

Vladan Jareš, Magdalena Vaverková, Jana Kozlovsky Dufková

OZNACZANIE POROWATOŚCI ZADRZEWIEŃ ŚRÓDPOLNYCH W CZECHACH W RÓŻNYCH PORACH ROKU

EVALUATION OF THE OPTICAL POROSITY IN TIME OF WINDBREAKS IN THE CZECH REPUBLIC

Streszczenie

Zadrzewienia śródpolne (wiatrołomy) są w krajobrazie rolniczym ważnymi liniowymi formacjami roślinnymi. Istotne znaczenie ma ich funkcja przeciwerozyjna, niemniej jednak znacząca jest także ich wielofunkcyjność. To, jaką funkcję w krainie może spełniać zadrzewienie śródpolne decyduje jego struktura. W terenie, porowatość rzeczywistą – aerodynamiczną jest bardzo trudno określić ilościowo, dlatego też bardzo często określa się ją w przybliżeniu za pomocą porowatości optycznej. Porowatość optyczna określana jest przy użyciu zdjęć cyfrowych oraz odpowiedniego oprogramowania. Ocena dynamiki porowatości optycznej w czasie określa zmiany w przepuszczalności zadrzewienia śródpolnego (wiatrołomu). Poznanie oraz ochrona zadrzewień śródpolnych prowadzi do wspierania trwale zrównoważonej gospodarki rolnej w krajobrazie rolniczym.

Słowa kluczowe: kraina, zadrzewienie śródpolne, przepuszczalność optyczna

Summary

Windbreaks are important vegetation line formations in rural landscape. They have polyfunctional significance and in particular provide soil protection from erosion. The means of its function in the landscape is predetermined by its structure. The most important structure factors are considered their height and porosity. The actual, i.e. aerodynamical porosity, can hardly be quantified in the landscape and therefore it is often assessed by optical porosity determination. The optical porosity is determined by digital photographs and suitable software. By evaluation of the dynamics of the optical porosity in time, alterations in porosity of

the windbreaks can be observed. The recognition and subsequent protection of the windbreaks leads to improved sustainable development in rural landscape.

Key words: *landscape, windbreaks, aerodynamical porosity*

WSTĘP

Termin zadrzewienie śródpolne (wiatrołom) opisuje Podhrázská [2008] jako roślinność drzewiastą liniowego charakteru, posadzoną czasami spontanicznie i bez wiedzy technicznej, która ma na celu ochronę gleby przed erozją. Może to być leśny pas ochronny (LPO), aleja, krzewy wokół budynków, żywe płoty itd., na gruntach leśnych i nieleśnych. Historyczne wykorzystanie zadrzewień w Republice czeskiej opisuje Cablík i Jůva [1963] od roku 1750 np.: w Polabí koło Kladrub oraz Pohří, południowe Morawy. Według Kolibáčovéj [2000] i Pivcovéj [2002] zadrzewienia śródpolne były wysadzane przede wszystkim w południowych Morawach od połowy XX wieku, co również potwierdza Podhrázská [2008], Fojtová [1996], Lacina [1998], a na południowo-wschodnich Morawach od 70-tych tego samego wieku. Janeček [2002, 2008], Podhrázská [2008], Dumbrovský [2004], Mareček [2005], Muchová [2009] rozdzielają zadrzewienia śródpolne na:

- przepuszczalne, złożone z jednego czy dwóch rzędów drzew bez pietra krzewów,
- półprzepuszczalne, złożone z kilku rzędów drzew oraz pietra krzewów, które są słabiej rozwinięte ewentualnie warstwa koronowa jest w mniejszym stopniu spójna, uznawane za najlepszą ochrona przed erozją gleby,
- nieprzepuszczalne, które są złożone z kilku rzędów drzew i pietra krzewów, w taki sposób, że wytwarzają zamkniętą ścianę.

Według Cleughy [2003] efekt zadrzewienia śródpolnego w krajobrazie polega na obniżeniu energii wiatru. Zadrzewienia śródpolne tworzą zacisze, gdzie prędkość wiatru jest mniejsza niż w miejscach, które nie są chronione. Jest to główną funkcją zadrzewień śródpolnych. Jednakże wiatrołomy spełniają wiele funkcji w krajobrazie co potwierdzają: Forman [1995], Burke [1998], Janeček [2002, 2008], Podhrázská [2008].

Według Sturrocka [1988], Wighta [1988], Zubchenoka [1989], Spellmana i Whitinga [2007] wiatrołomy przede wszystkim chronią gleby przed erozją, chronią rośliny przed uszkodzeniem przez wiatr, modyfikują mikroklimat i rozłożeniu śniegu, poprawiają warunki życia wolno żyjących organizmów, obniżają hałas, tworzą wizualne bariery dla nieatrakcyjnych miejsc (wysypiska, budynki gospodarcze itd.), określają granice nieruchomości, chronią budynki oraz poprawiają estetykę krajobrazu.

Skuteczność zadrzewień śródpolnych jest determinowana jego strukturą [Jůva 1962; Cablík i Jůva 1963; Peri i Bloomberg 2002; Cornelis i Gabriels 2005; Burke 1998; Cleugh 2003].

Ważną cechą strukturalną zadrzewienia śródpolnego na zmniejszenie prędkości wiatru jest jego przepuszczalność. Pasák [1984], Bache i Mc Askill [1984], Podhrázská [2008], Muchová [2009], uważają za optymalną wartość tej przepuszczalności w granicach 40 – 50%, która odpowiada półprzepuszczalnemu zadrzewieniu śródpolnemu. Loeffler [1992] definiuje przepuszczalność jako stosunek lub procent wolnej przestrzeni w zadrzewieniu śródpolnym w porównaniu z powierzchnią wypełnioną przez pnie, gałęzie i liście. Przepuszczalność zadrzewienia śródpolnego możemy określić za pomocą pomiaru prędkości wiatru na nawietrznej i zawietrznej stronie wiatrołamu, optycznie – szacunkowo, lub jako przepuszczalność optyczną (PO) określaną na podstawie fotografii cyfrowej. Rzeczywista (aerodynamiczna) przepuszczalność α zdefiniowana przez Litschmanna i Rožnovského [2005] oraz Guana [2003], jako stosunek między średnią prędkością wiatru zmierzoną na stronie nawietrznej a średnią prędkością na otwartej przestrzeni.

Optyczną przepuszczalność β , określaną z cyfrowych fotografii opisują: Kenney [1987], Loeffler [1992], Burke [1998]. Litschmann i Rožnovský [2005], określając ją jako stosunek białych punktów do ich całkowitej ilości w określonym wycinku fotografii. Przepuszczalność optyczna nie odpowiada jednak aerodynamicznej porowatości, ponieważ nie bierze pod uwagę właściwości prawdziwej przestrzeni 3D z porów przez które przechodzi wiatr [Loeffler 1992; Vigiak 2003]. Metoda określania przepuszczalności optycznej jaką podają Kenney [1987] i Burke [1998], jest możliwa do szybkiego stosowania w terenie, w przeciwieństwie do trudnej do określenia rzeczywistej przepuszczalności aerodynamicznej proponowanej przez Loefflera [1992] i Litschmanna [2007]. Z tych powodów do oceny przepuszczalności optycznej została zastosowana ocena dynamiki przepuszczalności zadrzewienia śródpolnego w czasie.

METODY BADAŃ

Dla celów badawczych zostało wybrane zadrzewienie śródpolne w katastrze Hustopeče w Południowych Morawach (GPS: E 16°44'19 N; 48°55'35).

Jest to czterorzędowe zadrzewienie śródpolne z pasmem krzewów na każdej stronie. Przeprowadzono badania optycznej przepuszczalności zadrzewienia śródpolnego, a dokładniej jego referencyjnego fragmentu nawietrznej strony oraz jego zmiany w ciągu roku (lato, jesień, zima). Przeprowadzono również ocenę w terenie, w celu określenia gatunków drzew. Podstawowym warunkiem do wyznaczenia optycznej przepuszczalności zadrzewienia śródpolnego przy pomocy cyfrowych fotografii było zrobienie zdjęć w linii prostopadłej do osi wiatrołamu [Litschmann i Rožnovský 2005]. Wysokość wykonania zdjęć jest różna u różnych autorów; [Zhang 1995; Loeffler 1992; Lazzaro 2008; Sy 2009] i wynosi od 1,5 do 1,8 m.

Odległość wykonywania fotografii od ściany roślinności jest również różna u różnych autorów. U Loefflera [1992] wynosi 1H (gdzie H jest wysokością wiatrołomu). Sy [2009] i hang [1995] zalecają 5H. Z kolei Vallières [2001] robi zdjęcia z odległości 30 m.

Dla potrzeb badań fotografie zostały wykonane aparatem Nikon D90, prostopadle do nawietrznej ściany wiatrołamu (określone za pomocą pięciokąta, drewnianych kołków i taśmy) w odległości 30 m od nawietrznej strony roślinności. Wysokość wykonania fotografii wynosiła 1,7 m. Długość obejmowanego fragmentu zadrzewienia śródpolnego wynosiła 30 m (mierzone taśmą z zaznaczeniem kołkami geodezyjnymi). Fotografie obejmowały całą wysokość zadrzewienia śródpolnego. Wysokość zadrzewienia śródpolnego była mierzona wysokościomierzem leśnym Haglof Electric Clinometer (HEC) z miejsca wykonywania fotografii. Zdjęcia zostały wykonane w lecie, jesienią oraz w zimie w terminach 27.08.2010 (rys. 1), 20.10.2010 (rys. 2) oraz 05.01.2011 (rys. 3). Fotografie następnie zostały przetworzone w programie GIMP, który Čevela [2010] porównuje do starszych wersji programu Adobe Photoshop. Do dalszych analiz został wykorzystany program ArcInfo. Przetwarzanie fotografii za pomocą programu GIMP obejmowało zmianę skalowania tak, aby wyznaczony fragment oraz określona wysokość, odpowiadały wartościom zmierzonym w terenie oraz ich transformacjom w celu jak największego pokrycia zadrzewienia śródpolnego w ciągu trzech pór roku. W celu dalszej analizy poszczególnych zdjęć, czyli transferu na białe i czarne punkty metodą segmentacji krawędziowej obrazów cyfrowych, fotografie zostały nałożone na siebie i przycięte wraz z wyznaczeniem siatki o boku 2 m. Hlavač i Šonka [1992] definiują segmentację cyfrową jako metodę, która pod względem przeliczeń jest łatwa, szybka i możliwa do określenia w rzeczywistym czasie w celu zmiany wstępnego obrazu f na wyjściowy (fragmentowany) binarny obraz g .

W celach zidentyfikowania przepuszczalności optycznej białe punkty reprezentują powietrze a czarne biomasę zadrzewienia śródpolnego. Na podstawie ich stosunku można określić przepuszczalność zadrzewienia śródpolnego w wybranym fragmencie. Przedstawioną metodę opisał Kenney [1987]. W naszych warunkach metoda została zmodyfikowana i wykorzystana przez Litschmanna i Rožnovskiego [2005, 2007]. Po transformacji na czarne i białe punkty ograniczono przejrzystość wstępnego obrazu, dzięki czemu została poprawiona widoczność warstwy z segmentacją krawędziową. Opisane zjawisko pozwala wykonać ręczne poprawki tych miejsc obrazu, które zostały w procesie segmentacji stłumione lub przeciwnie podkreślone i zlewają się. Chodzi przede wszystkim o cienkie łodygi drzew. Metodą tą można zredukować subiektywność segmentacji opisywaną przez Litschmanna i Rožnovskiego [2005].

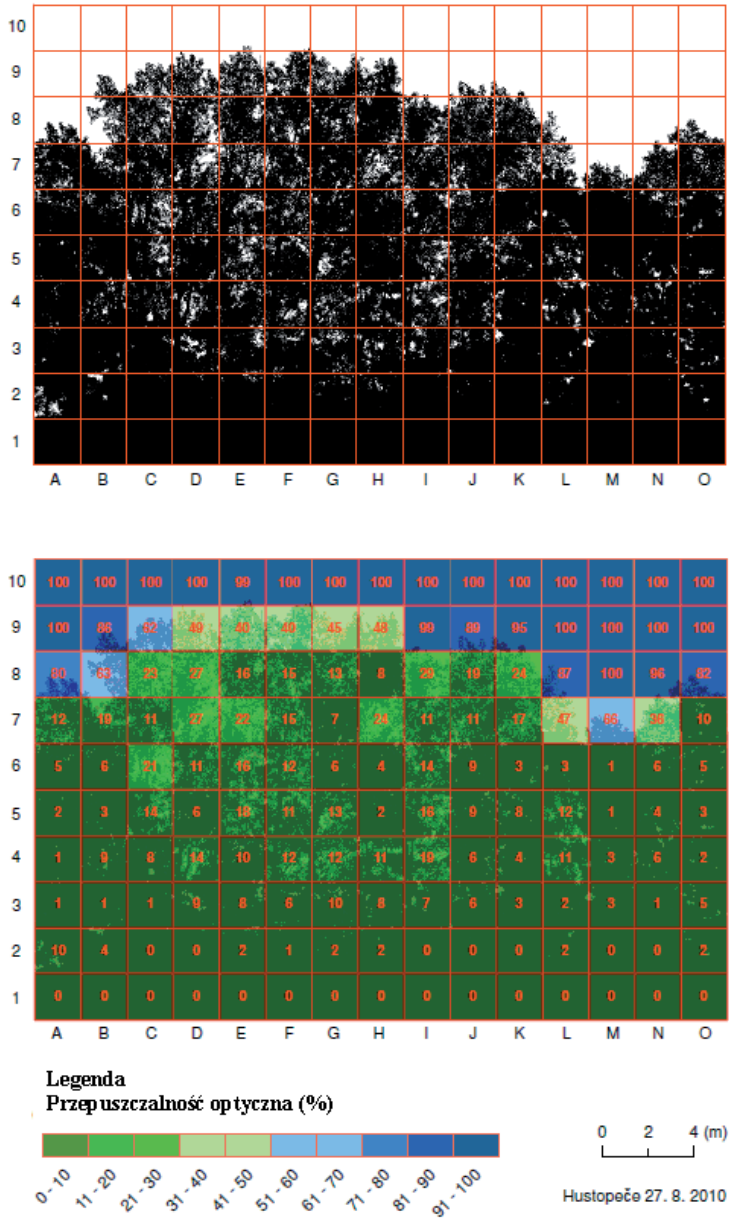
Wyjściowy, binarny obraz w każdym polu został ponownie pokryty siatką. Za pomocą histogramu określono wartość procentową białych i czarnych punktów, odpowiadającą optycznej przepuszczalności danego pola. Kolejne przetwo-

zenie danych zostało przeprowadzone w programie ArcInfo. Fotografie zostały georeferencjowane i pokryte wielokątami o długości boku 2 m. Wielokątom przypisano atrybuty wyrażające wartości ich optycznej przepuszczalności. Atrybutom przypisano kolorową skalę wyrażającą interwał 10%. Dzięki temu uzyskaliśmy kolorowe zróżnicowane obrazy, przedstawiające różne wartości przepuszczalności optycznej w celu określenia zmian wiatrołamu w różnych porach roku (lato, jesień, zima). Na podstawie wymogów optymalnej przepuszczalności wiatrołamu określonych interwałem 40–50%, [Psák 1984, Bache i McAskill 1984, Podhrázká 2008, Muchová 2009] lub wymogów na półprzepuszczalność wiatrołamu określono ilość kwadratów spełniających ten warunek.

WYNIKI I DYSKUSJA

Badane zadrzewienie śródpolne ma w swojej dolnej części dobrze wykształcone, zwarte piętro krzewów z dominacją *Caragana arborescens*, *Euonymus europaea* i *Sambucus nigra*. Piętro krzewów wygląda na nieprzepuszczalne. W koronach drzew, a przede wszystkim w ich górnej części, wiatrołam jest rozluźniony. Wybrany fragment, w którym została określona przepuszczalność optyczna składa się z niżej wymienionych rodzajów drzew o średnicy pnia większej jak 6 cm. Częstotliwość rodzajów drzew podana jest w nawiasach. *Fraxinus excelsior* (14), *Populus X canadensis* (9), *Quercus robur* (8), *Ulmus laevis* (8), *Acer negundo* (2). Wewnętrzne rzędy zadrzewienia śródpolnego (wiatrołamu) są tworzone przede wszystkim przez *Fraxinus excelsior* (14), *Populus X canadensis* (9). Kolejne wymienione znajdują się na skraju zadrzewienia śródpolnego (wiatrołamu). W środku zadrzewienia śródpolnego obserwujemy wyraźny podrost *Fraxinus excelsior* a *Caragana arborescens*. Na południowej nawietrznej stronie znajduje się polna ścieżka. Grunty w okolicy zadrzewienia śródpolnego na południowej i północnej stronie są wykorzystywane rolniczo. Szerokość zadrzewienia śródpolnego wynosi 17 m a wysokość 18 m. W zadrzewieniu śródpolnym znajdują się urządzenia myśliwskie oraz nielegalne wysypisko. Z przepuszczalności optycznej mierzonej w terminach 27.08.2010 (rys. 1), 20.10.2010 (rys. 2) oraz 05.01.2011 (rys. 3), została obliczona średnia wartość pasa na wysokości 2 m. Podsumowanie wyników zostało przedstawione graficznie na rys. 4, z którego wynika, że najniższa średnia przepuszczalność optyczna obserwowana jest w terminie letnim tzn. 27.08.2010.

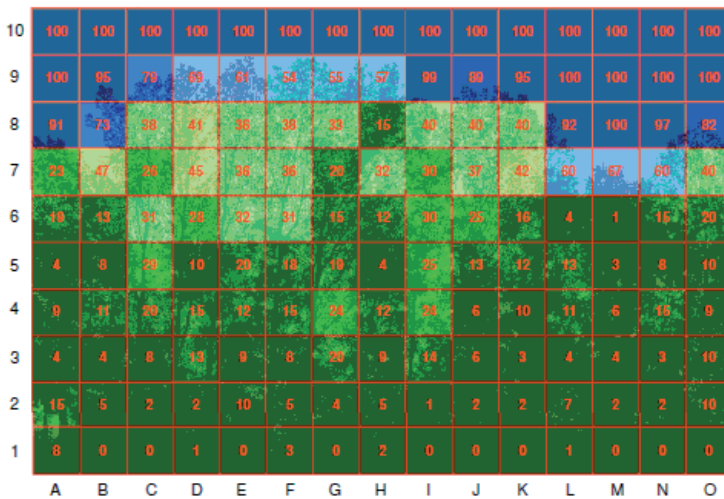
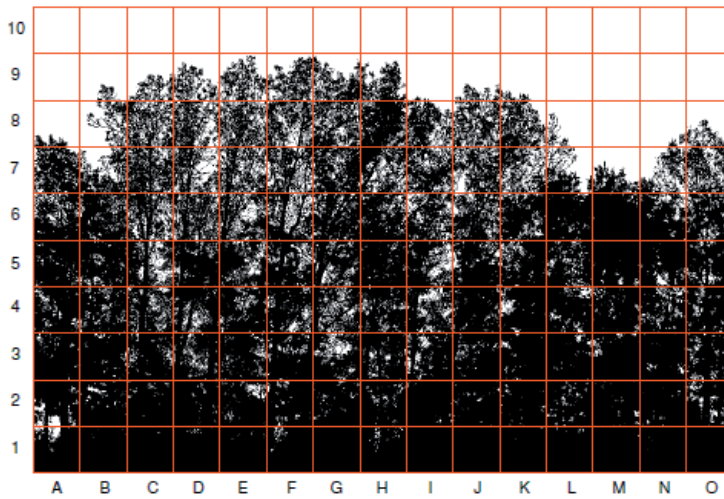
Średnia przepuszczalność optyczna w kolejnych terminach rośnie, co jest spowodowane opadem liści. Z grafu również jest oczywiste rozluźnienie górnej części koron drzew dominujących *Fraxinus excelsior* oraz *Populus X canadensis*. Niższa średnia przepuszczalność optyczna obserwowana w dolnej części wiatrołamu spowodowana jest przykryciem takich drzew jak: *Quercus robur*, *Ulmus laevis* oraz *Acer negundo*. Zwłaszcza w dolnej części wiatrołamu krzewy



Źródło: opracowanie własne.
Source: own study.

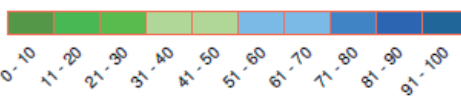
Rysunek 1. Ocena przepuszczalności optycznej wiatrołamu Hustopeče w terminie 27. 8. 2010

Figure 1. Evaluation of the optical porosity within windbreak Hustopeče 27th 8. 2010



Legenda

Przepuszczalność optyczna (%)



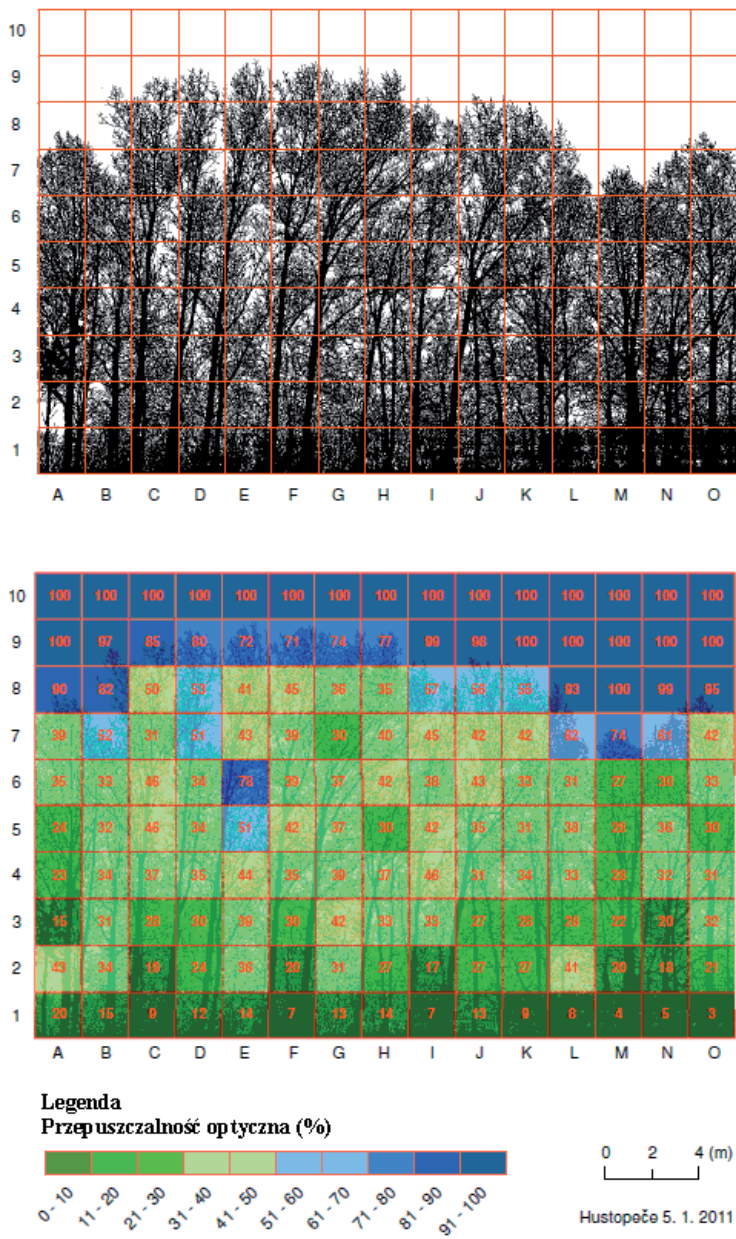
0 2 4 (m)

Hustopeče 20. 10. 2010

Źródło: opracowanie własne.
Source: own study.

Rysunek 2. Ocena przepuszczalności optycznej wiatrołamu Hustopeče w terminie 20. 10. 2010

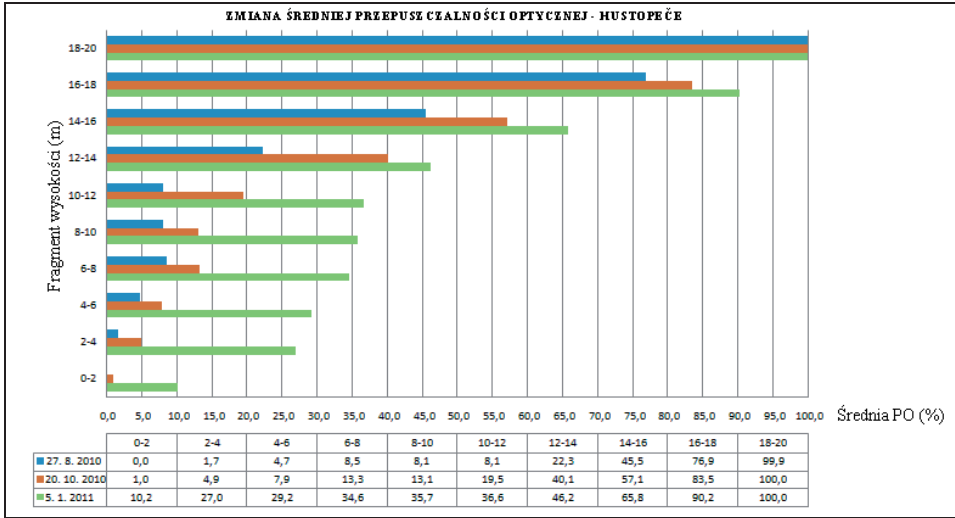
Figure 2. Evaluation of the optical porosity within windbreak Hustopeče 20th 10. 2010



Žródło: opracowanie własne.
Source: own study.

Rysunek 3. Ocena przepuszczalności optycznej wiatrołamu Hustopeče w terminie 5. 1. 2011

Figure 3. Evaluation of the optical porosity within windbreak Hustopeče 5th 1. 2011



Źródło: opracowanie własne.
Source: own study.

Rysunek 4. Ocena zmian średniej przepuszczalności optycznej podwyższonego poziomu
Figure 4. Evaluation of changes in the average optical porosity higher level

Caragana arborescens, *Euonymus europaea* oraz *Sambucus nigra* wpływają na większą gęstość zadrzewienia śródpolnego (wiatrołamu), czyli jego małą przepuszczalność. Optymalną przepuszczalność, czyli wartości w interwale 40–50% są osiągane w miesiącach letnich jedynie w 6 kwadratach, w miesiącach jesiennych w 8 kwadratach a miesiącach zimowych w 20 kwadratach. Z przedstawionych wyników wypływa, że zadrzewienia śródpolne (wiatrołamy) są dynamiczną strukturą, która ulega zmianom w czasie. Ze zmianą listowia zadrzewienia śródpolnego (wiatrołamu) w cyklu fenologicznym w ciągu roku, zmieniają się również wartości określonej przepuszczalności optycznej. Maksymalna ilość liści, czyli najmniejsza przepuszczalność optyczna obserwowana jest z końcem lata. Wzrost optycznej przepuszczalności pojawia się jesienią oraz zimą, kiedy to osiąga swoje maksimum [Lazzaro 2008]. Zmiany wartości przepuszczalności optycznej w tym kontekście przytacza również Loeffler [1992], Vigiak [2003]. Heisler i De Walle [1988], Loeffler [1992] zwracają uwagę na ogólnie wyższą przepuszczalność optyczną drzew liściastych w czasie badań bez liści (zima) w porównaniu z zimozielonymi drzewami. Przepuszczalność optyczna może ulegać zmianom również w wyniku silnych wiatrów, które powodują ruch liści w kierunku wiatru.

WNIOSKI

Ocena przepuszczalności zadrzewienia śródpolnego (wiatrołomu) Hustopeče potwierdziła dynamikę przepuszczalności optycznej, którą również potwierdzają wyżej cytowani autorzy. Wykorzystanie pasma ochronnego jest kompromisem pomiędzy praktycznym a idealnym przedstawieniem przepuszczalności zadrzewienia śródpolnego [Hang 1995]. Ocena pasma ochronnego wyraża możliwość, która dzięki sylwetkom roślin umożliwi orientacyjnie opisanie przepuszczalności barier wietrznych [Canqui i Lal 2009]. Podobnie jak Vigiak [2003] zauważamy, że metoda określenia przepuszczalności optycznej jest możliwą do wykonania i szybką metodą. W badaniach został również potwierdzony przerost topoli w zadrzewieniach śródpolnych, o którym mówi Tichá [2009] i Kolibačová [2000], podobnie jak parametr strukturalny wysokości i szerokości (który autorka określa interwałem 18–20 m dla wysokości 5–6 m dla szerokości). Potwierdzono wnioski Litschmanna [2007], który zwraca uwagę na to, że topole, w zadrzewieniach śródpolnych były planowane jako drzewa tymczasowe, jednak do dziś nie zostały usunięte, w wyniku czego nie zostało uwolnione miejsce dla drzew długowiecznych. Z przeprowadzonych badań terenowych wynika, że zadrzewienie śródpolne służy nie tylko w celach ochrony gleby, roślin przed uszkodzeniem wiatru, są miejscem dla dokarmiania zwierzęcy, ale również jako miejsce – niestety - gromadzenia odpadów.

Acknowledgements: Supported by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic, Project No. MZE QH82099.

Podziękowanie: Projekt wspierany przez Ministerstwo Rolnictwa Republiki Czeskiej, Projekt Nr. MZE QH82099.

BIBLIOGRAFIA

- Bache D. H., <http://www.amazon.com/Vegetation-Civil-Landscape-Engineering-Bache/dp/0246115076> Macaskill I. A. *Vegetation in Civil and Landscape Engineering*. Granada Publishing, Great Britain 1984, 336 s.
- Burke S. *Windbreaks*. Inkata Press, Port Melbourne 1998, 128 s.
- Cablik J., & Jůva K.. *Protierozní ochrana půdy*. MÍR, Praha 1963, 324 s.
- Canqui h. B., Lal R.. *Principles of Soil Conservation and Management*. Springer 2009, 620 s.
- Cleugh H. *Trees for shelter. A guide to using windbreaks on Australian farms*. RIRDC pub. no. 02/059, JVAP or RIRDC, Australy 2003, 70 s.
- Cornelis, W. M., Gabriels D., T. Lauwaerts, *Simulation of Windbreaks for Wind–Erosion Control in a Wind Tunnel*. <http://www.weru.ksu.edu/symposium/proceedings/cornelis.pdf> (cit. 2.6. 2010).
- Čevela L. *Digitální fotografie v programu GIMP*. Computer Press: Brno 2010, 192 s.
- Dumbrovský M., Mezera J., Štřítecký L. *Metodický návod pro vypracování návrhů pozemkových úprav*. ČMPKÚ 2004, 190 s.
- Fojtová V. *Větrolamy – nutnost nebo jizvy na tváři krajiny?* *Veronica* 1996,10(1), 11–13.

- Forman R. T. T. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge 1995, 656 s.
- Guan D., Zhang Y., Zhu T. *A wind-tunnel study of windbreak drag*. Agricultural and Forest Meteorology 2003, 118 (1–2), 75–84.
- Heisler G. M., Dewalle D. R. *Effects of Windbreak Structure on Wind Flow*, s. 41–67. In: Brandle J. R., Hintz D. L., Sturrock J. W. (eds) 1998: *Windbreak Technology: Proceedings of an International Symposium on Windbreak Technology*, Lincoln, Nebraska, June 23–27 1986. Elsevier Science Ltd, Amsterdam 1988, 608 s.
- Hlaváč V., Šonka M. *Počítačové vidění*. Grada, Praha 1992, 272 s.
- Janeček M., a kol. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ISV, Praha 2002, 201s.
- Janeček M., a kol. *Základy erodologie*. ČZU v Praze, Praha 2008, 165 s.
- Jůva K., a kol. *Meliorace*. ČSAZV a SZN, Praha 1962, 356 s.
- Kennedy W. A. *A method for estimating windbreak porosity using digitized photographic silhouettes*. Agricultural and Forest Meteorology 1987, 39 (2–3), 91–94.
- Kolibáčová S. *Dendrologický průzkum větrolamů na jižní Moravě*. Disertační práce. Brno: MZLU v Brně 2000, 168 s. + příl.
- Lacina D. *Větrolamy: Jak dál?*. Ochrana přírody 1998, 53, (10), 292–295.
- Lazzaro L., Otto S., Zanin G. *Role of hedgerows in intercepting spray drift: Evaluation and modelling of the effects*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 123 (4), February 2008, 317–327.
- Litschmann T. & Rožnovský J. 2005. *Optická hustota (porosita) větrolamu a její vliv na charakter proudění*, In: Litschmann T. & Rožnovský J. (eds): *Bioklimatologie současnosti a budoucnosti, Křtiny 12.–14.9 2005*. Česká bioklimatologická společnost v nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu 2008, 91 s. + 1 CD-ROM.
- Litschmann T., Rožnovský J., Podhrázská, J. *Využití optické porozity ke klasifikaci větrolamů*, In: Stfelcová, K., Švarenina, J., Blaženec, M. (eds): *Bioclimatology and natural hazards*. International Scientific Conference, 14–20. September, Poľana nad Detvou, Slovakia 2007, 183s.
- Loeffler A. E., Gordon, A. M., Gillespie, T. J. *Optical porosity and wind speed reduction by coniferous windbreaks in Southern Ontario*. Agroforestry System, 1992, 17 (2), 119–133.
- Muchová Z., Vanek J., a kol. *Metodické štandardy projektovania pozemkových úprav*. Ministerstvo pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja SR+SPU v Nitre, Nitra.
- Pasák V., a kol. 1984. *Ochrana půdy před erozí*. SZN, Praha 2009, 164 s.
- Peri P. L. & Bloomberg M. *Windbreaks in southern Patagonia, Argentina: A review of research on growth models, windspeed reduction, and effects on crops*. Agroforestry Systems, 56 (2), 129–144.
- Pivcová J. 2002. *Problematika stávajících větrolamů a možnost řešení jejich obnovy při pozemkových úpravách*. Pozemkové úpravy, 2002, (42), 18–21.
- Podhrázská J., a kol. *Optimalizace funkcí větrolamů v zemědělské krajině*. Metodika. VÚMOP, Praha (odd. Brno) 2008, 24 s. + Mapa.
- Spellman F. R., & Whiting E. N. *Environmental Management of Concentrated Animal Feeding Operations (CAFOs)*. CRC Press, 2007, 496 s.
- Sturrock J. W. *Aerodynamics studies of shelterbelts in New Zealand – 1*, NZ J Sci 12, 754–776.
- Sy D. V. 2009. *Spatial modeling of windbreak effects on wind erosion in South Patagonia, Argentina*. MSc Thesis, Wageningen University, Wageningen 1969, 54 s.
- Tichá S. *Větrolamy*, s. 223–252. In: VACEK S., SIMON J., a kol.: *Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách*. Lesnická práce, s. r.o, Kostelec nad černými lesy 2009, 792 s.
- Vallières CH. *L'obstruction visuelle latérale de bandes boisées de bandes boisées de différents types en forêt dominée l'épinette noire*. MSc Thesis, Université Laval, Laval 2001, 43 s.

- Vigiak O., Sterk G., Warren A., Hagen L. J. *Spatial modeling of wind speed around windbreaks*. Catena, 2003, 52 (3–4), 273–288.
- Wight B. Farmstead Windbreaks, s. 261– 280. In: Brandle J. R., Hintz D. L., Sturrock J. W. (eds) 1988. *Windbreak Technology: Proceedings of an International Symposium on Windbreak Technology*, Lincoln, Nebraska, June 23–27 1986. Elsevier Science Ltd, Amsterdam, 1988, 608 s.
- Zhang H., Brandle J. R., Meyer G. E. Hodges L. *The relationship between open windspeed and windspeed reduction in shelter*. Agroforestry Systems, 1995, 32 (3), 297–311.
- Zubchenok, T. *Guidelines for Windbreaks in New Mexico*. New Mexico Dept. of Energy, Minerals and Natural Resources, New Mexico State Forestry, 1989, 38 s.

Bc. Ing. Vladan Jareš, DiS.
Mgr. Ing. Magdalena Vaverková, Ph.D.
Ing. Jana Kozlovsky Dufková, Ph.D.
Ústav aplikované a krajinné ekologie
Agronomická fakulta Mendelovy univerzity v Brně
Zemědělská 1
613 00 Brno

e-mail: vladan.jares@mendelu.cz
e-mail: magdalena.vaverkova@mendelu.cz
e-mail: jana.dufkova@mendelu.cz

Recenzent: *Prof. dr hab. Jerzy Gruszczyński*