ochranné lesní pásy (OLP), u kterých se předpokládá, že jsou vysazovány cíleně pro ochranu půdy před větrnou erozí a měly by mít dané parametry. Za předpokladu jejich optimální prostorové a druhové skladby lze stanovit šířku ochranné zóny okolo 20 – 30 násobku výšky větrolamu na závětrné straně a 5 – 10 násobku na návětrné straně. Při předpokládané průměrné výšce větrolamů 15 m je možno stanovit šířku obalové zóny před a za větrolamem. Uvažovat lze i ostatní liniové prvky (LVP – břehové porosty, aleje, stromořadí...), u nichž je předpokládaná účinnost nižší, proto je nutno ochrannou zónu redukovat.

Jak vyplývá z předchozích informací, účinnost větrolamů je hodnocena na základě odhadované výšky větrolamů, vzdáleností jednotlivých pásů a ohroženosti půdy větrnou erozí. Analýzy je možno provádět pro stávající stav v řešených územích a pro různé varianty umístění ochranných pásů podle místních podmínek s cílem dosažení optima. Navrhování funkčních nových liniových prvků je umožněno zejména v procesu pozemkových úprav při návrhu plánu společných zařízení s důrazem na řešení větrné eroze. Parametry větrolamů jsou pro tyto účely schematizovány (Tab. 6).

Tab. 6 Ochranné zóny větrných bariér

Typ bariéry	Závětrná strana (m)	Návětrná strana (m)
OLP	300	100
Ostatní LVP	150	50

*Pozn.:* Redukovaný údaj lze použít i u OLP, u nichž je prokazatelný snížený účinek z důvodů jejich špatného stavu – viz kap. 4.2.

### 3.1.1 Posouzení maximální tolerované délky pozemků ve směru převládajících větrů

Čím delší je území ve směru působení větru, tím se uvolňuje větší počet půdních částic a dochází k intenzivnějšímu odnosu půdy. Pozemky je nutno přerušit větrnými bariérami, nejlépe typu ochranných lesních pásů. Aby bylo možno určit požadované vzdálenosti mezi jednotlivými bariérami, byla stanovena tolerovaná délka pozemku.

Tolerovaná délka pozemku byla určena pro jednotlivé kategorie ohroženosti pozemků větrnou erozí (dle certifikované Mapy ohroženosti území větrnou erozí na podkladě půdně klimatických faktorů) na základě informací z dostupné literatury (Pasák a kol., 1984; Riedl a kol., 1973; Janeček a Pivcová, 2000), viz Tab. 7.

Tab. 7 Tolerovaná délka pozemku

Potenciální erozní ohroženost pozemku	Tolerovaná délka pozemku (m)
1 – 4	< 850
5	< 600
6	< 350

Syntézou postupných kroků je možno zpracovat jednak komplexní informace o ohroženosti řešeného území větrnou erozí, a také posoudit účinnost navrhovaných opatření na snížení rizik větrné eroze v tomto území.

## 3.2 Metoda kategorizace větrolamů

Metodika hodnocení, byla vypracována na základě kategorizace parametrů jednotlivých větrolamů – druhové složení, stáří porostu, funkční typ a jeho horizontální vertikální parametry

(mezerovitost) – část A a dále na kategorizaci soustavy liniových prvků – část B. Výsledkem je bodovací systém, vycházející z charakteristik referenčních kritérií. Bodové hodnocení větrolamů závisí na tom, jak se odchylují od optima.

Při využití všech popisných a grafických podkladů je zapotřebí terénním průzkumem zjistit současný stav liniové vegetace v krajině a provést podrobný popis. Teprve potom je možno přistoupit k hodnocení jednotlivých zvolených parametrů.

### ***Obecné požadavky na funkční stav větrolamů***

Pro potřeby hodnocení dřevin OLP je dostatečné jejich členění na stromy základní, stromy doplňkové a křoviny. Toto členění je platné vždy v určité skupině typů geobiocénů (STG).

Dřeviny v OLP musí plnit nejen funkční kritéria s důrazem na půdoochrannou funkci ale v pojetí krajinně-ekologickém i funkci interakčních prvků neboť splňují i prostorové parametry lokálních biokoridorů zakládaných na zemědělských půdách.

Funkčnost dřevin je dána jednak strukturou vertikálního a horizontálního uspořádání a jednak věkem, resp. odpovídajícími funkčními parametry (výška, zápoj). Za funkční výšku dřevinného patra považujeme parametr min. 12 – 15 m.

Vlastní OLP by měl být tvořen 6 až 8 řadami stromů a 4 řadami keřů (po dvou řadách na obou stranách). Počet řad závisí na jejich vzájemné vzdálenosti. Rozmístění jednotlivých druhů dřevin v OLP by mělo být ve skupinách, tj. do dřeviny základní jsou začleňovány skupiny dřevin doplňkových. Jednotlivé druhy keřů jsou střídány po skupinách o délce 10 – 60 m.

Z prostorového hlediska je optimální, jsou-li cílové, dlouhověkové dřeviny ve středu OLP, okraje jsou tvořeny méně vzrůstnými stromy a keři.

### ***Obecné požadavky na uspořádání liniových prvků v krajinné struktuře***

Požadavky na uspořádání sítě větrolamů jsou převážně definovány kritérii:

- Umístění větrolamů ve směru kolmém k převládajícím směrům větrů.
- Umístění větrolamů v souladu s morfologií terénu.
- Vzdálenost jednotlivých pásů podle náchylnosti půdy k erozi.

Kritéria hodnocení byla sestavena do přehledného schématu (Tab. 8, Tab. 9, Tab. 10)

Tab. 8 Kategorizace A liniového prvku

<b>A. Kategorizace liniového prvku</b>		
<b>A-1 parametry prostorové</b> (kvantitativní úroveň), kritérium – typ OLP		
A-1.1.	1 – 2 linie dřevin (keřů), šířka do 7 m	1
A-1.2.	více liniový, šířka nad 15 m	2
A-1.3.	více liniový, šířka do 15 m	3
<b>A-2 parametry zastoupení druhů dřevin a keřů</b>		
A-2.1.	zastoupení základních a doplňkových dřevin do 30 %	1
A-2.2.	zastoupení základních a doplňkových dřevin 50 – 31 %	2
A-2.3.	zastoupení základních a doplňkových dřevin nad 51 %	3
<b>A-3 parametry horizontálního uspořádání dřevin a keřů</b>		
A-3.1.	mezernatost (nefunkčnost) porostu přesahuje 50 % plochy	1
A-3.2.	mezernatost (nefunkčnost) porostu do 30 % plochy	2
A-3.3.	mezernatost (nefunkčnost) porostu do 10 % plochy	3
<b>A-4 parametry vertikálního uspořádání dřevin a keřů</b>		
A-4.1.	funkční dřevinné patro zastoupeno do 50 %	1
A-4.2.	funkční 1 etážové dřevinné patro zastoupeno více jak 50 %	2
A-4.3.	funkční etážová struktura více jak 50 %	3

Tab. 9 Kategorizace B systému OLP v krajině

<b>B. Kategorizace systému OLP v krajině</b>		
<b>B-1 parametry vymezující vzdálenosti rozmístění prvků sítě OLP</b>		
B-1.1.	prvky nejsou uspořádány v systému	1
B-1.2.	prvky jsou uspořádány v systému neodpovídající optimu nad 50 %	2
B-1.3.	prvky jsou uspořádány v systému neodpovídající optimu do 30 %	3
<b>B-2 parametry začlenění prvků do terénu</b>		
B-2.1.	umístění prvků z více než 50 % není v souladu s morfologií terénu a směry větru	1
B-2.2.	umístění prvků z 31 – 50 % jsou vhodně začleněny do terénu a vazbu na směry větru	2
B-2.3.	umístění prvků je z více než 50 % optimálně situováno	3
<b>B-3 parametry krajinně-ekologické</b>		
B-3.1.	prvky nemají parametry LBK do 30 %	1
B-3.2.	prvky mají z 31 – 50 % parametry LBK	2
B-3.3.	prvky mají z více jak 51 % parametry LBK	3

Tab. 10 Bodovací systém kategorizace A, B

<b>Bodovací systém</b>		<b>kategorizace</b>	
		<b>A. liniového prvku</b>	<b>B. systému OLP v krajině</b>
3	funkční (doporučené)	10 – 12	8 – 9
2	podmíněně funkční	7 – 9	5 – 7
1	převážně nefunkční	4 – 6	3 – 4

Bližší o této metodě pojednává metodika Optimalizace funkcí větrolamů v zemědělské krajině (Podhrázká a kol., 2008). Uvedené metody je možno využít při detailnějším vyhodnocení stavu liniových prvků a jejich systémů v řešeném území a následně např. redukovat ochranné zóny u stávajících větrolamů nebo provést cílené návrhy na doplnění systému do optima.

### 3.2.1 Metody hodnocení účinnosti větrolamů na základě optické porozity

Strukturu větrolamu lze definovat jako množství a prostorové rozmístění rostlinných částí (kmeny, větve, listy) a volného prostoru mezi nimi. K tomuto účelu se velmi často používají dva parametry, kterými jsou výška větrolamu ( $h$ ) a aerodynamická porozita.

Při praktických výzkumech v terénu je fyzické stanovení aerodynamické porozity velmi obtížné, k jejímu vyjádření se proto často používá parametr nazývaný jako optická porozita (Vigiak a kol., 2003). Optická porozita byla definována jako poměr mezi mezerami ve větrolamu k jeho celkové ploše. K jejímu stanovení byly použity digitalizované fotografie větrolamu (Kenney, 1987). Při měření v aerodynamickém tunelu s různými modely větrolamů s optickou porozitou v rozmezí od 0,016 do 0,389 bylo zjištěno, že závislost mezi optickou a aerodynamickou porozitou lze vyjádřit jako:

$$\alpha = \beta^{0,4} \quad (1)$$

Kde:  $\alpha$  optická porozita větrolamu

$\beta$  aerodynamická porozita větrolamu

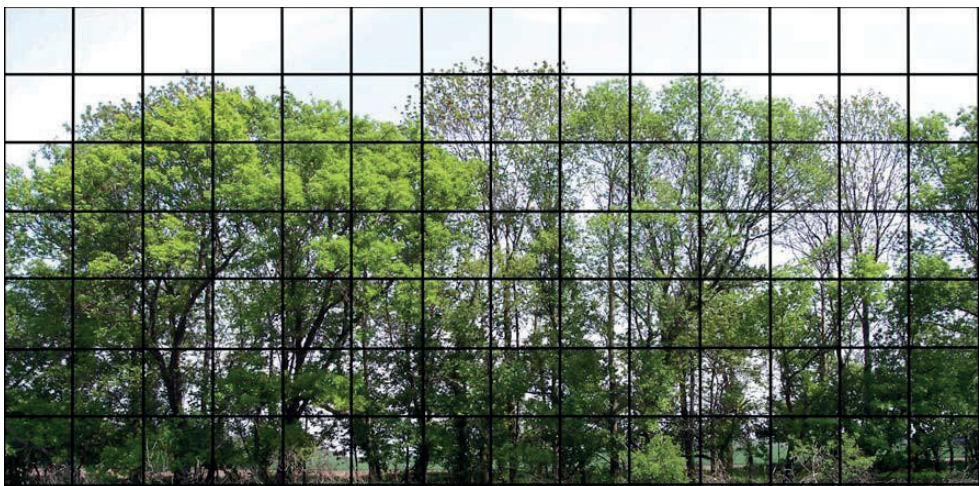
Vedle výšky a porozity větrolamu závisí aktuální forma křivky rychlosti větru na jiných důležitých charakteristikách systému proudění vzduchu. Jsou to charakteristiky příchozího proudění, jako je rychlost větru, směr větru, intenzita turbulence a atmosférická stabilita a vnější vlastnosti větrolamu jako je tvar větrolamu, šířka a délka (Vigiak a kol., 2003).

#### Stanovení optické porozity

Při stanovení optické porozity jednotlivých větrolamů byla použita metoda, která spočívá v jejich rozčlenění na jednotlivé čtverce (gridy), přičemž jejich počet byl dán velikostí větrolamu na příslušném snímku (viz Obr. 8). Při vyhodnocování se používají digitální fotografie, pořízené kolmo k linii větrolamu. Jelikož je optická porozita vyjádřena jako podíl bílých bodů k jejich celkovému počtu v daném výřezu fotografie, je nutno nejprve každý čtverec převést do odstínu šedé (255 odstínů) a následně na matici bílých a černých bodů. Při převodu snímku z odstínu šedi na černé a bílé body je zapotřebí pracovat s jeho histogramem a stanovit hranici, která tvoří předěl mezi černou a bílou, tedy rozlišit body, které představují rostlinstvo a které pozadí. Tato operace má mírně subjektivní charakter a je zapotřebí pečlivě porovnávat původní a výsledný snímek, navíc se tato hranice liší snímek od snímku v závislosti na tvaru jeho histogramu.

Pro každé měření je nutno zpracovat následující charakteristiky:

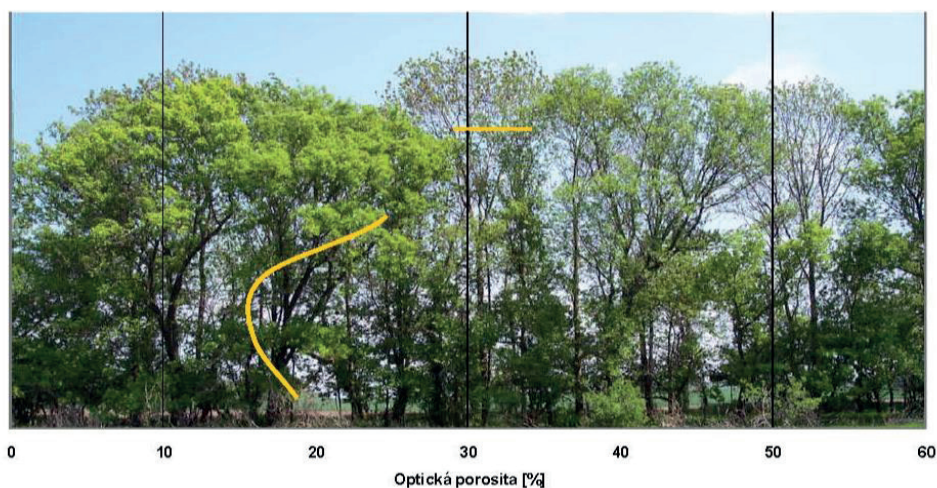
- vertikální rozložení optické porozity v daném úseku větrolamu (Obr. 10)
- horizontální profil optické porozity v daném úseku větrolamu (Obr. 11)
- plošné rozložení optické porozity v daném úseku větrolamu (Obr. 9)



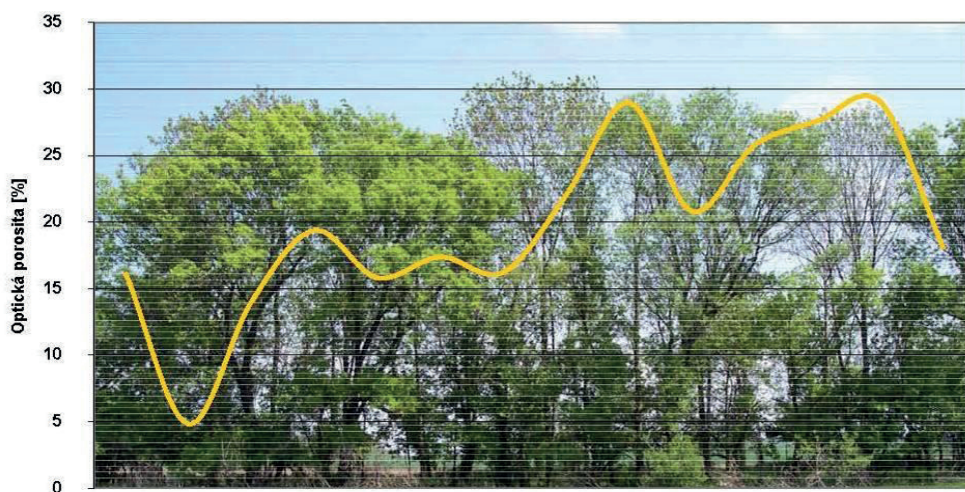
Obr. 8 Ukázka rozčlenění plochy větrolamu na jednotlivé čtverce



Obr. 9 Plošné rozložení optické porozity



Obr. 10 Vertikální průběh optické porozity



Obr. 11 Horizontální průběh optické porozity

Současně s hodnocením optické porozity bylo u vybraných větrolamů prováděno měření větrného pole na závětrné a návětrné straně větrolamu (blíže viz metodika Hodnocení účinnosti trvalých vegetačních bariér v ochraně proti větrné erozi; Podhrázká a kol., 2011). Závislost mezi optickou porozitou (OP) a zeslabením rychlosti větru na závětrné straně vykazuje poměrně silnou korelaci. Nejtěsnější je tato závislost ve vzdálenosti 50 m za větrolamem. Se vzrůstající vzdáleností se tato závislost snižuje, tak jak převládají další vlivy působící na vzdušné proudění. Při plném olistění v letních měsících (OP 10 %) dochází ve vzdálenosti 50 m ke snížení rychlostí

až na 40 % hodnoty před větrolamem, ve vzdálenosti 150 m je to kolem 70 %. U neolistěných větrolamů se tato čísla zvyšují na cca 80 a 90 %. Na návětrné straně jsou redukční účinky větrolamu výrazně nižší. Vzdálenost, do které větrolam efektivně snižuje rychlost větru byla bez ohledu na OP na závětrné straně maximálně 250 m (tj. cca 10 – 17 násobek průměrné výšky větrolamu).

Na Obr. 12 je redukce rychlosti větru větrolamem s různou OP vyjádřena pomocí 2D mapy aplikace Surfer, která poskytuje uživatelsky přívětivý výstup s možností jednoduchého zjištění redukce rychlosti větru na základě OP a vzdálenosti od větrolamu. S ohledem na to, že se jedná primárně o mapový software, který poskytuje pouze grafický výstup, není výstupem regresní rovnice použité interpolační metody. Tento nedostatek byl odstraněn použitím software Statistica a dalších statistických nástrojů. Pomocí mnohonásobné kvadratické regrese s proložením polynomem 5. stupně byl definován vztah mezi OP a vzdáleností od větrolamu a jejich vliv na redukcí rychlosti větru. Prostřednictvím kombinované regresní rovnice:

$$Z = 46.1894 + 0.1709 * X - 0.4606 * Y - 0.0008 * X * X - 0.0004 * X * Y - 0.000094226 * Y * Y \quad (2)$$

X = vzdálenost od větrolamu v metrech

Y = porozita v procentech

byl tento vztah popsán a kvantifikován. Index determinace 0,664 mezi výsledky modelu a naměřenými daty a nízká disperze hodnot mimo 99% pás spolehlivosti naznačují poměrně dobrou shodu mezi modelem a reálnými daty. Zejména při modelování hodnot na okrajích intervalu model nevystihoval skutečný průběh hodnot. S použitím statistických postupů byla rovnice dopracována a zpřesněna:

$$z = a * \exp\left(-\exp\left(-\frac{(x-b)}{c}\right) - \frac{(x-b)}{c+1}\right) + d * \exp\left(-\exp\left(-\frac{(y-f)}{g}\right) - \frac{(y-f)}{g+1}\right) \quad (3)$$

Koeficienty:

$$a = 4.1417551362956196E+01$$

$$b = 6.9845535425079362E+01$$

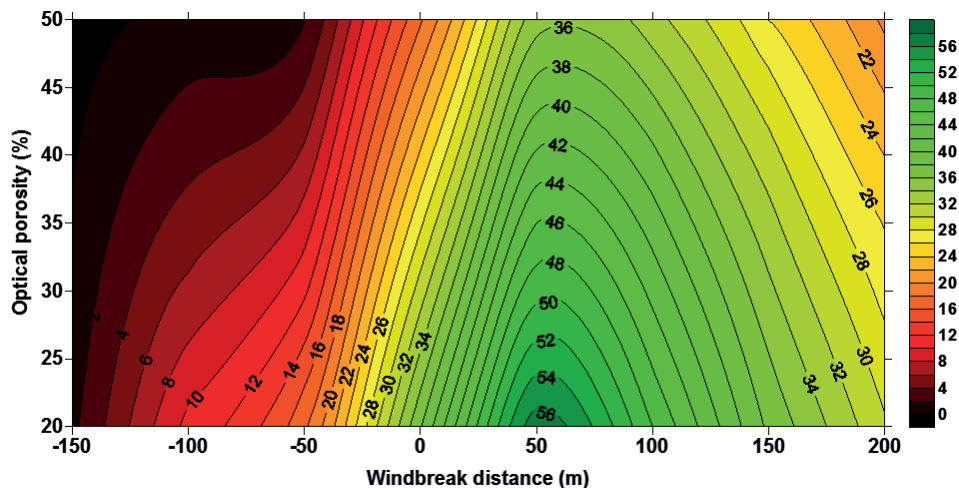
$$c = 8.2090132918982135E+01$$

$$d = 1.0073376683165979E+01$$

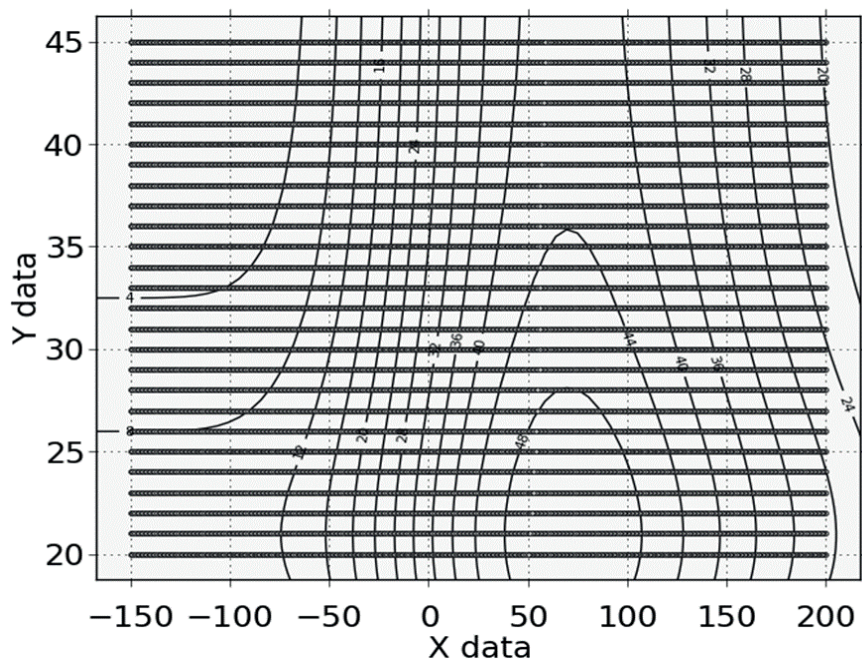
$$f = 2.0979890320903436E+01$$

$$g = 6.6089573586774133E+00$$

K dispozici je tak algoritmus, poskytující informaci o efektu větrolamu na pole větru v dostatečné přesnosti a umožňující tak optimalizaci rozmístění větrolamů např. v rámci pozemkových úprav.



Obr. 12 Úroveň redukce rychlosti větru (v %) v různých vzdálenostech od větrolamu v závislosti na OP – výstup software Surfer (interpolace local polynomial metodou, polynomial order 2)



Obr. 13 Úroveň redukce rychlosti větru (v %) v různých vzdálenostech od větrolamu (osa X) v závislosti na OP (osa Y). Výstup dle rovnice „2“

## 4 HODNOCENÍ RIZIKA VĚTRNÉ EROZE

### 4.1 Kategorizace míry rizika

Vlastní postup kategorizace rizika větrné eroze vychází ze zjednodušujících předpokladů a omezujících podmínek definovaných v kapitole 2.1 Definice rizika. Kategorizace míry rizika představuje postup, kdy na základě vybraných faktorů, které ovlivňují vznik větrné eroze a které brání jejímu rozvoji (plošně eliminují projevy větrné eroze) ohodnocujeme vybraná území (stanovujeme hodnotu účelové funkce). Výslednou hodnotu pak posuzujeme podle třídních intervalů míry rizika (viz tab. 13). Jako účelovou funkci řešitelé vybrali následující tvar:

$$UF_{ki} = \sum_i A1_i * A2_i * w_i \quad (4)$$

kde  $UF_{ki}$  je hodnota účelové funkce na posuzovaném katastrálním území, index  $ki$  označuje posuzované území (reprezentováno názvem, příp. kódem),  $A1$  je člen zahrnující vliv kategorie ohroženosti půdy,  $i$  označuje kategorii ohroženosti na vybraném k.ú., viz tab. 11.  $A2$  je člen zahrnující vliv procentického zastoupení  $i$ -kategorie z celkové výměry ohrožené půdy v k.ú. a  $w_i$  je váha  $i$ -té kategorie ohroženosti zastoupené na k.ú. vypočtená jako poměr výměry příslušné kategorie k celkové výměře ohrožené půdy na k.ú.

Hodnoty členů  $A1$  a  $A2$  jsou uvedeny v následujících tabulkách. Hodnoty členu  $A2$  byly navrženy na základě hodnocení provedeného v rámci řešení projektu, viz Konečná a kol. (2013) (Tab. 12).

Tab. 11 Hodnoty členu  $A1$  účelové funkce

Kategorie ohroženosti	hodnota členu $A1$
1	0
2	1
3	2
4	3
5	4
6	5

Tab. 12 Hodnoty členu A2 účelové funkce

Výměra ohrožených půd v území	hodnota členu A2
81 – 100 %	5
61 – 80 %	4
41 – 60 %	3
21 – 40 %	2
≤ 20 %	1

Tab. 13 Vyhodnocení součinu A1 × A2

		Výměra ohrožené půdy (%)				
		0 – 20	21 – 40	41 – 60	61 – 80	81 – 100
Kat. ohr	A1\A2	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0
2	1	1	2	3	4	5
3	2	2	4	6	8	10
4	3	3	6	9	12	15
5	4	4	8	12	16	20
6	5	5	10	15	20	25

Míra rizika ohrožení posuzovaného území z pohledu odolnosti proti větrné erozi byla stanovena dle následující stupnice (Tab. 14). Intervaly byly stanoveny z analýzy všech potenciálně ohrožených katastrálních území ČR.

Tab. 14 Kategorie rizika ohrožení území větrnou erozí

Kategorie stability území	hodnota součinu A1xA2	kategorie rizika ohrožení.
1	(0 – 2)	Zanedbatelná míra rizika ohrožení
2	(3 – 5)	Mírná míra rizika ohrožení
3	(6 – 9)	Střední míra rizika ohrožení
4	(10 – 15)	Vysoká míra rizika ohrožení
5	(16 – 25)	Velmi vysoká míra ohrožení

## 4.2 Hodnocení ekonomické náročnosti návrhů proti větrné erozi

Pro rozhodovací analýzu, vycházející z postupu řízení rizika větrné eroze, popsanou v kapitole 2.4 Řízení rizika větrné eroze, je potřeba odhadnout náklady na navrhovaná ochranná opatření. Vzhledem ke skutečnosti, že opatření bývají velmi variabilní, doporučují autoři pracovat s orientačním a aktuálně reálným podkladem realizačních nákladů vybraných typů opatření s přímým protierozním vlivem. Ke stanovení orientačních nákladů bylo vyhodnoceno několik desítek realizačních dokumentací (výkazů výměr a rozpočtů) opatření již realizovaných, či připravených k realizaci. Byly použity konkrétní dokumentace z let 2006 až 2016. Čas se ve výši cen projevuje výrazně méně než individuální podmínky řešení výsadeb. Jedná se o soubor opatření, do něž byly zařazeny prvky výhradně liniové (větrolamy, biokoridory a interakční prvky podobných charakteristik).

- Průměrné náklady na realizaci opatření typu větrolam činí 1 929 543 Kč/ha nebo též 193 Kč/m<sup>2</sup>.
- Průměrné náklady na realizaci opatření typu biokoridor činí 917 025 Kč/ha nebo též 92 Kč/m<sup>2</sup>.
- Průměrné náklady na realizaci opatření typu interakční prvek (s plošnou výsadbou šířky min. 10 m) činí 1 160 557 Kč/ha nebo též 116 Kč/m<sup>2</sup>.

V zahrnutých případech se jedná o větrolamy, kdy porosty byly zakládány vždy na orné půdě. V případě biokoridorů je situace poněkud komplikovanější. Při jejich vymezování se vychází z tzv. kostry ekologické stability. Tedy tam, kde je to možné, jsou pro prvky územního systému ekologické stability (ÚSES) využity existující struktury zeleně. Poměrně často je tak do biokoridoru či interakčního prvku na vymezené ploše zahrnut nějaký fragment stávající zeleně (travnatá mez, keřový porost, břehový porost...) nebo případně navržený prvek technického charakteru, který však současně může být doplněn výsadbami (příkop, průleh...), případně je vymezen na trvalém travním porostu. V důsledku toho se zdánlivě snižuje realizační náklad na jednotku plochy. Je potřeba připomenout, že na rozdíl od větrolamu nemusí být nutně biokoridor navržen jako souvislý porost dřevin. Může zahrnovat například určitý podíl travnatých ploch a lze u něj díky tomu (na rozdíl od standardního větrolamu) předpokládat samovolný vývoj dalších generací dřevin (věkově diferencovaný porost). To vše se promítá v nákladech na plochu.

U zahrnutých větrolamů se jedná o prvky totožného charakteru zakládané na orné půdě, vždy s šířkou pozemku 15 m a ceny jednotlivých prvků jsou velmi podobné a blízké uvedenému průměru. Realizační náklady jednotlivých prvků se pohybují zhruba od 130 Kč do 216 Kč za m<sup>2</sup>.

U zahrnutých biokoridorů se jedná o prvky převážně lokální s převažující šířkou 15 m. Zahrnuty jsou však i prvky širší, včetně prvků regionálních. Tedy s šířkou pozemků 20 až 40 m. U těchto širších prvků je vyšší podíl travnatých ploch (bez výsadeb). Z důvodu větší objektivity byly vynechány prvky s šířkou pod 10 m – rozšíření, doplnění stávajících porostů (většinou břehových) a prvky s terénními úpravami. Na rozdíl od větrolamů, je řešení výsadeb dřevin zdánlivě podobných biokoridorů více individuální a často zohledňuje více požadavků. Patrně i proto je v této kategorii opatření poměrně vysoký rozptyl cen. Realizační náklady jednotlivých prvků se pohybují zhruba od 40 Kč do 208 Kč za m<sup>2</sup>.

U zahrnutých interakčních prvků se jedná o prvky liniové s šířkou nad 10 m se souvislou plošnou výsadbou dřevin, či zalesnění, do souhrnu byla zahrnuta i dvouřadá alej se skupinovými výsadbami keřů. Východiska i postupy jsou podobná jako u biokoridorů. Realizační náklady jednotlivých prvků se pohybují zhruba od 51 Kč do 215 Kč za m<sup>2</sup>.

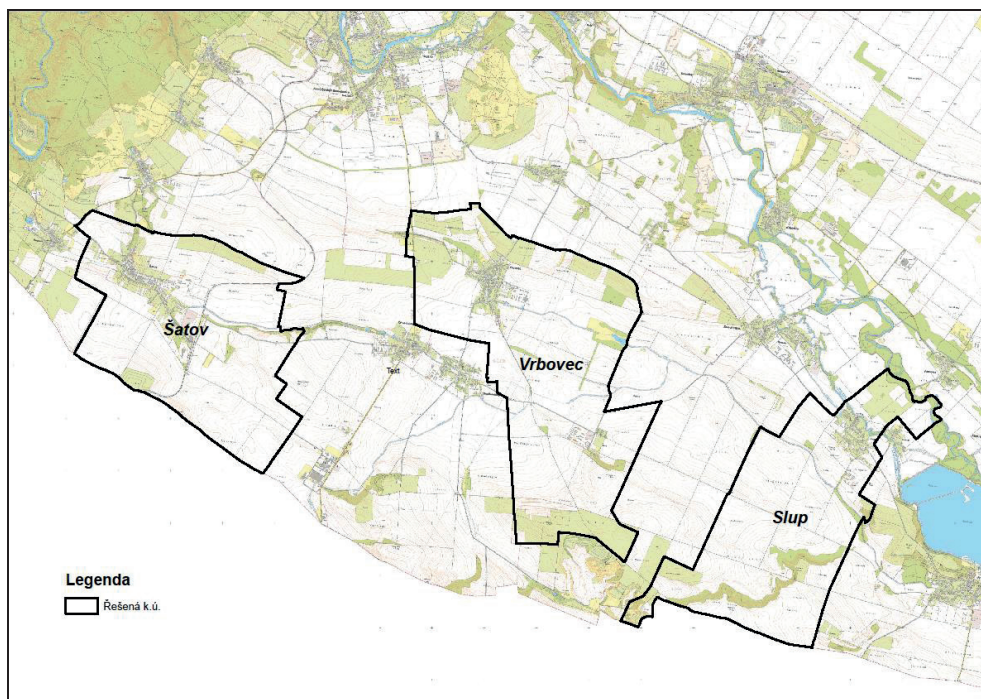
Obecně lze tedy na základě zhodnocení použitého souboru konkrétních dat uvést následující shrnutí. Z uvedeného souboru opatření tedy pro prvek s plošnou výsadbou dřevin o šířce větší než 10 m vychází průměrný náklad 123 Kč na m<sup>2</sup>. Při tvorbě kvalifikovaného odhadu realizačních nákladů vycházejícího z dlouhodobých zkušeností s realizací obdobných prvků, pomíjíme jednodušší realizace na spodní hranici nákladů realizace z uvedeného souboru dat a vyhodnocujeme spíše prvky s vyššími náklady a přikloníme se k hodnotám nákladů u prvků jednotného charakteru (větrolamy). Při realizaci nového liniového prvku výsadbou souvislého porostu dřevin na pozemku dostatečně širokém, aby mohl plnit požadovanou funkci, je tedy potřeba počítat s náklady okolo 160 Kč na m<sup>2</sup>. Toto je mimochodem hodnota velmi blízká hodnotě obsažené v „nákladech obvyklých opatření MŽP“ pro realizaci rozptýlené zeleně ve volné krajině z OPŽP (2015 – 2020), kde je pro realizaci ÚSES (biocentra/biokoridory) uvedena hodnota 155 Kč na m<sup>2</sup>. Do uvedených nákladů nejsou zahrnuty náklady na ošetření a pěstební péči u stávajících dřevinných porostů, které mohou být součástí prvku, ani náklady na následnou péči o vysazené dřeviny.

## 4.3 Ukázka vyhodnocení rizika větrné eroze a možností řízení rizika

### 4.3.1 Vyhodnocení rizika větrné eroze – příklad

Pro ukázkou praktické aplikace navrhované metodiky byla zvolena tři katastrální území. V rámci projektu jsme se zabývali 222 katastrálními územími. Získání potřebných podkladů pro celý soubor bylo nad rámec možností projektu. Jak se ukázalo, někdy i nereálné. Řada analýz je prováděna automatizovaně v prostředí GIS, nicméně jsou zde části postupů, které vyžadují i subjektivní přístup.

Pro vlastní řešení byla vybrána katastrální území Slup, Šatova a Vrbovec. Území se nacházejí v Jihomoravském kraji v okrese Znojmo. Přehledná ukázka území je uvedena na následujícím obrázku.

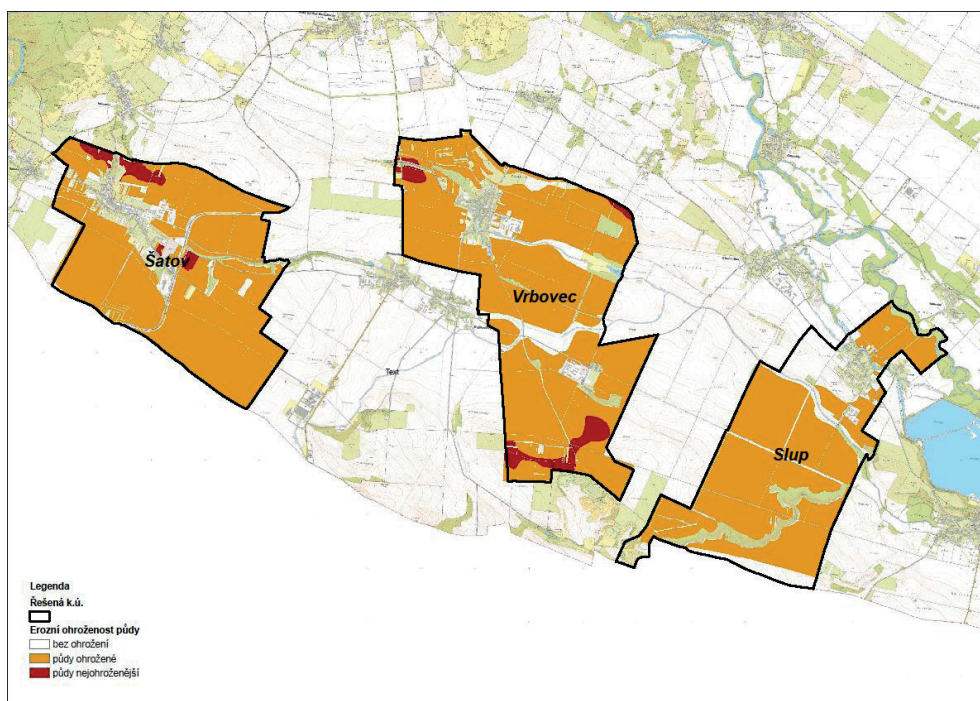


Obr. 14 Katastrální území řešená v příkladu

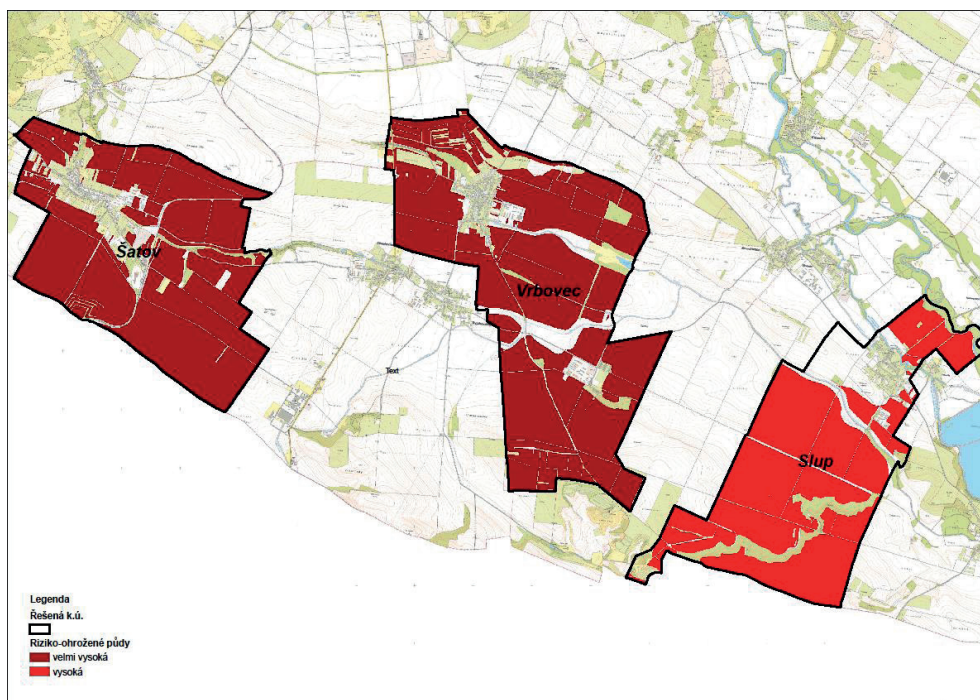
V uvedených územích byly ukončeny pozemkové úpravy. Území jsou také součástí souboru území řešených v rámci projektu. Pro tato území byla provedena aplikace metodiky. Postupně byla prověřena míra potenciálního rizika ohrožení vycházející z kategorií ohroženosti

půdy, dále pak posouzení míry rizika při uvažování vlivu ochranných bariér pro jejich současný stav v řešených územích. Výsledek tohoto prověření byl pak označen jako výchozí stav pro vyhodnocování řízení rizika. Následně byla vybrána řada pěti scénářů postupné realizace prvků PSZ, která posloužila k ukázce možného řízení rizika ve vybraných územích. Postupně jsou v následujícím textu a na obrázcích uvedeny ukázky vybraných scénářů s jejich popisem a vlivem na stanovení míry rizika. Vždy je nejdříve uveden obrázek s umístěním prvků PSZ a následně obrázek s ohodnocení potenciální míry rizika.

Dle metodiky byla nejdříve provedena analýza rizika potenciálního ohrožení dle kategorií ohroženosti půdy. Výsledek vymezení kategorií ohroženosti a míry rizika je uveden na následujících obrázcích.

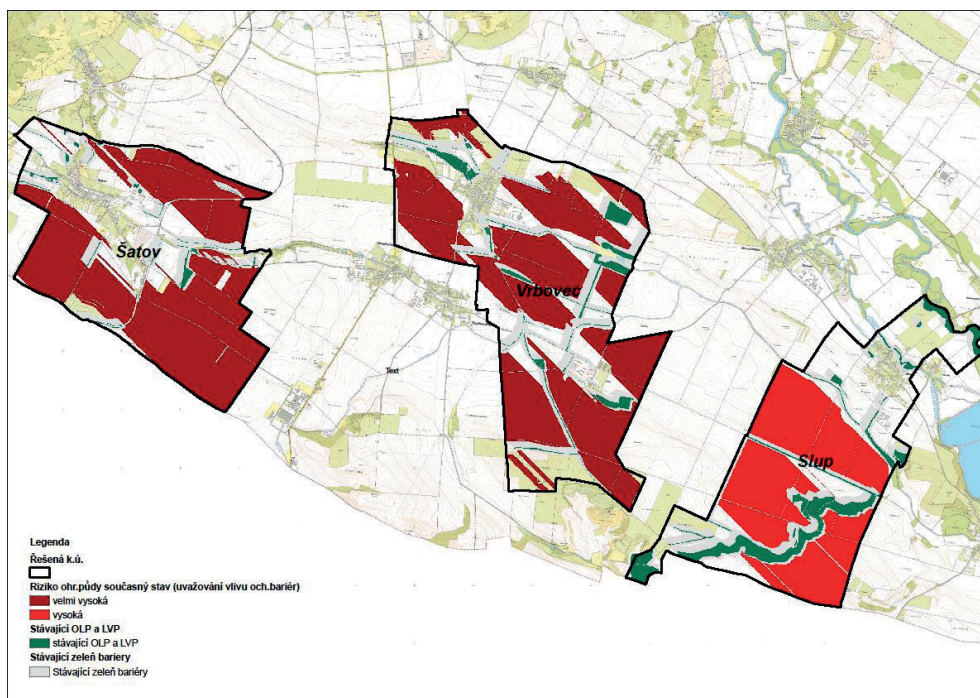


Obr. 15 Kategorie ohroženosti půd v řešených katastrálních územích – příklad



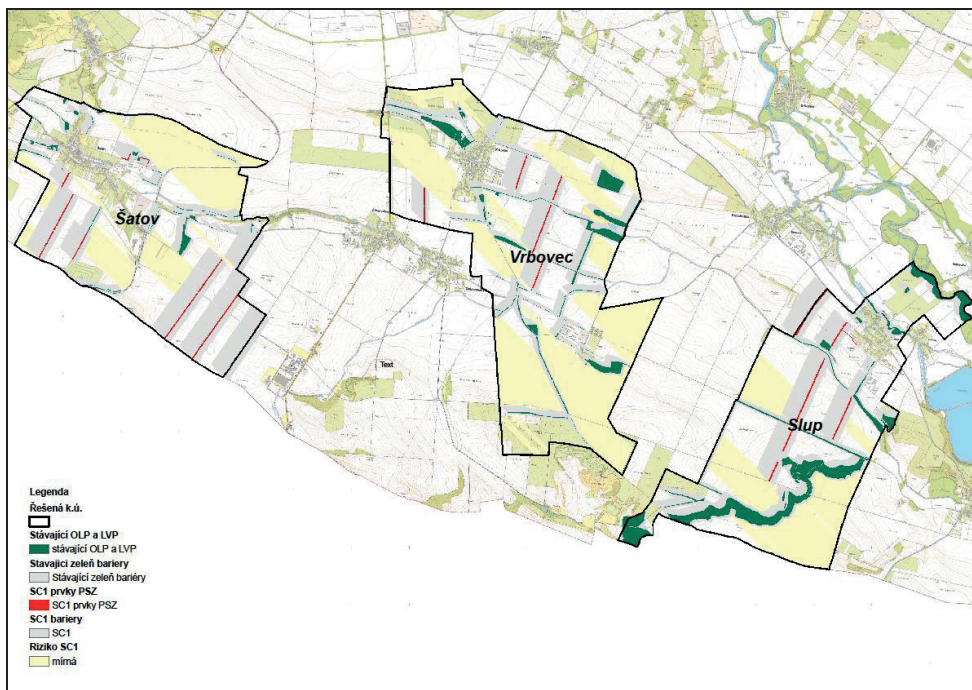
Obr. 16 Míra rizika ohrožení – kategorie ohroženosti půdy

Výsledky posouzení míry rizika při uvažování ochranného účinku stávajících bariér jsou uvedeny na následujících obrázcích. Na prvním obrázku je zobrazen současný stav OPL a LVP, který vycházel z digitální katastrální mapy včetně vymezení ochranného účinku. Druhý obrázek ukazuje vliv ochranných bariér na potenciální míru rizika větrné eroze.

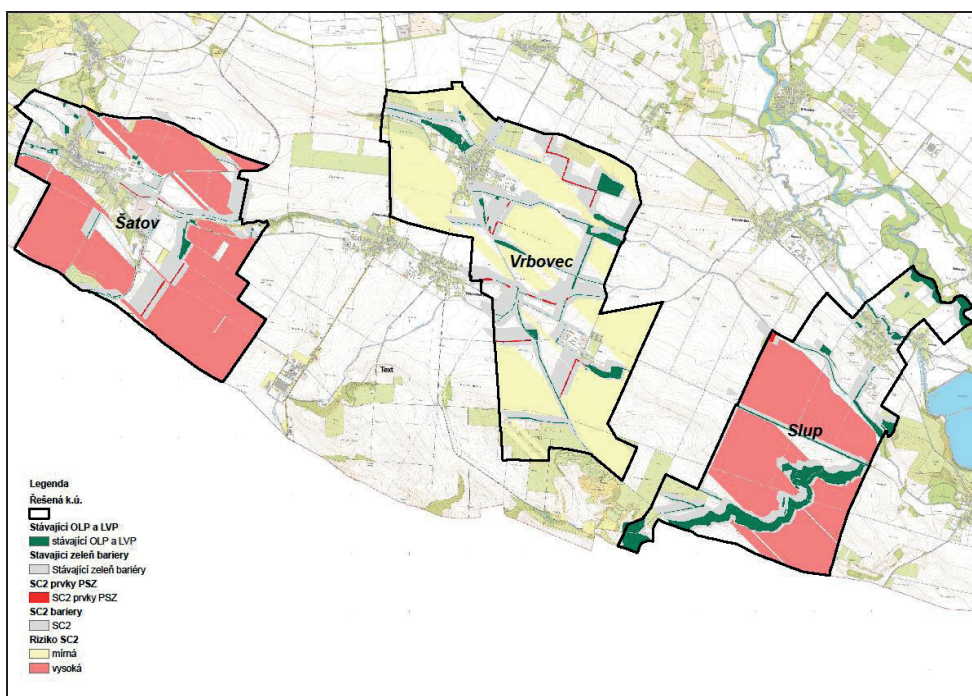


Obr. 17 Míra rizika ohrožení – zavedení vlivu ochranných bariér – současný stav.

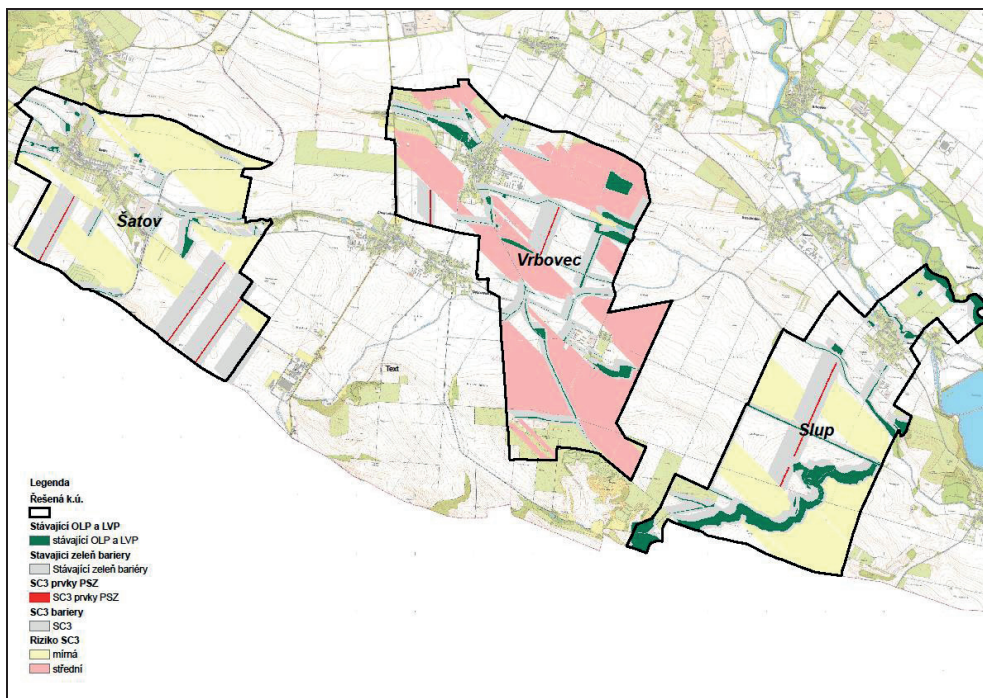
Z počátečního stavu, dle posouzení vlivu současných ochranných bariér, bylo na základě subjektivní analýzy připraveno pět scénářů postupné realizace opatření PSZ. V rámci volby scénářů nebyly uvažovány aleje podle cest, které mají jen nepatrný účinek. Prvním scénářem SC1 byla realizace všech prvků PSZ, které byly navrženy v lokalitách s překročenou tolerovanou délkou a byly primárně určeny k plnění funkce protierozní ochrany (větrolamy). Druhým scénářem SC2 byla realizace všech prvků ÚSES. Třetím scénářem SC3 byla realizace jen některých větrolamů. Jednalo se o ty, kde je možné předpokládat nejvyšší účinnost (velké výměry ohrožené půdy). Čtvrtým scénářem SC4 byla realizace jen některých prvků ÚSES, opět stejně jako u větrolamů s předpokladem nejvyšší účinnosti. Posledním scénářem SC5 byla realizace všech prvků PSZ. Pro ilustraci uvádíme vždy obrázek s vymezením prvků PSZ a obrázek jejich vlivu na potenciální míru rizika větrné eroze. Závěrem kapitoly je souhrnné hodnocení vlivu jednotlivých scénářů na potenciální ohroženost vybraných území.



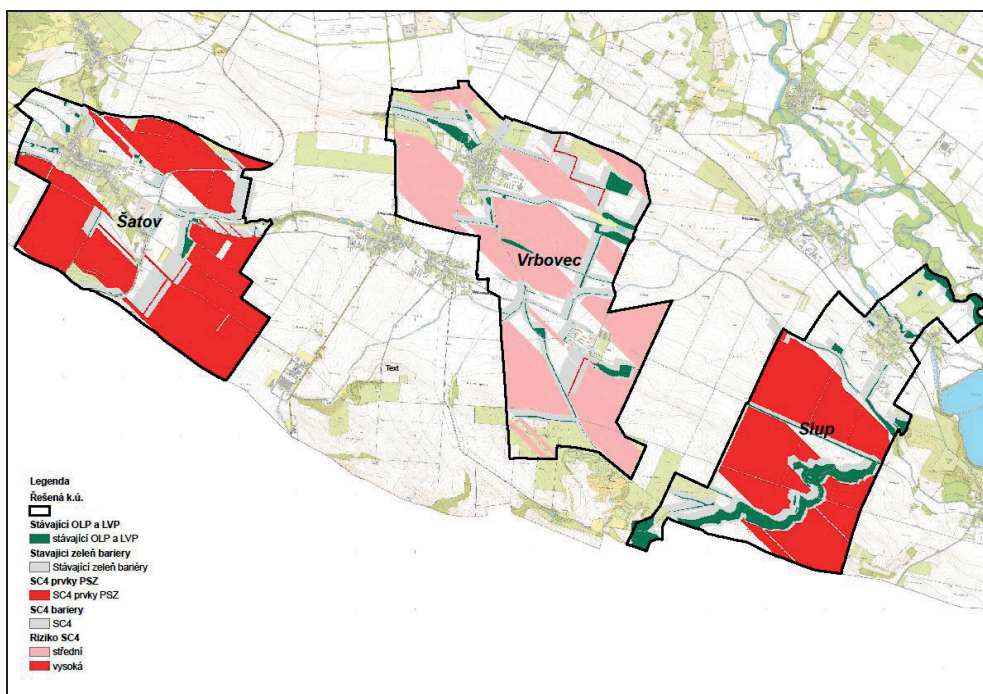
Obr. 18 Míra rizika ohrožení větrnou erozí – scénář SC1 (pouze větrolamy)



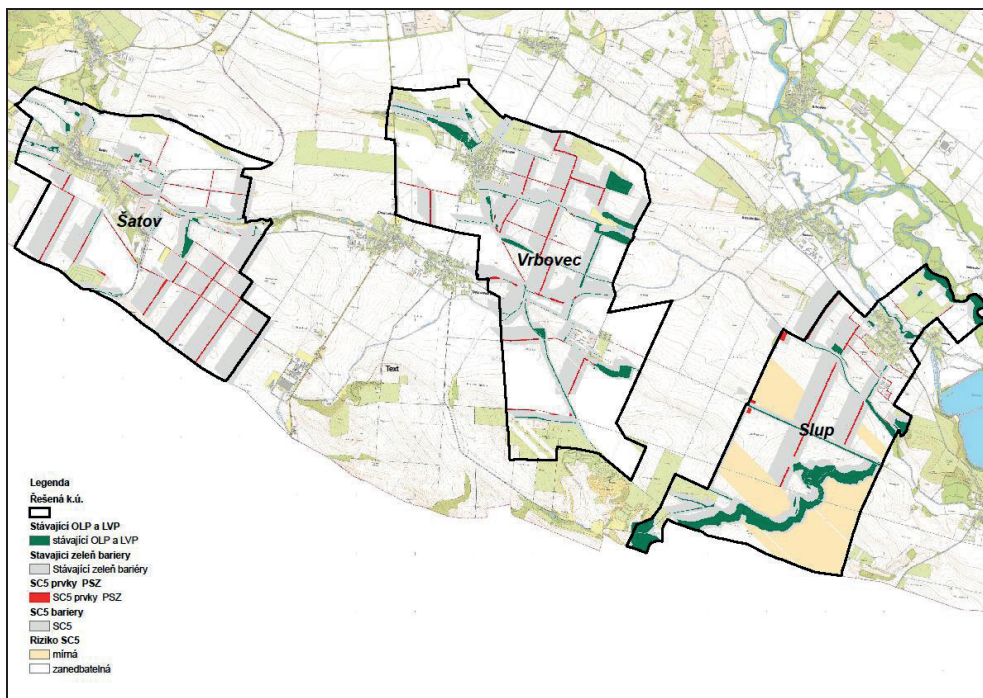
Obr. 19 Míra rizika ohrožení větrnou erozí – scénář SC2 (pouze prvky ÚSES)



Obr. 20 Míra rizika ohrožení větrnou erozí – scénář SC3 (nejúčinnější větrolamy)



Obr. 21 Míra rizika ohrožení větrnou erozí – scénář SC4 (nejúčinnější prvky ÚSES)



Obr. 22 Míra rizika ohrožení větrnou erozí – scénář SC5 (všechny větrolamy a prvky ÚSES)

Výsledky analýzy jednotlivých scénářů jsou pro přehlednost prezentovány ve formě tabulky, kde je uveden postupně v prvním sloupci popis scénáře, ve druhém až čtvrtém sloupci postupně míra rizika ohrožení větrnou erozí pro k. ú. Slup, Šatov a Vrbovec.

Tab. 15 Výsledky analýzy rizika ve vybraných územích

Scénář	Míra rizika ohrožení větrnou erozí		
	Slup	Šatov	Vrbovec
Scénář ohrožené půdy	vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká
Scénář tolerovaná délka současnost	vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká
Scénář SC1 100 % větrolamy	mírná	mírná	Mírná
Scénář SC2 100 % ÚSES	vysoká	vysoká	Mírná
Scénář SC3 vybrané větrolamy	mírná	mírná	střední
Scénář SC4 vybrané ÚSES	vysoká	střední	vysoká
Scénář SC5 všechny prvky PSZ	mírná	zanedbatelná	zanedbatelná

Výsledky posouzení míry rizika pro jednotlivé scénáře je možné shrnout do následujících závěrů:

- Katastrální území Šatov a Vrbovec jsou z hlediska půdních vlastností i při uvažování vlivu ochranných bariér velmi ohrožena větrnou erozí. To je způsobeno vyšším zastoupením půd v kategorii půdy ohrožené. Projevuje se zde i vliv malého zalesnění a výrazná absence prvků, které by mohly vytvářet ochranné bariéry. V k.ú. Slup je situace poněkud lepší. To je způsobeno jednak výskytem půd v kategorii mírně ohrožené a dále i vyšším zastoupením krajinné zeleně, která do určité míry chrání ohrožené půdy.
- Scénář SC1 ukazuje na správný návrh větrolamů. Došlo k výraznému omezení potenciální eroze, míra rizika se snížila na hodnotu mírná ve všech k. ú.
- Scénář SC2 ukazuje naproti tomu na skutečnost, že prvky ÚSES mají nižší vliv na potenciální ohroženost větrnou erozí. To je dáno skutečností, že jejich poloha je určována jinými pravidly, než převládajícím směrem větru.
- Scénář SC3 ukazuje skutečnost, že při správné volbě postupné realizace je možné dosáhnout výrazného snížení potenciální ohroženosti větrnou erozí a tím i snížení míry rizika jejich výskytu. Tato skutečnost se projeví i v procesu řízení rizika větrné eroze.
- Scénář SC4 ukazuje na skutečnost, že vhodně vybrané prvky ÚSES mohou zmírnit projevy větrné eroze. Nicméně jejich vliv není významný. To je dáno skutečnostmi popsány u scénáře SC2.
- Scénář SC5 ukazuje na skutečnost, že realizací všech prvků PSZ může dojít k výraznému omezení projevů větrné eroze. V k. ú. Šatov a Vrbovec došlo ke snížení na míru zanedbatelná. V k.ú. Slup na míru mírná. Tento účinek je však za cenu vysokých nákladů.

Posouzením míry rizika se ukazuje, že metodikou je možné také posuzovat účinnost návrhů PSZ z hlediska potenciálního ohrožení větrnou erozí. Využití metodiky umožňuje i určitou optimalizaci postupné realizace. Tato skutečnost je dokumentována v následující kapitole, která se věnuje ukázce řízení rizika.

### 4.3.2 Řízení rizika – příklad

Na základě výsledků posouzení jednotlivých scénářů při uvažování zjednodušujících předpokladů, kterými jsou odhad nákladů na realizaci a předpoklad plné účinnosti realizovaného prvku, je možné odhadnout míru účinnosti v relaci k vynaloženým nákladům. Pro přehlednost uvádíme výsledky ve formě tabulky. První dva sloupce neobsahují údaje o nákladech, neboť se jedná o současný stav území. Pro možnost posouzení účinku uvádíme výměry ohrožené půdy ve vybraných územích. V k.ú. Slup se vyskytuje 925,3 ha ohrožené půdy. V k. ú. Šatov je to 1082,6 ha a v k. ú. Vrbovec je to 1343 ha.

Tab. 16 Výsledky analýzy nákladů a užitek (podklad pro řízení rizika)

Míra rizika	Míra rizika	Náklady [mil. Kč]	Snížení výměry ohr. půdy [ha]	Míra rizika	Náklady [mil. Kč]	Snížení výměry ohr. půdy [ha]	Míra rizika	Náklady [mil. Kč]	Snížení výměry ohr. půdy [ha]
Scénář ohrožené půdy	vyšoká			velmi vyšoká			velmi vyšoká		
Scénář tolerovaná délka současnost	střední			velmi vyšoká			velmi vyšoká		
Scénář SC1 100% větrolamy	mírná	21,02	267,5	mírná	25,57	267,3	mírná	10,56	478,8
Scénář SC2 100% ÚSES	vyšoká	1,78	2,8	vyšoká	6,65	180,2	mírná	25,31	99,7
Scénář SC3 vybrané větrolamy	mírná	10,10	202,6	mírná	18,00	112,6	střední	4,90	385,8
Scénář SC4 vybrané ÚSES	vyšoká	1,78	34,3	střední	4,77	91,8	vyšoká	7,20	99,2
Scénář SC5 všechny prvky PSZ	mírná	28,69	268,8	zanedbatelná	32,12	436,7	zanedbatelná	45,82	637,8

Výsledky analýzy lze shrnout do následujících závěrů:

- Nejvyšší účinnosti dosahuje scénář SC5, nicméně jedná se o nejnákladnější scénář. Jeho celkové náklady představují řádově 106 mil. Kč.
- U scénáře SC1 představují jeho celkové náklady řádově 57 mil. Kč. Z a tuto cenu došlo k výraznému snížení ohroženosti.
- Scénář SC2 představuje náklady řádově 33 mil. Kč. Účinnost je nízká, nicméně je třeba mít na paměti, že se jedná o jiný typ opatření, jehož primární funkcí je zlepšení stavu životního prostředí a krajiny. Tento vliv lze jen těžko zahrnout do ekonomického zhodnocení.
- Scénář SC3 představuje řádově 33 mil. Kč. Těmito náklady bylo možné dosáhnout velmi vysoké účinnosti. Ve srovnání se scénářem SC5 se jedná řádově o třetinu.
- Scénář SC4 představuje řádově 13 mil. Kč. Účinnost tohoto scénáře je velmi nízká. Projevuje se však v jiných oblastech. Viz hodnocení scénáře SC2.

Výsledky odhadu nákladů na realizaci opatření mohou posloužit k řízení rizika. Je třeba provádět toto řízení v kontextu s kapitolou 2.4. Z pohledu nákladů je možné uvést, že k podstatnému snížení potenciálního ohrožení větrnou erozí ve vybraných k. ú. je možné dosáhnout s náklady cca 33 mil. Kč, doplněním o náklady na prvky ÚSES v rámci scénáře SC4 je možné dosáhnout za cenu cca 46 mil. Kč určitého souladu s doplněním prvků primárně sloužících ochraně před větrnou erozí s prvky dotvářejícími krajinu.

### III. Srovnání novosti postupů

Tato metodika je novým materiálem, vytvořeným řešitelským týmem zabývajícím se problematikou větrné eroze, aspekty jejího výskytu v podmínkách ČR a možnostmi snížení jejích účinků na degradaci půdy, biodiverzitu a škody na majetku. V první části jsou stručně shrnuty teoretické základy fenoménu větrné eroze. Další části metodiky se věnují zcela nové regionalizaci rizika větrné eroze prostřednictvím tematických mapových vrstev, postavené na vyhodnocení vlivu klimatických podmínek (přísušků, větrných charakteristik, vlhkostních a teplotních podmínek v zimním období) na erodovatelnost jak lehkých, tak těžkých půd. Takto pojaté hodnocení nebylo dosud metodicky zpracováno. Dalším inovačním aspektem metodiky je vyhodnocení rizika výskytu větrné eroze podle katastrů na podkladě nové certifikované mapy, praktická prezentace metody řízení rizika a zejména příklady posouzení investiční náročnosti různých variant návrhů opatření v rámci plánů společných zařízení v pozemkových úpravách.

### IV. Popis uplatnění

Metodika najde široké uplatnění zejména v projekční praxi pozemkových úprav a dalších územně plánovacích podkladech v oblastech náchylných k větrné erozi. Využita může být i při ochraně urbanizovaných území před nepříznivými účinky větrné eroze a převládajících větrů. Vzhledem k prognózám vývoje klimatu se předpokládá zvyšování suchosti území a frekvence erozně účinných větrů. Cíleným zakládáním liniových vegetačních bariér lze posílit ekologickou stabilitu území, ovlivnit do určité míry mikroklima území a zabránit důsledkům erozních projevů.

### V. Ekonomické aspekty

Jak je popsáno v kapitole 4.2, je možné díky popsaným metodickým postupům odhadnout míru účinnosti různých variant navrhovaných opatření v relaci k vynaloženým nákladům. Volba optimální varianty návrhu umožní úsporu nákladů, které by jinak byly v řádech desítek až stovek tisíc Kč neúčelně využity. Vzhledem k faktu, že mapy ohroženosti větrnou erozí budou přístupné na stránkách SOWAC-GIS, náklady na zavedení prezentovaných postupů pro uživatele budou minimální. Postupně bude zpřístupněn i SW pro automatické hodnocení účinnosti navržených opatření. Náklady na zpřístupnění na webovém portále ze strany poskytovatele jsou odhadnuty na 12 000,- Kč.

## VI. Literatura

BRANDLE, J. R. a kol. Windbreaks in North American Agricultural Systems. Agroforestry systems, 2004, 61, 65-78.

HOLÝ, M. Eroze a životní prostředí. Praha: ČVUT, 1994.

CHEPIL, W. S. Soil conditions that influence wind erosion. Technical Bulletin, 1958. no. 1185.

CHEPIL, W. S., WOODRUFF, N. P. Estimations of wind erodibility of field surfaces. Journal of Soil and Water Conservation, 1954, 9, 257-265.

JANEČEK, M. a kol. Mapy potenciální erozní ohroženosti zemědělských půd ČR vodní a větrnou erozí. In: Výstup z projektu NAZV EP7057 Způsoby omezení degradace půd erozí a systému protierozní ochrany. Praha: VÚMOP, 2000.

JANEČEK, M., PIVCOVÁ, J. Obnova a výsadba větrolamů. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. 2000.

KENNEY, W. A. A method for estimating windbreak porosity using digitized photographic silhouettes. Agricultural and Forest Meteorology, 1987, 39, 2-3, 91-94.

KONEČNÁ J. a kol. Multikriteriální hodnocení protierozních a vodohospodářských zařízení v pozemkových úpravách. Certifikovaná metodika. Brno: VÚMOP, v.v.i. Certifikační orgán: SPÚ. Číslo osvědčení 16/2014 - VUMOP.

KOZLOVSKY DUFKOVÁ, J., PODHRÁZSKÁ, J. Wind erosion on heavy-textured soils: calculation and mapping. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeliane Brunensis, 2011. LIX, 6, 199-208.

TICHÝ, M. Ovládání rizika. Praha: C. H. Beck, 2006.

PASÁK, V. a kol. Ochrana půd před erozí. Praha: SZN Praha, 1984.

PODHRÁZSKÁ, J. a kol. Hodnocení účinnosti trvalých vegetačních bariér v ochraně proti větrné erozi. Certifikovaná metodika, VÚMOP, v.v.i., 2011.

PODHRÁZSKÁ, J. a kol. Potenciální ohroženost zemědělské půdy větrnou erozí. Certifikovaná mapa, VÚMOP, v.v.i., 2011.

PODHRÁZSKÁ, J. a kol. Optimalizace funkcí větrolamu v zemědělské krajině. Uplatněná certifikovaná metodika. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2008.

PODHRÁZSKÁ, J., KUČERA, J., CHUCHMA, F., STŘEDA, T., STŘEDOVÁ, H. Effect of changes in some climatic factors on wind erosion risks -The case study of South Moravia. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeliana Brunensis, LXI, 6, 2013. 1829-1837.

PODHRÁZSKÁ, J., KUČERA, J., STŘEDA, T., STŘEDOVÁ, H., CHUCHMA, F. Mapa potenciálního rizika ohrožení těžkých půd větrnou erozí na základě meteorologických podmínek v zimním období. Měřítko 1:1750000. Certifikovaná mapa s odborným obsahem. Certifikační orgán: SPÚ. Číslo osvědčení 13/2014.

RIEDL, O. a kol. Lesotechnické meliorace. Praha: SZN Praha, 1973.

ŘÍHA, J. a kol. Riziková analýza záplavových území. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005.

ŠVEHLÍK, R. Větrná eroze půdy na jihovýchodní Moravě v obrazech. Sborník přírodovědeckého klubu v Uherském Hradišti Supplementum 8, 2002.

VIGIAK O., STERK G., WARREN A., HAGEN L. J. Prostorové modelování rychlosti větru v okolí větrolamu. Catena 52, 3-4, 2003, 273-288.

## VII. Seznam publikací, které předcházely metodice

DOLEŽAL P. a kol. (2015): Metodický návod k provádění vybraných činností v procesu pozemkových úprav. Brno: Agroprojekt PSO, s.r.o., VÚMOP, v.v.i., VUT v Brně, Mendelova univerzita v Brně, 56 s. Číslo osvědčení: 4/2016-SPÚ/O

**Dedikace:** TD020241

PODHRÁZSKÁ, J., DOLEŽAL, P., KUČERA, J., STŘEDOVÁ, H. (2016): Hodnocení rizika, řízení a návrh možností snížení rizika větrné eroze v zemědělské krajině. In: Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů. Úroda 12/2016, vědecká příloha časopisu. ISSN 0139-6103, s. 401-405.

**Dedikace:** QJ1220054

PODHRÁZSKÁ, J., DOLEŽAL, P., KUČERA, J., STŘEDOVÁ, H. (2016): Analýza rizika větrné eroze, postupy pro řízení a kontrolu rizik na ZPF. In Pozemkové úpravy ve střední Evropě. Konference JČU, SPU, České Budějovice. 3.- 4. 11.2016

**Dedikace:** QJ1220054

PODHRÁZSKÁ, J., KUČERA, J., STŘEDOVÁ, H. (2015): The Methods of Locating Areas Exposed to Wind Erosion in the South Moravia Region. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 62(1): 113-121. ISSN 1211-8516

**Dedikace:** QJ1220054

STŘEDOVÁ H., SPÁČILOVÁ B., PODHRÁZSKÁ J., CHUCHMA F. (2015): A universal meteorological method to identify potential risk of wind erosion on heavy-textured soils. Moravian Geographical Reports, 23(2): 56-62. ISSN 1210-8812

**Dedikace:** QJ1220054

PODHRÁZSKÁ, J., KUČERA, J., STŘEDA, T., STŘEDOVÁ, H., CHUCHMA, F. Mapa oblastí potenciálně ohrožených větrnou erozí na podkladu půdně-klimatických faktorů. Číslo osvědčení 3/2016 SPU/O.

**Dedikace:** QJ1220054

PODHRÁZSKÁ J., KUČERA, J. Syntetická mapa potenciální ohroženosti zemědělské půdy větrnou erozí. Certifikovaná mapa s odborným obsahem. Certifikační orgán: SPÚ. Číslo osvědčení 31/2014

**Dedikace:** QJ1220054

PODHRÁZSKÁ, J., KUČERA, J., CHUCHMA, F., STŘEDA, T., STŘEDOVÁ, H. (2013): Effect of changes in some climatic factors on wind erosion risks –The case study of South Moravia. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 61(6): 1829-1837. ISSN: 1211-851

**Dedikace:** QJ1220054

STŘEDOVÁ H., PODHRÁZSKÁ J., LITSCHMANN T., STŘEDA T., ROŽNOVSKÝ J. (2012): Aerodynamic parameters of windbreak based on its optical porosity. Contributions to Geophysics and Geodesy, 42(3), 213-226.

**Dedikace:** QH82099

PODHRÁZSKÁ, J., KOZLOVSKY DUFKOVÁ, J., KUČERA, J. Potenciální náchylnost těžkých půd k větrné erozi: Certifikovaná mapa s odborným obsahem. Brno. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2012. Číslo osvědčení: 16/2012-13300

**Dedikace:** QH82099

KOZLOVSKY DUFKOVÁ J., PODHRÁZSKÁ J. (2012): Regionalizace erodovatelnosti těžkých půd větrnou erozí. Úroda, 60(6):80-81. ISSN 0139-6013.

**Dedikace:** QH82099

KOZLOVSKY DUFKOVÁ, J., PODHRÁZSKÁ, J. (2011): Wind erosion on heavy-textured

soils: calculation and mapping. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 59(6), 199-208. ISSN 1211-8516

**Dedikace:** QH82099

PODHRÁZSKÁ, J., LITSCHMANN, T., HRADIL, M., STŘEDA, T., STŘEDOVÁ, H., ROŽNOVSKÝ, J., KOZLOVSKY DUFKOVÁ, J., KOHUT, M., NOVOTNÝ, I., JAREŠ, V. Hodnocení účinnosti trvalých vegetačních bariér v ochraně proti větrné erozi. Certifikovaná metodika, VÚMOP, v.v.i., 2011. 34 s. ISBN 978-80-87361-10-8.

**Dedikace:** QH82099

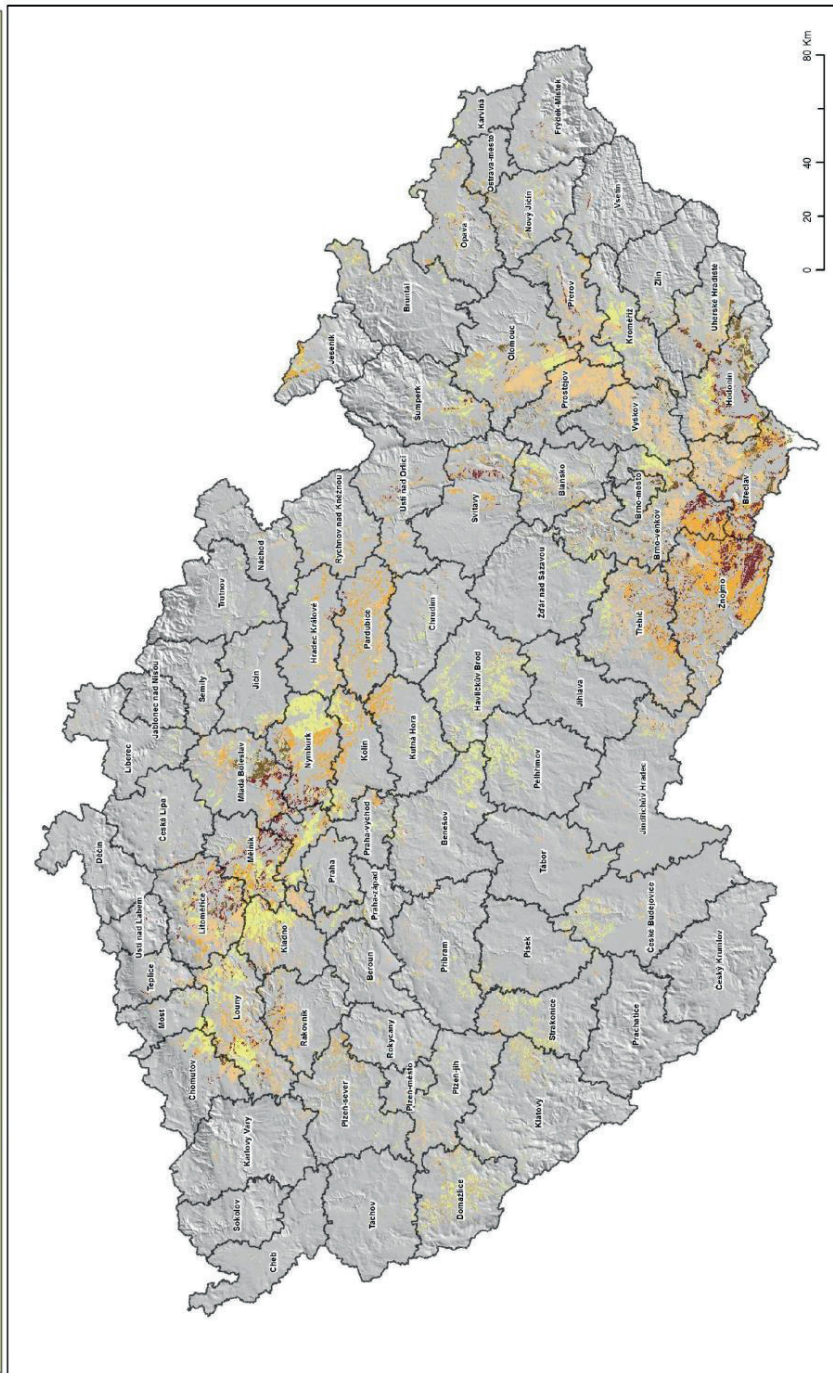
PODHRÁZSKÁ, J. a kol. Návrh a hodnocení účinnosti systému komplexních opatření v pozemkových úpravách pro zmírnění škodlivých účinků povrchového odtoku. Uplatněná certifikovaná metodika. VÚMOP, v.v.i., 2009. 96 s. ISBN 978-80-904027-7-5

**Dedikace:** QH82099

## Seznam zkratk

BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
GIS	geoinformační systém
LPIS	Land Parcel Identification System
LVP	liniové vegetační prvky
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OLP	ochranný lesní pás
OP	optická porozita
OPŽP	Operační program životního prostředí
PSZ	plán společných zařízení
STG	skupina typů geobiocénů
ÚSES	územní systém ekologické stability
VÚMOP	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

## Mapa oblastí potenciálně ohrožených větrnou erozí na podkladu půdně-klimatických faktorů



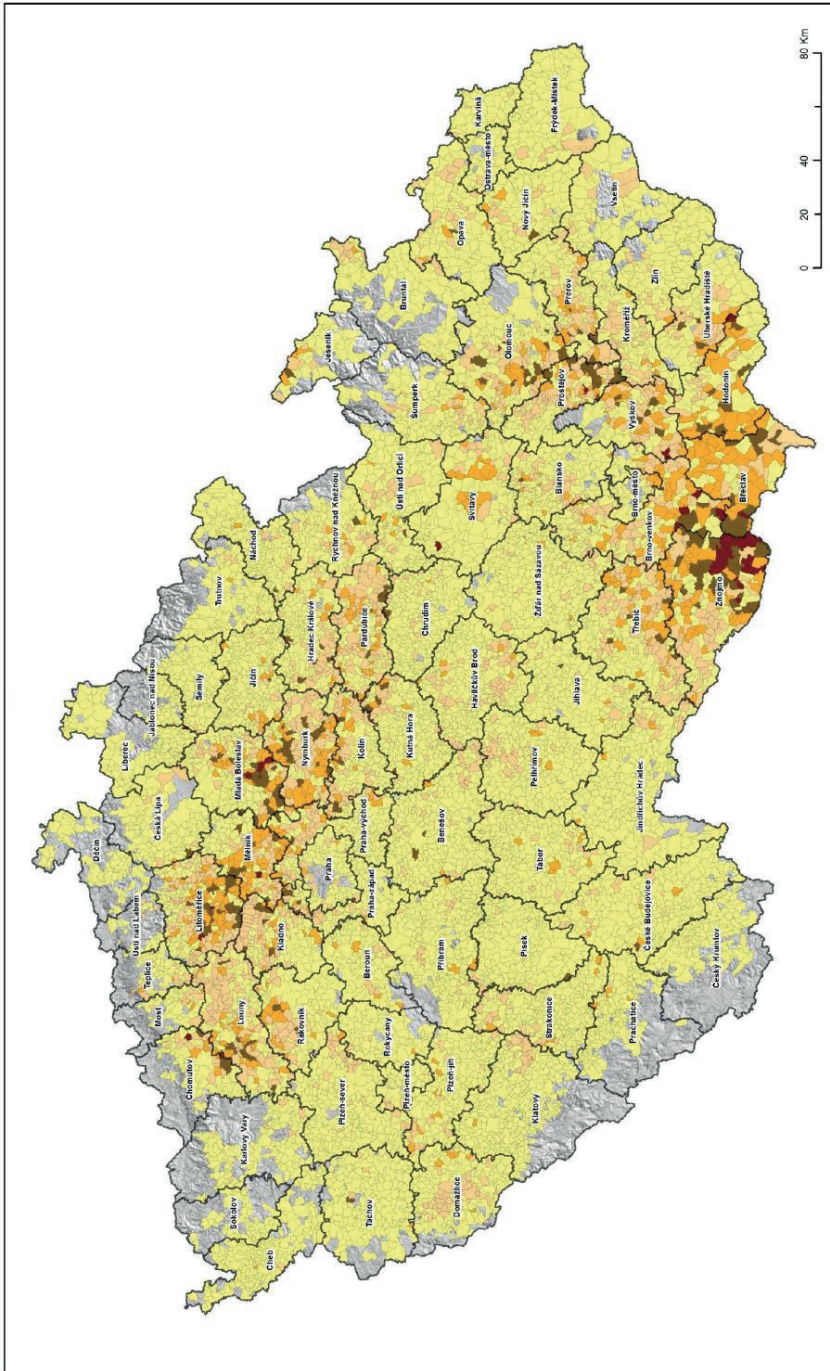
bez ohrožení (nehodnoceno)  
 půdy nachylné  
 půdy mírně ohrožené  
 půdy silně ohrožené  
 půdy nejohroženější

hranice okresu

neremédialská ostatní půda

zdrojová data: BFEJ (© VUAČP.VV.1)  
 zpracováno za pomoci řešení projektu QJ120084  
 meteorologická data (©CHMU)  
 správní hranice: © CUIZK,2016  
 software: ArcGIS 10.4  
 mapový list:

# Mapa rizika ohrožení orné půdy větrnou erozí podle katastrů



zanedbatelná míra rizika ohrožení  
 mírná míra rizika ohrožení  
 střední míra rizika ohrožení  
 vysoká míra rizika ohrožení  
 velmi vysoká míra ohrožení

neohodnoceno  
 hranice okresu  
 hranice katastrálního území

zdrojové údaje: BPEJ (© VHMOP v.o.ř.),  
 metodologická data: (© CHMU)  
 správní hranice: © CZKZ 2016  
 software: ArcGIS 10.4

© Vydání / čas / redakce a opravy mapy, v.ř.  
 Vydáno za podpory řešení projektu QJ120054  
 http://www.vmap.cz, http://projevy.vmap.cz, info@vmap.cz

Název: Řízení rizika větrné eroze

Autoři: doc. Dr. Ing. Petr Doležal (podíl na autorství 30 %, Agroprojekt PSO s.r.o)  
doc. Ing. Jana Podhrázká, Ph.D. (podíl na autorství 20 %, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.)  
Ing. Josef Kučera 20 % (podíl na autorství 20 %, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.)  
Ing. Daniel Doubrava (podíl na autorství 10 %, Agroprojekt PSO s.r.o)  
doc. Ing. Hana Středová, Ph.D. (podíl na autorství 10 %, Mendelova Univerzita v Brně)  
Ing. Tomáš Středa, Ph.D. (podíl na autorství 10 %, Mendelova Univerzita v Brně)

Kontakt: petr.dolezal@AgroprojektPSO.cz, podhrazska.jana@vumop.cz

Tato publikace neprošla jazykovou úpravou.

Za věcnou a jazykovou správnost díla odpovídají autoři.

Metodika je poskytována bezplatně.

On-line dostupné na:

<http://knihovna.vumop.cz/>

© Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2017

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

Žabovřeská 250,

156 27 Praha

[www.vumop.cz](http://www.vumop.cz)

Vydal: Tribun EU, s. r. o., Cejl 892/32, 602 00 Brno

Vydání: první, 2017

Náklad: 40 ks.

Počet stran: 53 s.

ISBN 978-80-263-1158-4