Střelcová, K., Škvarenina, J. & Blaženec, M. (eds.): "BIOCLIMATOLOGY AND NATURAL HAZARDS"
International Scientific Conference, Poľana nad Detvou, Slovakia, September 17 - 20, 2007, *ISBN 978-80-228-17-60-8*

Vliv větrolamů na větrnou erozi

J. Dufková

Ústav aplikované a krajinné ekologie, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1,
613 00 Brno, Česká republika (e-mail: janadufkova@email.cz)

Abstract The influence of shelterbelts on the erodibility of soil by wind was studied at the three chosen shelterbelts of Southern Moravia, Czech Republic – near the shelterbelts in the cadastral areas of Dolní Dunajovice, Micmanice and Suchá Loz. Ambulatory measurements of wind velocity as so as soil sampling for soil humidity analyses, non-erodible and clay particles analyses were done during the year of 2006. Subsequently, real erodibility of soil by wind was determined at these three areas. Results of the measurements and calculations verify positive effect of shelterbelts consisted in wind velocity decreasing, soil humidity increasing and soil resistance increasing at the leeward side of the shelterbelts.

Key words: *shelterbelt, wind erosion, wind velocity, non-erodible particles, clay particles, erodibility*

1. Úvod

Podstatou příznivého účinku ochranných lesních pásů neboli větrolamů je snížení rychlosti větru v určité vzdálenosti před a za větrolamem a snížení turbulence vzdušných mas v přízemních vrstvách. Účinnost větrolamů závisí na jejich šířce, druhové skladbě dřevin a především na jejich propustnosti pro vzdušné proudění. Snížením rychlosti větru se zvyšuje vlhkost vzduchu i půdy, což zase zpětně brání jejímu odnosu. Vlhká půda je těžší než suchá a snáze odolává účinkům větru. Vlhkost přímo ovlivňuje erodovatelnost půdy působením kohezních sil mezi částicemi, nepřímo ovlivňuje tvorbu půdních agregátů, které snáze odolávají erozi.

Erodovatelnost (ohroženost) půdy větrem vyjadřuje vzájemné působení větru, vlhkosti půdy a obsahu neerodovatelných částic v půdě. Práce se snaží zachytit rozdíly těchto charakteristik měřených vždy na návětrné a závětrné straně větrolamů na celkem třech různých lokalitách jižní Moravy.

2. Materiál a metody

2.1. Charakteristika zájmových území

Erodovatelnost půdy větrem, a tedy rychlost větru, vlhkost půdy a obsah neerodovatelných částic v půdě, byla sledována na návětrné a závětrné straně větrolamů třech lokalit jižní Moravy – u větrolamů v katastru obcí Dolní Dunajovice (okr. Břeclav), Micmanice (okr. Znojmo) a Suchá Loz (okr. Uherské Hradiště).

Dolní Dunajovice (Obr. 1)

Větrolam s orientací Z–V, s šířkou 18 m a výškou cca 20 m je tvořen zapojenými dřevinami různého věku. Horní úroveň větrolamu tvořena jedinci topolu kanadského (*Populus canadensis*). V podúrovni se vyskytuje jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), javor horský – klen (*Acer pseudoplatanus*), javor mléčný (*Acer platanoides*) a javor jasanolistý (*Acer negundo*). Javor klen, javor mléčný a jasan ztepilý se přirozeně zmlazují. Keřové patro zahrnuje jedince čimišníku obecného (*Caragana arborescens*), bezu černého (*Sambucus nigra*) a růže šípkové (*Rosa canina*).

Micmanice (Obr. 1)

Jedná se o větrolam s orientací JJZ–SSV, jehož šířka je 7 m a výška cca 14 m. Je tvořen různověkými, dobře zapojenými dřevinami. Hlavní úroveň tvoří jedinci javoru jasanolistého (*Acer negundo*), javoru horského – klenu (*Acer pseudoplatanus*), javoru mléčného (*Acer platanoides*) a jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*). V keřovém patře je výrazně zastoupen čimišník obecný (Caragana arborescens). Ojediněle se zde vyskytuje i bez černý (*Sambucus nigra*) a ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*).

Suchá Loz (Obr. 1)

Větrolam má orientaci Z–V, jeho šířka je 4 m a výška cca 22 m. Je tvořen dvěmi etážemi, přičemž horní úroveň tvoří dvě řady vyspělých jedinců topolu kanadského (*Populus canadensis*). Jeho koruny jsou převážně zapojené. Ve spodní etáži se vyskytují mladší jedinci dubu letního (*Quercus* robur) a lípy malolisté (*Tilia cordata*) s vtroušenými jedinci jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*). V keřové vrstvě jsou zastoupeni jedinci brslenu evropského (*Eonymus europaeus*), svídy krvavé (*Swida canguinea*), růže šípkové (*Rosa canina*) a hlohu jednosemenného (*Crataegus monogyna*). Ojediněle se vyskytují skupinky plně zapojených jedinců trnky obecné (*Prunus spinosa*).

2.2. Stanovení erodovatelnosti půdy větrem

Pro stanovení erodovatelnosti půdy větrem byl použit vztah podle Pasáka (1967), kdy bylo potřeba znát obsah neerodovatelných částic v půdě, poměrnou vlhkost půdy a rychlost větru při povrchu půdy. Vzhledem k tomu, že rychlost větru a vlhkost půdy je nutno naměřit/stanovit přímo v terénu, jedná se tedy o hodnoty okamžité (platí jen pro určitý okamžik), mluvíme o stanovení skutečné okamžité erodovatelnosti půdy větrem.

Obr. 1 Větrolamy v katastru obcí Dolní Dunajovice (nahoře) , Micmanice (ve střede) a Suchá Loz (dole)

Rovnice erodovatelnosti tak vyjadřuje vzájemné působení základních faktorů ovlivňujících náchylnost půd k erozi větrem (1):

$$E = 22{,}02 - 0{,}72P - 1{,}69V + 2{,}64R \qquad (1)$$

kde:

E = erodovatelnost půdy větrem ($g.m^{-2}$),

P = obsah neerodovatelných částic v půdě (%),

V = poměrná vlhkost půdy (% hmotnostní) a

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

Vzorky půdy pro stanovení obsahu jílnatých částic, obsahu neerodovatelných částic a vlhkosti půdy byly na všech lokalitách odebírány ze vzdálenosti 50 m od větrolamu na straně návětrné a 50 m od větrolamu na straně závětrné.

Zastoupení neerodovatelných částic v půdě je považováno za rozhodující kritérium erodovatelnosti půdy větrem. Neerodovatelné částice v půdě byly zjišťovány agregátovou analýzou prosíváním průměrného na vzduchu vyschlého vzorku půdy z povrchové vrstvy sítem o velikosti ok 0,8 mm. Za povrch půdy se považuje hraniční vrstva mezi horní úrovní půdního prostředí nebo výsypkových materiálů a atmosférou (Poleno, 1995). Vážením celkového množství vzorku půdy a množství vzorku na sítu po prosetí, lze vypočíst obsah neerodovatelných částic v procentech (2):

$$P = \frac{p}{c} \times 100 \qquad (2)$$

kde:

P = obsah neerodovatelných částic v půdě (%),

p = hmotnost vzorku po prosetí sítem o velikosti ok 0,8 mm (g),

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

Ke stanovení skutečné erodovatelnosti půdy větrem bylo potřeba přepočítat okamžitou vlhkost půdy na vlhkost poměrnou. Poměrná vlhkost půdy se vypočítá z rovnice (3) a (4) (Pasák, 1984):

$$V = \frac{V_O}{V_n} \qquad (3)$$

$$V_n = \frac{o}{2{,}4} \qquad (4)$$

kde:

V = poměrná vlhkost půdy (%),

V_O = vlhkost okamžitá (%),

V_n = nepřístupná voda (%) a

o = obsah jílnatých částic (%).

Ke zjištění okamžité vlhkosti půdy byla použita vážková (gravimetrická) metoda (Jandák, 2001). Vzorky pro stanovení vlhkosti byly odebírány z rovného hladkého povrchu půdy nekrytého vegetací ani jejími zbytky.

Obsah jílnatých částic v půdě, tj. částic menších než 0,01 mm, byl zjištěn zrnitostním rozborem půdy, metodou pipetovací (Jandák, 2001).

Během roku 2006 proběhla ambulantní měření rychlosti větru na třech vybraných lokalitách jižní Moravy. Rychlost

větru byla měřena ve vzdálenosti 50 m od větrolamu na straně návětrné a 50 m od větrolamu na straně závětrné, ve výšce 20 cm nad půdním povrchem. Souprava pro měření rychlosti větru se skládala z čidla W1 a převodníku s proudovými výstupy 1WD420. Čidlo používalo pro měření rychlosti větru rotační lopatkový kříž. Snímání otáček kříže bylo prováděno optoelektronicky a k dalšímu zpracování předáno v digitální formě. Čidlo bylo přímo napájeno z převodníku. Měření okamžitých hodnot rychlosti větru probíhalo automaticky v pětivteřinovém měřícím kroku se záznamem do paměti dataloggeru (ústředna HOBO).

Maximální přípustné množství odnosu, tj. průměrný odnos půdy při 60 % zastoupení půdních částic větších než 0,8 mm, se rovná u našich půd 1,4 $g.m^{-2}$, tj. 14 $kg.ha^{-1}$ (Pasák, 1970). Velikost přípustné ztráty půdy vychází jednak z požadavku udržení úrodnosti půdy na stálé výši, jednak z požadavku, aby nebyly poškozovány erozí zejména mladé rostlinky odhalováním kořínků nebo poškozováním stonků saltujícími půdními částicemi.

3. Výsledky a diskuze

Ke stanovení skutečné okamžité erodovatelnosti půdy větrem bylo potřeba zjistit obsah neerodovatelných částic v půdě, poměrnou vlhkost půdy a rychlost větru při povrchu půdy.

Měření rychlosti větru a odběr půdních vzorků ke stanovení její vlhkosti proběhlo na každé lokalitě pouze jedenkrát, a to v jarním období roku 2006 (Dolní Dunajovice 19. 04. 2006, Micmanice 04. 05. 2006 a Suchá Loz 29. 06. 2006). Z tohoto důvodu lze skutečnou okamžitou erodovatelnost půdy větrem stanovit jen v tyto termíny.

Obsah neerodovatelných částic v půdě, tj. částic větších jak 0,8 mm, byl zjišťován agregátovou analýzou, výsledky se nachází v Tab. 1

Obsah neerodovatelných částic je na závětrné straně větrolamu vyšší než na straně návětrné, a to u všech třech lokalit. Podle Pasáka (1970), je možno považovat zastoupení částic větších než 0,8 mm v suché půdě za rozhodující kriterium pro posouzení potenciální erodovatelnosti půdy větrem. Půdy mající obsah neerodovatelných částic větší než 60 % lze pokládat za erozně stálé – odolávající odnosu půdních částic větrem.

Tab. 1 Obsah neerodovatelných částic v půdě

Lokalita	Strana větrolamu	% obsah neerodovatelných částic v půdě
Dolní Dunajovice	návětrná	9,20
	závětrná	16,19
Micmanice	návětrná	36,75
	závětrná	53,46
Suchá Loz	návětrná	67,72
	závětrná	68,01

Ke stanovení poměrné vlhkosti půdy bylo potřeba zjistit vlhkost půdy okamžitou a obsah jílnatých částic v půdě.

Okamžitá vlhkost půdy, zjišťovaná na návětrné a závětrné straně větrolamu v době měření rychlosti větru, je vyšší na straně závětrné (Tab. 2), což potvrzuje pozitivní působení větrolamů na zvýšení vlhkosti na jimi chráněném území oproti plochám nechráněným.

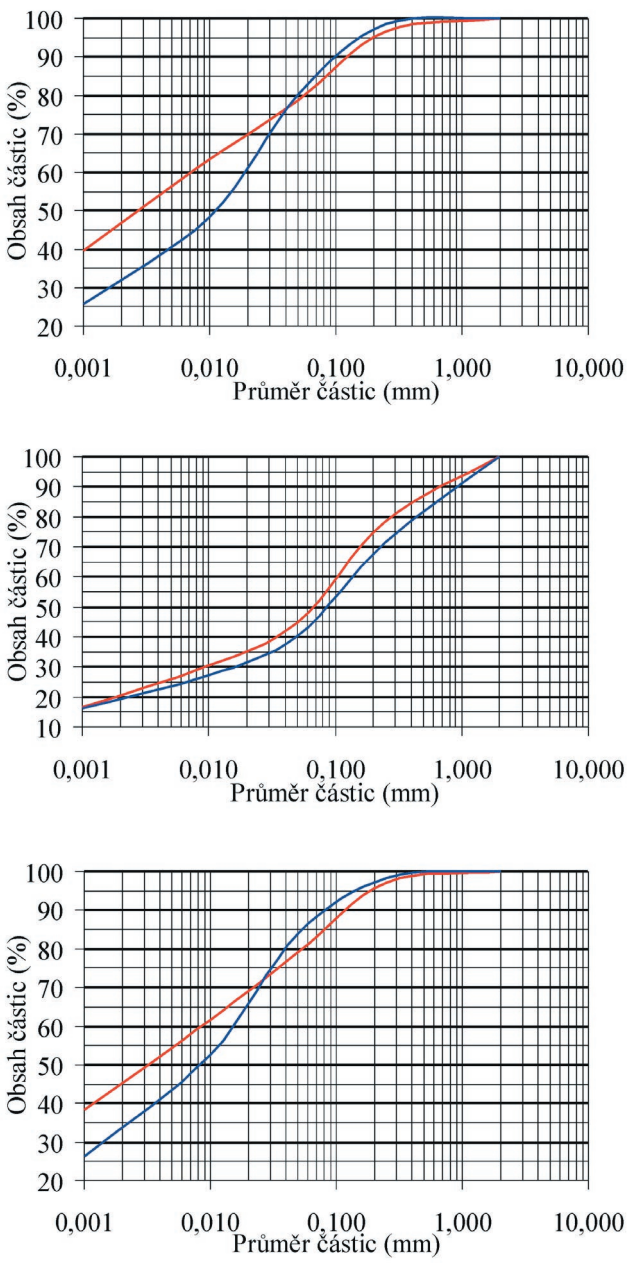
Zmírněním rychlosti větru za větrolamem se zvyšuje vlhkost vzduchu i půdy, což zase zpětně brání odnosu půdy. Vlhká půda je těžší než suchá a snáze odolává účinkům větru. Vlhkost přímo ovlivňuje erodovatelnost půdy působením kohezních sil mezi částicemi, nepřímo ovlivňuje tvorbu půdních agregátů, které snáze odolávají erozi (Švehlík, 2002).

Tab. 2 Okamžitá vlhkost půdy

Lokalita	Strana větrolamu	Okamžitá vlhkost půdy v %
Dolní Dunajovice	návětrná	2,66
19. 04. 2006	závětrná	4,70
Micmanice	návětrná	10,59
04. 05. 2006	závětrná	24,05
Suchá Loz	návětrná	6,50
29. 06. 2006	závětrná	13,10

Obsah jílnatých částic v půdě je na straně závětrné v porovnání se stranou návětrnou nižší, a to na všech třech lokalitách (Obr. 2).

Podle Pasáka (1970) se vlhkost půdy na erodovatelnost větrem výrazně uplatňuje pouze u půd s malým obsahem jílnatých částic, především tedy u půd písčitých. Se zvětšujícím se obsahem jílnatých částic význam vlhkosti v půdě klesá. Jejich obsah překrývá vliv vlhkosti na erodovatelnost. Tím je také možno vysvětlit i větší ohroženost zavlažovaných lehkých půd větrem. Jemné půdní částice jsou častou závlahou rychleji splavovány do spodních horizontů. Povrchová vrstva je o tyto jemné částice stále ochuzována a stává se více náchylnou k deflaci již při menším přechodném poklesu vlhkosti.



Obr. 2 Zrnitostní křivky půd z k.ú. obcí Dolní Dunajovice (nahoře), Micmanice (ve střede) a Suchá Loz (dole). Červená křivka pro stranu návětrnou, modrá po stranu závětrnou.

Rychlost větru u povrchu půdy byla měřena ambulantně v 50 m od větrolamu na straně závětrné a návětrné. Výsledky měření potvrzují předpoklad pozitivního působení větrolamů na redukci rychlosti větru (Tab. 3).

Závislost mezi rychlostí větru a erodovatelností půdy je lineární a statisticky vysoce významná. Zvýšením rychlosti větru při povrchu půdy o 1 m.s^{-1} se zvýší odnos půdních částic suché lehké půdy v průměru o 15 g.m^{-2}. U půd s větším obsahem jílnatých částic je zvyšování odnosu půdních částic větší rychlostí větru postupně menší. U půd hlinitých se zvýší odnos pouze o 0,07g.m^{-2} (Pasák, 1970).

Tab. 3 Rychlost větru u větrolamů

Lokalita	Strana větrolamu	Rychlost větru v m.s^{-1}	
Dolní Dunajovice	návětrná	průměr	1,45
		minimum	0,19
		maximum	2,66
	závětrná	průměr	0,51
		minimum	0,19
		maximum	1,25
Micmanice	návětrná	průměr	4,14
		minimum	1,72
		maximum	7,48
	závětrná	průměr	0,55
		minimum	0,19
		maximum	1,13
Suchá Loz	návětrná	průměr	0,40
		minimum	0,19
		maximum	1,25
	závětrná	průměr	0,07
		minimum	0,01
		maximum	0,41

Po dosazení potřebných parametrů do rovnice (1) vychází, že přípustný odnos půdy větrem, který u našich půd činí 1,4 g.m^{-2} (Pasák, 1970), byl překročen u dvou lokalit, v katastru obcí Dolní Dunajovice (na návětrné i závětrné straně větrolamu) a Micmanice (na návětrné straně větrolamu) (Tab. 4).

Tab. 4 Skutečná erodovatelnost půdy větrem u vybraných větrolamů jižní Moravy

Lokalita	Strana větrolamu	P (%)	V (%)	R (m.s^{-1})	E (g.m^{-2})
Dolní Dunajovice	návětrná	9,20	0,10	1,45	19,16
	závětrná	16,19	0,23	0,51	11,31
Micmanice	návětrná	36,75	0,84	4,14	5,08
	závětrná	53,46	2,13	0,55	0,00
Suchá Loz	návětrná	67,72	0,35	0,40	0,00
	závětrná	68,01	0,60	0,07	0,00

Pokud je do rovnice (2) dosazena maximální rychlost větru za sledované období, potom se skutečná erodovatelnost půdy větrem ještě zvýší (Tab. 5).

Tab. 5 Skutečná erodovatelnost půdy větrem u vybraných větrolamů jižní Moravy (po dosazení maximální rychlosti větru do rovnice)

Lokalita	Strana větrolamu	P (%)	V (%)	R ($m.s^{-1}$)	E ($g.m^{-2}$)
Dolní Dunajovice	návětrná	9,20	0,10	2,66	22,25
	závětrná	16,19	0,23	1,25	13,27
Micmanice	návětrná	36,75	0,84	7,48	13,91
	závětrná	53,46	2,13	1,13	0,00
Suchá Loz	návětrná	67,72	0,35	1,25	0,00
	závětrná	68,01	0,60	0,41	0,00

4. Závěr

Prioritní funkcí větrolamů – biotechnických opatření proti větrné erozi – je ochrana pozemků a kultur před deflací půdy. Větrolamy mají však i další příznivé vlivy, z nichž jmenujme např. vliv na zvýšení teploty a relativní vlhkosti vzduchu a půdy, vliv na snížení výparu z půdy a vegetace, vliv na zvýšení tvorby rosy či výnosů. Na návětrné straně působí větrolam do 10ti a na závětrné straně do 20–25ti násobku své výšky. Vliv větrolamů na krajinu se projevuje především v klimaticky suchých oblastech. V oblastech vlhčích není jejich vliv tak průkazný.

Uvedená měření a výpočty potvrzují pozitivní účinek větrolamů spočívající jednak v redukci rychlosti větru, jednak ve zvýšení vlhkosti půdy a v neposlední řadě ve zvýšení erodibility (odolnosti) půdy na straně závětrné.

Mají-li větrolamy plnit účinně půdoochranné poslání, musí být vybudovány v systému sítě větrolamů. Správné rozmístění v terénu předpokládá znalost směru větru v období nejintenzivnější větrné expozice a maximální dosahované rychlosti. Situování je nutno vždy přizpůsobit nejen nejčastěji se opakujícím směrům větru, ale i konfiguraci území a navázat na existující porosty (Podhrázská et Dufková, 2005).

5. Poděkování

Výsledky této práce jsou součástí řešení projektu NAZV č. 1R44027.

6. Literatura

[1] JANDÁK, J. – PRAX, A. – POKORNÝ, E., 2001. Půdoznalství. Skriptum MZLU v Brně. 1. vyd. Brno: MZLU v Brně. 142 s. ISBN 80-7157-559-3.

[2] PASÁK, V., 1967. Faktory ovlivňující větrnou erozi půdy. Vědecké práce VÚMOP Praha, č. 9, s 143–149.

[3] PASÁK, V., 1970. Wind Erosion on Soils. Scientific Monographs, Výzkumný ústav meliorací, Zbraslav nad Vltavou, č. 3., 187 s.

[4] PASÁK, V., 1984. Ochrana půdy před erozí. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 164 s.

[5] PODHRÁZSKÁ, J. – DUFKOVÁ, J., 2005. Protierozní ochrana půd. Skriptum MZLU v Brně, 99 s. ISBN 80-7157-856-8.

[6] POLENO, Z., 1995. Lesnický naučný slovník, II. díl. Praha: vyd. MZe ČR, 683 s. ISBN 80-7084-131-1.

[7] ŠVEHLÍK, R., 2002. Větrná eroze na jihovýchodní Moravě v obrazech. Sborník Přírodovědného klubu v Uherském Hradišti, Supplementum 8, 80 s.