

VÝZNAM VĚTROLAMŮ A JEJICH EKOSYSTÉMOVÝCH SLUŽEB: REVIEW

THE IMPORTANCE OF WINDBREAKS AND THEIR ECOSYSTEM SERVICES: REVIEW

TEREZA ČERVENÁ¹⁾ ✉ - JAROSLAV HUŠBAUER¹⁾ - VILÉM JARSKÝ¹⁾ - LUBOŠ ČERVENÝ¹⁾ - ANNA HERROVÁ²⁾ - VÁCLAV KUPČÁK³⁾ - MARCEL RIEDL¹⁾

¹⁾Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra lesnické a dřevařské ekonomiky, Kamýcká 129, 165 21 Praha, Czech Republic

²⁾Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra hospodářské úpravy lesů, Kamýcká 129, 165 21 Praha, Czech Republic

³⁾Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav lesnické a dřevařské ekonomiky a politiky, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

✉ e-mail: cervenat@fd.czu.cz

ABSTRACT

Hedgerows and windbreaks are widespread agroforestry systems used worldwide, they are primarily established as a measure to reduce wind speed. The objective of this study is to synthesize information about the ecosystem services provided according to the main four ecosystem services such as provisioning, regulating, cultural and supporting services defined in the Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005) and The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB 2010). The main potential of these linear plantings of trees and shrubs lies in providing services resulting in increased economic returns in agriculture and the prevention of soil erosion. Besides, the windbreaks also provide a large number of other services such as an increased biodiversity, carbon sequestration, improved soil and soil enriched with organic matter, climate regulation, water retention and others. Despite all these benefits, the use of agroforestry systems is still at a low level. To achieve the desired effect, the windbreak needs to be designed according to farmer's needs. This paper synthesizes information on windbreaks, defines the role of woody plants in the agricultural landscape and proposes measures to increase the sustainability of agriculture in the multifunctional landscape. Similar assessments can serve as a basis for addressing issues of strategic importance.

For more information see Summary at the end of the article.

Klíčová slova: ekosystém; ekosystémové služby; agrolesnictví; hodnocení; větrolamy; regulace klimatu; využití půdy

Key words: ecosystem; ecosystem services; agroforestry; evaluation; windbreaks; climate regulation; land use

ÚVOD

Lidská společnost získává z přírodních ekosystémů (ES) celou řadu služeb a produktů, které jsou zásadní pro blaho lidstva. Tento fenomén explicitního uznání ekosystémových služeb vznikl poměrně v nedávné době (DAILY et al. 1997), poprvé byl jako termín použit v 70. letech minulého století coby nástroj pro ochranu biodiversity. Autoři tohoto nástroje odkazovali na přírodní funkce ve službách lidské společnosti (KING 1966; HELLIWELL 1969) a od té doby byl tento nástroj podroben mnoha změnám v jeho definici i klasifikaci (EHRlich, EHRlich 1981; EHRlich, MOONEY 1983; CHAN et al. 2007; BULL et al. 2016). V 90. letech dvacátého století dochází k dalšímu vývoji definice ekosystémových služeb, který je v dnešní době podrobně zdokumentován (DAILY et al. 1997; BULL et al. 2016). Důvodem tohoto zájmu je celosvětová degradace životního prostředí a masivní exploatace přírodních zdrojů, která vznikla v důsledku populační expanze.

I když v dnešní době stále neexistuje jednotná definice, termín ekosystémové služby je nejčastěji definován jako soubor veškerých statků a služeb, které produkují přírodní a modifikované ekosystémy a též podporují a udržují lidské blaho. To zahrnuje veškeré benefity ekosystému, jako jsou např. produkce potravin a stavebních materiálů, regulace mikroklimatu, omezení eroze půdy nebo zajištění vhodných podmínek pro rekreaci (DAILY et al. 1997; COSTANZA et al. 1997, 2014, 2017; MEA 2005; WALLACE 2007; VO et al. 2011; FAGERHOLM et al. 2016).

Ekosystémových služeb, které poskytují větrolamy v agrolesnictví, je mnoho (NAIR, GARRITY 2012; ALAM et al. 2014). Pro mnohé z nich však agrolesnická literatura postrádala do nedávna důkazy. V posledních desetiletích jsou větrolamy stále více vnímány jako zdroj ekosystémových služeb a přínosů pro životní prostředí. Multifunkční úloha agroekosystémů byla také zdůrazněna jak v „*Millennium Ecosystem*

Assessment" (MEA 2005), tak v „*The Economics of Ecosystems and Biodiversity project*“ (TEEB 2010).

Cílem této práce je poskytnout rozsáhlý přehled literatury, která se zabývá ekosystémovými službami větrolamů. Je zaměřena především na čtyři základní ES, a to zásobovací, regulační, podpůrné/habitační a kulturní, které byly identifikovány v rámci dvou výše uvedených studií, jež jsou aplikovány na větrolamy (MEA 2005; Vo et al. 2011; BULL et al. 2016; FAGERHOLM et al. 2016; MATĚJÍČEK 2016). Zároveň chce z prostudované literatury zjistit vliv větrolamů na poskytování ekosystémových služeb.

Ekosystémové služby a jejich vliv na lidský blahobyt

Ekosystémy svým působením ovlivňují lidský blahobyt. Ten má více složek, kterými mohou být základní materiální potřeby pro dobrý život, jako jsou například zajištění živobytí, dostatek potravy, ošacení, přístřeší. Těž sem patří zdraví, tzn. zdravotní stav, zdravé prostředí, čistá voda a ovzduší, dobré mezilidské vztahy, kam lze zařadit soudržnost nebo vzájemnou úctu, dále jistoty osobního bezpečí, sociální vztahy nebo svobodu volby a jednání (MEA et al. 2005; TEEB 2010; BULL et al. 2016). Jedním z nejvýznamnějších dokumentů zabývajících se tímto tématem je zpráva o stavu ekosystémů (MEA 2005), a to díky zapojení velkého množství vědců (více než 1300). Tento projekt trval čtyři roky (2001–2005) pod záštitou OSN. Práce velmi podrobně klasifikuje ekosystémové služby, jež jsou zde definovány jako přínosy, které obyvatelé planety získávají z přírody a jejich ekosystémů. Základní ekosystémové služby byly dle této zprávy rozděleny do čtyř základních skupin: zásobovací, regulační, podpůrné a kulturní (MEA 2005; Vo et al. 2011; BULL et al. 2016; FAGERHOLM et al. 2016; MATĚJÍČEK 2016). Toto hodnocení bylo přijato a upraveno v projektu TEEB (2010), kde byly podpůrné služby rozšířeny o služby habitační (COSTANZA et al. 2017; SEJÁK 2017).

Ekosystémy jsou vícerozměrné a rozlišují se mezi nimi přímé a nepřímé užítky nutné k zajištění lidského blahobytu. Jde o složité a ne zcela pochopený proces, kde platí, že biologická rozmanitost a primární produkce tvoří základ všech ostatních služeb, a jsou proto kritické pro dodávky služeb ostatních (BOLUND, HUNHAMMAR 1999).

Ekosystémové procesy, funkce a jejich vztah ke službám ekosystémů

COSTANZA et al. (1997) z globálního hlediska pro 16 biomů světa vymezil celkem 17 ekosystémových služeb a 17 ekosystémových funkcí, k nimž uvedl příklady (tab. 1).

V novější studii COSTANZA et al. (2017) doplňuje, že ekosystémové služby jsou ekologické charakteristiky, funkce a procesy, které přímo či nepřímo přispívají ke kvalitě lidského života. V této definici zdůrazňuje, že ekosystémové procesy a funkce popisují biofyzikální vztahy, existující bez ohledu na to, jestli z nich lidé mají prospěch či neprospěch. Naproti tomu ekosystémové služby jsou také funkce a procesy, které přinášejí lidem prospěch, vědomě či nevědomě, přímo či nepřímo. Zdůrazňují však, že vztahy mezi ekosystémovými procesy a jejich funkcemi a přínosy pro lidstvo nejsou doposud chápány v celé komplexnosti života a jejich prostředí (COSTANZA et al. 2017; SEJÁK 2017).

Mnohé z těchto služeb nejsou konzumovány lidmi přímo, ale jsou důležité pro udržení samotných ekosystémů. Mezi nepřímé ekosystémové služby patří například opylování rostlin a koloběh živin, což ale není z klasifikace zřejmé. Služby mohou být poskytovány v globálním nebo lokálním měřítku. V závislosti na rozsahu problému jsou spojeny s možností transferu služby z místa produkce na místo, kde z něj mají lidé prospěch (BOLUND, HUNHAMMAR 1999).

Pojmy ekosystémové funkce a ekosystémové procesy často splývají, v mnoha případech jsou za ekosystémové funkce považovány ekosystémové procesy, které mnohými způsoby souvisí s plněním ekosystémových služeb. GROOT et al. (2002) charakterizuje ekosystémové funkce jako schopnost přirozených procesů poskytovat ekosystémové služby lidstvu a dalším formám života. Za přirozené procesy je považovaný celkový soubor interakcí mezi biotickými a abiotickými složkami ekosystémů, které jsou podporovány cyklickými toky látek a energií, tedy biogeochemickými cykly.

Ekosystémové služby větrolamů

Vymezení pojmu větrolam

Větrolamy jsou hlavním agrolesnickým opatřením využívaným po celém světě (ZHANG et al. 2007). Jedná se o lineární výsadby stromů a keřů, které jsou navrženy tak, aby docházelo ke zvýšení produkce plodin, dále aby chránily lidská obydlí, hospodářská zvířata a také pro ochranu vody a půdy (BUREL 2011). Obvykle jsou tyto krajinné prvky tvořené stromy a keři, které fungují na principu filtrování a rozbíjení síly větru, což má za snížení rychlosti pohybu vzduchu skrz větrolam a redukci turbulencí na závětrné straně. Samotná výška větrolamu a propustnost pak určuje výsledný efekt větrolamu.

Aby větrolam dosahoval výsledného efektu, je nutné, aby byl navržen s ohledem na potřeby vlastníka půdy. Schopnost větrolamu plnit svoji funkci je určena jeho strukturou, a to jak vnější: šířkou, výškou, tvarem a orientací, tak vnitřní: zakmeněním a uspořádáním stromů a keřů (propustností) ve větrolamu (BRANDLE et al. 2004).

Užití větrolamů sahá svým původem již do roku 1400, kdy skotský parlament vyzval k výsadbě stromových pásů za účelem ochrany zemědělské výroby (BRANDLE et al. 2004). Následně začaly být tyto krajinné prvky využívány po celém světě. Jejich druhové složení se odvíjí od historie krajiny a současných zemědělských postupů (BUREL 2011). Podle MOLNÁROVÉ (2008) jsou větrolamy v dnešní době v mnohých zemích negativně ovlivňovány intenzifikací a extenzifikací v zemědělství. Jsou také jedním z prvků multifunkční krajiny. Je tedy nutné se intenzivně zabývat obnovou a údržbou stávajících větrolamů a případným vysazováním nových.

V angloamerické odborné literatuře jsou poměrně striktně rozlišovány kategorie ochranných lesních pásů (*shelterbelts*), které plní v krajině celou řadu funkcí, větrolamů (*windbreaks*) s prioritně protideflačními funkcemi (TRNKA 2000), a živých plotů (*hedgerows*) s primární funkcí oddělování pozemků a snižování rychlosti větru. V našem pojetí literatury se tyto pojmy prolínají. Všeobecně platí, že se jedná o různě široké pásy dřevinné vegetace liniového charakteru, které jsou orientovány kolmo na převládající směr větru a mají především protierozní a půdoochrannou funkci.

Z hlediska propustnosti a účinnosti větrolamů rozdělujeme v české literatuře větrolamy prodouvací, poloprodouvací a neprodouvací (PODHRÁZSKÁ, DUŠKOVÁ 2005), z nichž je jako nejvhodnější typ větrolamu hodnocen poloprodouvací. Účinky těchto větrolamů se na území ČR zabývají JANEČEK et al. (2012) či LITSCHMANN et al. (2007).

Hlavní ekosystémové služby větrolamů

• Zásobovací služby větrolamů

U této funkce rozlišujeme ještě přímý a nepřímý vliv. Přímá produkční funkce vyjadřuje schopnost poskytovat dřevo nebo jednotlivé plody, jako např. ovoce, nepřímá funkce zahrnuje vliv zeleně na výnosové vlastnosti zemědělských plodin sousedních pozemků (SKLENIČKA 2003).

Tab. 1.

Ekosystémové služby a funkce a jejich jednotlivé příklady dle COSTANZA et al. (1997), Vo et al. (2011) a SEJÁK (2017)
 Ecosystem services and functions as presented in COSTANZA et al. (1997), Vo et al. (2011), and SEJÁK (2017)

č	Ekosystémové služby/ Ecosystem services	Ekosystémové funkce/ Ecosystem functions	Příklady/ Examples
1	Regulace plynů/ Gas regulation	Regulace atmosferického chemického složení/ Regulation of atmospheric chemical composition	CO ₂ /O ₂ , O ₃ pro ochranu před UV zářením, SO _x / CO ₂ /O ₂ balance, O ₃ for UVB protection, SO _x
2	Regulace klimatu/ Climate regulation	Regulace globální teploty, srážek a dalších biologických klimatických procesů na globální nebo místní úrovni/ Regulation of global temperature, precipitation, and other biologically mediated climatic processes at global or local levels	Regulace skleníkových plynů, DMS pro tvorbu oblaků/ Greenhouse gas regulation, dimethyl sulfide (DMS) production affecting cloud formation
3	Regulace disturbance/ Disturbance regulation	Kapacitance, tlumení a integrita reakce ekosystému na výkyvy prostředí/ Capacitance, damping and integrity of ecosystem response to environmental fluctuations	Ochrana před záplavami, bouřemi, suchem strukturou vegetace/ Storm protection, flood control, drought recovery, and other aspects of habitat response to environmental variability mainly controlled by vegetation structure
4	Regulace vody/ Water regulation	Regulace hydrologických toků/ Regulation of hydrological flows	Poskytování vody pro zemědělské a průmyslové procesy, dopravu/ Provisioning of water for agricultural (such as irrigation) or industrial (such as milling) processes or transportation
5	Dodávky vody/ Water supply	Zadržování vody, poskytování podzemní vody/ Storage and retention of water	Poskytování vody povodími, nádržemi/ Provisioning of water by watersheds, reservoirs and aquifers
6	Protierozní funkce a retence sedimentu/ Erosion control and sediment retention	Redukce eroze půdy v ekosystému/ Retention of soil within an ecosystem	Prevence ztrát půdy erozí (vodní, větrnou, ukládání)/ Prevention of loss of soil by wind, runoff, or other removal processes, storage of silt in lakes and wetlands
7	Tvorba půdy/ Soil formation	Proces tvorby půdy/ Soil formation processes	Zvětrávání hornin a akumulace organické složky/ Weathering of rock and the accumulation of organic component
8	Koloběh živin/ Nutrient cycling	Ukládání, vnitřní cyklus, zpracování a získávání živin/ Storage, internal cycling, processing, and acquisition of nutrients	Fixace dusíku, N, P a jiných živin/ Nitrogen fixation, N, P, and other elemental or nutrient cycles
9	Nakládání s odpady/ Waste treatment	Obnova mobilních živin a odstraňování nebo rozpad přebytků živin a sloučenin/ Recovery of mobile nutrients and removal or breakdown of excess or xenic nutrients, and compounds	Zpracování odpadů, kontrola znečištění, detoxikace/ Waste treatment, pollution control, detoxification
10	Opylení/ Pollination	Pohyb květných gamet/ Movement of floral gametes	Poskytování opylovačů pro reprodukci rostlinných populací/ Provisioning of pollinators for the reproduction of plant populations
11	Biologická kontrola/ Biological control	Troficko-dynamická regulace populací/ Trophic-dynamic regulations of populations	Redukce kořistných druhů a býložravců predátory/ Keystone predator control of prey species, reduction of herbivores by top predators
12	Refugia/ Refugia	Habitáty pro rezidentní a dočasné populace/ Habitats for resident and transient populations	Školky, habitaty pro migrační druhy, regionální habitata pro druhy/ Nurseries, habitats for migratory species, regional habitats for locally harvested species
13	Produkce potravin/ Food production	Část hrubé domácí produkce odnímaná pro výživu/ That portion of gross primary production extractable as food	Produkce ryb, zvěře, plodin ořechů, ovoce a další/ Production of fish, game, crops, nuts, fruits etc.
14	Suroviny/ Raw materials	Část hrubé domácí produkce odnímaná jako suroviny/ The portion of gross primary production extractable as raw materials	Produkce paliv, dříví, krmiva pro domácí zvířata/ Production of timber, fuel, or fodder
15	Genetické zdroje/ Genetic resources	Zdroje unikátních biologických materiálů a výrobků/ Sources of unique biological material and products	Medicínské, materiální vědy, genetické/ Medicine, products for materials science, genes
16	Rekreační/ Recreation	Poskytování příležitostí pro rekreační aktivity/ Providing opportunities for recreational activities	Ekoturismus, lov, sportovní rybaření a jiné rekreační aktivity/ Eco-tourism, hunting, sport fishing, and other outdoor recreational activities
17	Kulturní/ Cultural	Poskytování příležitostí pro nekomerční využití/ Providing opportunities for non-commercial uses	Estetické, umělecké, výchovné nebo duchovní/vědecké hodnoty ekosystémů/ Aesthetic, artistic, educational, spiritual, and/or scientific values of ecosystems

a) Potravinová produkce

Zahrnutí ovocných stromů nebo stromů poskytujících ořechy do větrolamu může kromě ochrany před větrem poskytovat i další ekonomické výnosy nebo představovat zdroj potravy pro místní obyvatelstvo. Na druhou stranu mohou mít ovocné stromy ve větrolamech snížené výnosy v důsledku poklesu možnosti opylování, poškození květů nebo mladých plodů větrem. V oblastech, kde nárazy větrů nedosahují takové síly, může být produkce rostlinných plodů dobrou kombinací. Aby mohla být zachována primární funkce větrolamu, je vhodné používat pouze takové druhy dřevin, které jsou odolné vůči nepříznivému působení větru a měly by být schopny se integrovat s ostatními druhy (ELEVITCH, WILKINSON 2000).

b) Dřevní produkce

Výsadba větrolamů může být spojena i s plánovaným budoucím využitím dřevní hmoty (BAUDRY et al. 2000). Hlavní nevýhodou těžby dřeva jako sekundárního výnosu z větrolamů je to, že namáhání stromů větrem může ovlivnit jejich tvar nebo kvalitu dřevní hmoty (ELEVITCH, WILKINSON 2000). V některých zemích jsou větrolamy jediným dostupným zdrojem dřeva, neboť nahrazují funkci lesů. Například ve Francii bylo z dotazníkového šetření farmářů zjištěno, že většina z nich větrolamy využívá jako zdroj palivového dřeva (BAUDRY et al. 2000).

c) Biochemie, přírodní léky a léčiva

Množství druhů, jež jsou odolné vůči větru, je ceněno pro jejich využití v medicíně, a to především v léčitelství nebo v odvětví bylinných doplňků. Tvorba medu může být dalším produktem větrolamu, protože především závětrná strana poskytuje vhodné podmínky pro chov včelstev (BRANDLE et al. 2004). Aby bylo dosaženo dobré produkce medu, je žádoucí do větrolamů zakomponovat nektarodárné druhy dřevin (ELEVITCH, WILKINSON 2000).

d) Vliv větrolamů na zvýšení hospodářského výnosu

Vliv na produkci hospodářských zvířat

Vhodně spravované větrolamy mají význam při zvyšování objemu výroby a produkce hospodářských zvířat. Větrolamy a ochranné lesní pásy hrají roli při zmírňování klimatických podmínek a meteorologických jevů, jako je teplota a krupobití, které mají dopad na růst především mladých hospodářských zvířat (MOLLA 2016). Dále, jak na konkrétních případech demonstruje AUSTIN (2014), ukázaly studie zaměřené na produkci nárůst produkce mléka o 30 %, a to proto, že produkci mléka výrazně ovlivňuje tepelná zátěž (KENDALL et al. 2006; FISHER et al. 2010). Další studie zaměřené na ochranu jehňat vykazují 50% snížení ztrát a zvýšení míry přežití o 28 % a též navýšení produkce vlny o 31 % u ovcí, které byly chráněny větrolamy.

Vliv na produkci plodin

Skutečnost, že ochranné pásy poskytující ochranu před větrem mají pozitivní dopad na produkci plodin, je podpořena mnoha výzkumy (NUBERG 1998). Do společné zemědělské praxe patří využití ochranných lesních pásů k ochraně přilehlých plodin před ničivými účinky větru (BRANDLE et al. 1992), větrem poháněnými částicemi (KORT et al. 2012), přímým slunečním světlem a extrémními podmínkami. Všechny tyto uvedené příznivé vlastnosti se podílejí na vyšších zemědělských výnosech a pomáhají zachovat výnosnost půdy. Procentuální zvýšení vlivu větrolamů nelze posoudit stejným způsobem u všech plodin a zemědělských ploch. Odezva jednotlivých plodin se liší v závislosti na druhu plodiny a designu větrolamu. Například odrůdy

obilovin a kukuřice odolné vůči suchu mají jen málo zvýšené výnosy, krmné plodiny vykazují střední kladné výnosové hodnoty a speciální plodiny (tj. ovoce, zelenina) mohou vykazovat vysoké výnosové hodnoty v reakci na ochranu před nepříznivými podmínkami (KORT et al. 2012). Např. podle TRNKY (2000) se v průměrných letech úroda obilí obvykle zvyšuje o 6–19 % a výše sklizně se liší dle vzdálenosti od větrolamů. Příčinou těchto výkyvů jsou větrné víry. V přímé blízkosti větrolamů, především na jeho závětrné straně až do vzdálenosti 1,5násobku jeho výšky, jsou výnosy ze zemědělských plodin ztrátové. To je způsobeno především tím, že dřeviny konkurují kulturním plodinám v boji o vláhu a nepříznivé je ovlivňují zastíněním. Tyto negativní vlivy jsou naopak kompenzovány zvýšením výnosů ze zemědělských plodin ve vzdálenosti dosahující 1,5–12násobku výšky větrolamu. Na návětrné straně větrolamu je vzestup patrný do vzdálenosti 5násobku jeho výšky (RIEDL et al. 1973; TRNKA 2000).

Využívání ochranných lesních pásů v plodinové produkci neposkytuje pouze pozitivní přínosy, ale je spojeno také s náklady. BRANDLE et al. (1992) při svém ekonomickém hodnocení ochranných lesních pásů dospěli k závěru, že není zcela jasné, zda zvýšení výtěžku z polních plodin je natolik dostatečné, aby vyrovnalo náklady spojené s výsadbou stromů.

Dále se předpokládá, že stromy, které jsou schopny vázat dusík, přispívají k produktivitě a produkci okolních plodin, což může být příležitost pro ekologické zemědělství. Na závětrné straně lze očekávat snížený výpar vody v důsledku poklesu rychlosti větru (MOLLA 2016).

Větrolamy také zvyšují produkci plodin na závětrné straně. Studie v Austrálii ukázaly, že došlo k navýšení o 47 % u pšenice a 22 % u ovsa. V tamějším Ruthrelgenu vzrostla produkce obilovin o 15 % v důsledku působení větrolamů (MOLLA 2016).

Některé stromy hrají také důležitou roli při ochraně plodin. Na okrajích větrolamů nacházejí vhodné podmínky k životu bioregulatorů ze skupiny hmyzu nebo dravých ptáků, působící na populační hustoty škůdců na přilehlých polích (TRNKA 2000; GONTIJO 2019).

Vliv na produkci pastvin

Větrolamy zlepšují růst rostlin a zvyšují úrodnost pastvin snížením úbytku vlhkosti z půdy. Snižují ztráty vody z půdy v pozdním jaře o 10–12 mm (LYNCH, DONNELLY 1980), v konkrétním případě měly oblasti chráněné větrolamy 20% nárůst průměrné roční sklizně. Existuje stále více důkazů, že půdy kolem stromů obsahují zvýšené množství organického materiálu a živin, a tím podporují růst vegetace (AUSTIN 2014).

• **Regulační služby větrolamů**

Mezi největší benefity poskytované větrolamy lze zařadit ekosystémové služby z řad regulačních, kam patří ochrana budov, dálnic a silnic před nepříznivým prouděním větru a ukládáním sněhu, odstraňování oxidu uhličitého z atmosféry a produkce kyslíku, omezení větrné eroze, snížení emisí a hlukového znečištění, případně i eliminace zápachu atd.

a) Regulace eroze

Větrolamy účinně chrání závětrné strany před větrnou erozí (USDA 1997; PODHRÁZSKÁ, DUFKOVÁ 2005). Jedná se o jeden ze způsobů, jak trvale bránit odnosu půdních částí redukcí rychlosti větru, a tím snižovat intenzitu větrné eroze (JANEČEK et al. 2012). Především v suchých oblastech mohou větrolamy, které jsou vhodně rozmístěny na 5 % plochy půdy, redukovat rychlost větru až o 30–50 % a snižovat půdní ztráty až o 80 % (BIRD et al. 1992). Pro dosažení největšího efektu je nejdůležitější skladba a rozmístění větrolamů, jedná se však o velmi složitý proces, který nebyl dosud zcela jasně popsán (PODHRÁZSKÁ, DUFKOVÁ 2005).

AUSTIN (2014) uvádí, že 40 % hustých větrolamů poskytuje dobrou ochranu pro plodiny, zatímco větrolamy, které dosahují hustoty 60 %, jsou účinné především při větrné erozi.

PODHRÁZSKÁ, DUFKOVÁ (2005) zmiňují pozitivní účinky větrolamů na návětrné straně do 10-, a na závětrné straně do 20–25 násobku jejich výšky. Tento vliv větrolamů je především patrný v klimaticky suchých oblastech, naopak ve vlhčích oblastech není v takové míře průkazný.

b) Regulace průtoků vody

Významný vliv mají větrolamy též při usměrňování toků vody, využívaných pro zavlažování nebo odvodnění pozemků. Zde je důležité, aby byly umístěny podél hranic pozemků. Jejich působením dochází ke snížení rychlosti průtoků a odtoků vody a zabránění nerovnoměrnému proudění během roku (BAUDRY et al. 2000; MOLNÁROVÁ 2008).

c) Vliv na zachytávání sněhu

Větrolamy jsou účinným prostředkem ochrany před nepříznivým působením sněhu, čímž je dosaženo zlepšení režimu půdní vlhkosti (USDA 1997). Pohybem vzdušných mas jsou unášeny lehké látky, např. právě sníh, který je ukládán v místech, kde klesá rychlost větru, a to jak před pásem, tak i za ním. Vliv větrolamu na ukládání sněhu začíná od 1 m výšky pásu. V proudovém typu pásu je sněhová závěj ukládána ve výšce 60–80 cm. Ve více zapojených porostech způsobuje nežádoucí tvorbu závějí po obou stranách pásu (RIEDL et al. 1973; KRAJČÍROVÁ, STREĎANSKÝ 1990). Ochranné lesní pásy mohou být využívány k zachycení sněhu a jeho udržování na lokalitách (BRANDLE et al. 2009) v polosuchých oblastech, kde je nezbytné zachování režimu půdní vlhkosti (KELSON et al. 1999). V těchto oblastech může sníh tvořit až 40 % ročních srážek (KORT et al. 2012). Zvýšení půdní vlhkosti způsobené zadržením sněhu v ochranném pásmu větrolamu může dosahovat hloubky 0,8–2,6 m a délky v rozmezí 10–15 m za a před pásem. Směrem ke středu chráněného území se rychlost větru zvyšuje, a tím dochází k většímu výparu z půdy (BURKE 1998; RIEDL et al. 1973).

d) Požární ochrana

Větrolamy snižují rychlost větru, který ovlivňuje rychlost šíření ohně. Pozorování ukázala, že stromy ochraňují zemědělství před požáry. Na otevřeném prostoru je požární fronta značně závislá na rychlosti větru a množství suché trávy. S malým zvýšením rychlosti větru dochází k mnohem většímu zvýšení rychlosti ohně. Kvalitní větrolam může snížit rychlost větru o 30 %, čímž zároveň klesá rychlost šíření ohně o 20 % (AUSTIN 2014).

e) Vliv na kvalitu vzduchu a vody

Pachová zástěna

Větrolamy slouží jako pachová zástěna pro živočišnou výrobu (SDDA 2007), neboť pachy produkované živočišnou výrobou jsou většinou přenášeny jako částice. Existují důkazy, že větrolamy mohou zlepšit kvalitu vzduchu tím, že brání pohybu částic, tudíž i zápachu hospodářských zvířat (TYNDALL, COLLETTI 2007).

Vliv na kvalitu vody

Agrolesnictví je osvědčenou strategií pro zajištění čisté vody. V konvenčním zemědělství je využita polními plodinami méně než jedna polovina aplikovaného dusíku a fosforečného hnojiva. Přebytečné hnojivo se vsakuje do podpovrchových vod nebo se vyplavuje ze zemědělských ploch povrchovým odtokem, čímž dochází ke kontamina-

ci vodního zdroje a ke snížení jeho kvality (CASSMAN 1999). Při využití větrolamů je zdokumentováno snížení úniku postřiků až o 80–90 % (UCAR, HALL 2001). Existuje tedy významný potenciál zařadit tyto krajinné prvky jako prostředek boje proti znečišťování vodních zdrojů v zemědělských oblastech.

f) Regulace klimatu

Vliv větrolamu na teplotu

Další významnou ekologickou roli hrají větrolamy při zlepšování mikroklimatu. V chráněných oblastech větrolamů dochází obvykle k nárůstu noční teploty o 1–2 °C (BRANDLE et al. 2004). Po východu slunce je teplota v prostoru mezi pásy působením přímého slunečního záření vyšší než v nechráněném území. Způsobuje to slabší turbulence, a tím i nižší výměny tepla. Během poledne jsou teploty vyrovnávány a v některých případech i v nechráněných prostorech jsou o něco nižší. Celkově lze vyvodit, že průměrná denní teplota je v chráněném území o 1–3 °C vyšší než v nechráněném. Rozdíl mezi ozářenou a neozářenou stranou jednoho větrolamu bývá mezi 5–10 °C. Při plánování větrolamů je dobré vycházet z toho, že chladný vzduch mezi pásy může být uzavřen, a tím může docházet ke vzniku mrazových kotlin (RIEDL et al. 1973).

Sekvestrace uhlíku

Sekvestrace uhlíku spočívá především ve skladování uhlíku v zásobárnách, jako jsou např. vegetace, oceány a půda. Právě zařazení stromů nebo keřů do agro-lesnického systému zvyšuje množství sekvestrovaného uhlíku, zejména ve srovnání s pastvinami nebo monokulturním polem (SHARROW, ISMAIL 2004; KIRBY, POTVIN 2007). Kromě významného množství uhlíku, který je vázán v nadzemní biomase, mohou také dřeviny rostoucí mimo les ukládat uhlík v podzemí. Potenciál sekvestrace uhlíku se liší především v závislosti na druhovém složení, věku, geografické poloze, environmentálních faktorech a managementu dřevin. Z prostudované literatury o sekvestraci uhlíku je patrné, že agrolesnické systémy mají potenciál sekvestrovat větší množství uhlíku nad a pod zemí ve srovnání s tradičními zemědělskými systémy (KIRBY, POTVIN 2007; BELT, BLAKE 2014).

• Podpůrné / habitační služby větrolamů

a) Úrodnost půdy a půdní vlhkost

Stromy jsou zdrojem pro zlepšení kvality půdy, která dále podporuje okolní vegetaci a cyklus živin, jenž má vliv na úrodnost půdy a půdní vlhkost. Nepřímo také vedou ke zvýšení příjmu z prodeje zásobovacích, regulačních nebo kulturních služeb jako je cestovní ruch (LEEUEW et al. 2014).

b) Zvěř a větrolamy

V mnoha zemědělských oblastech poskytují větrolamy jediný vhodný biotop pro volně žijící živočichy (JOHNSON et al. 1994). Například v Nebrasce je tento fakt hlavním důvodem pro zakládání větrolamů na zemědělské půdě. Větrolamy a ochranné lesní pásy přispívají k vytvoření vhodného stanoviště pro volně žijící živočichy, pro které představují vhodný biotop, zahrnující útočiště a reprodukční stanoviště (JOHNSON et al. 1994; MELISSA et al. 2004). Dobře zavedený větrolam pro ně představuje úkryt před dravci a nepříznivými klimatickými podmínkami. Ptáci zde také mohou nacházet potravu ve formě hmyzu (SDDA 2007). Průměrný řadový větrolam může poskytovat úkryt přibližně pro 12 druhů ptáků (BIRD 1992). Úkryt zde nacházejí také druhy hmyzožravého ptactva a dravců, jejichž nejčastější kořistí jsou hraboši polní (TRNKA 2000).

Dále byla také zjištěna vyšší různorodost hmyzu v polích, pokud jejich hranice sousedí s větrolamy (HOLLAND, FAGRIG 2000). V Kansaské studii pobytových znaků v hospodářských systémech se uvádí, že tyto lineární pásy poskytují největší druhovou rozmanitost zvěře, protože zde mnoho druhů lovné zvěře vyhledává kryt. Ekonomické výnosy spojené s lovem zvěře v lineárních pásích Kansasu se pohybovaly v rozmezí 30–35 milionů dolarů (CABLE, COOK 1990). V některých případech se však ukázalo, že větrolamy mohou tvořit překážku pro pohyb zvěře mezi jednotlivými poli (MARSHALL, MOONEN 2002). V blízkosti větrolamů se sdružuje především pernatá lovná zvěř. Dále pak zde nacházejí vhodné pobytové podmínky drobní savci (hlodavci a hmyzožravci), jejichž biomasa byla stanovena na jednotku plochy až 2× vyšší než na přilehlých polích (TRNKA 2000).

• Kulturní služby větrolamů

Větrolamy jsou tradičním rysem krajiny, v některých místech mohou liniové prvky představovat kulturní dědictví. Například některé živé ploty v Anglii již 1000 let vymezují hranice církevních farností. Typická krajinná struktura s větrolamy povzbuzuje turismus a obyvatelům a návštěvníkům poskytuje malebné výhledy a tvoří krajinný ráz daného území. Okraje větrolamů mohou být využívány jako turistické stezky a cyklostezky, které zpřístupňují krajinu a zanechávají neporušené pěstební plochy (MARSHALL, MOONEN 2002). Výsledky studie v Missouri vykazují silnou rekreační funkci v agrolesnictví. Nejčastěji respondenti uvádějí jako rekreační funkci v agrolesnictví lov (72,2 %), dále pak sběr volně rostoucích rostlin, jako jsou bobule či houby (64,6 %), pozorování přírody nebo živočichů (56,7 %), též chůze a turistiku (53,5 %). Zdravé větrolamy poskytují atraktivní prostor pro posílení pocitu lidské pohody. Efektivní a fungující větrolamy napomáhají ke zlepšení hygienických pracovních podmínek pro zaměstnance a poskytují soukromí od rušných silnic (AUSTIN 2014). Zkoumání spojitosti mezi rekreačními službami a agrolesnictvím může objasnit snahu o multifunkčnost zemědělství, která je v tomto odvětví velice žádoucí, protože se tak podporuje udržitelný rozvoj venkova – zvyšuje se blahobyt a zlepšuje životní prostředí (WILSON 2008).

Z prostudované literatury byl zjištěn vliv větrolamů na poskytování ekosystémových služeb, a to dle četnosti a důrazu, kterým jednotlivým ekosystémovým službám autoři přiřkládají význam. Tabulka 2 v prvních třech sloupcích hodnotí, jak funkce větrolamů korespondují s charakteristikou ekosystémových služeb klasifikací MEA (2005) a TEEB (2010). Hlavní podstata příznivého účinku větrolamů na území České republiky spočívá především ve snížení rychlosti větru v určité vzdálenosti před a za větrolamem a snížení turbulence vzdušných mas v přízemních vrstvách. Z tabulky je patrné, že největší vliv větrolamů na poskytování ekosystémových služeb je přisuzován kategorii regulace eroze a potravin, a to především vlivem zvýšení hospodářského výnosu.

ZÁVĚR

V mnoha částech světa jsou liniové vegetační pásy – větrolamy – stále ohroženým prvem v důsledku působení intenzifikace nebo extenzifikace zemědělství. I přes kvalitní vědeckou základnu, která byla v posledních desetiletích položena, zůstává celá řada otázek, které by měly být řešeny. Například právní ochrana těchto krajinných prvků a jejich zavedení jako nové kultury do systému veřejného registru půdy LPIS (Land Parcel Identification System). Dále je podstatné nahlížet na jejich roli v kontextu celkové udržitelnosti zemědělské krajiny v rámci společné zemědělské politiky. Tyto krajinné prvky totiž představují ideální nástroj pro naplnění Státní zemědělské politiky, k níž se Česká republika zavázala jakožto prostředku pro regulaci klimatu.

Další ne zcela prozkoumanou otázkou zůstává kvantifikace veřejných benefitů, které větrolamy poskytují. V důsledku toho jsou tyto benefity stále označovány jako „externality“, s kterými nelze uvažovat v tradiční analýze nákladů i výnosů. V některých případech připadá v úvahu pro ocenění větrolamů tzv. Šišáková metoda (ŠIŠÁK et al. 2006, 2017), která slouží k ocenění výše škod, jež vzniknou společnosti při zhoršení úrovně společenských funkcí lesa, nebo modifikovaná Hesenská metoda podle Českého ekologického ústavu (SEJÁK et al. 2003), která je založena převážně na ekosystémovém přístupu. Dalším východiskem mohou být metody z řad preferenčních přístupů, zejména *contingent valuation method* – CVM (VENKATACHALAM 2004).

Hlavní potenciál větrolamů spočívá především ve zvyšování hospodářského výnosu a poskytování protierozních opatření. Mimo toto využití větrolamů v krajině nabízí strategii pro zachycování uhlíku, obohacování půdy, ochranu biodiverzity a zlepšování kvality ovzduší nejen pro majitele půdy a zemědělce, ale také pro společnost. I navzdory těmto pozitivům zůstává přijetí tohoto opatření stále na nízké úrovni. Od výsadby stromů často odrazuje zemědělce časové hledisko s malou vidinou perspektivy a také nedostatek odborných znalostí o založení systému. Další problém vzniká v souvislosti s vlastnictvím půdy, kdy se ve většině případů hospodaří na pronajaté půdě a na vlastníky je vyvíjen tlak ze strany velkých podniků, které nájemcům nabízí takové finanční podmínky, jimž nejsou schopni konkurovat. A mnoho zemědělců si není jisto tím, zda pronajaté pozemky bude moci dlouhodobě obhospodařovat.

Tato studie by měla pomoci při podpoře větrolamů a multifunkčnosti krajiny. Jedná se o podporu praktického využití půdy, jež může napomoci při rozhodování ohledně obnovy, výsadby nových a údržby stávajících větrolamů a zábraně v jejich odstraňování.

Poděkování:

Tento příspěvek byl zpracován v rámci řešení projektů IGA 2018 „Oceňování nelesní zeleně a její význam v krajině“ a NAZV č. QK1820358 „Potenciál strukturálních změn udržitelného lesnictví a zpracování dříví“ a podpořen v rámci grantu EVA4.0, reg. č. CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000803 financovaného OP VVV.

LITERATURA

- ALAM M., OLIVIER A., PAQUETTE A., DUPRAS J., REVÉRET J., MESSIER C. 2014. A general framework for the quantification and valuation of ecosystem services of tree-based intercropping systems. *Agroforestry Systems*, 88: 679–691.
- AUSTIN P. 2014. The Economic Benefits of Native Shelterbelts. Issue 3/15. The Basalt to Bay Landcare Network. [online]. Warrnambool, Victoria, Australia, [cit. 2019-03-30]. Dostupné na/Available on: http://www.dairyingfortomorrow.com.au/wp-content/uploads/EBONS-Report-Issue-3-2015_.pdf.
- BAUDRY J., BUNCE R., BUREL F. 2000. Hedgerows: an international perspective on their origin, function and management: *Journal of Environmental Management*, 60 (1): 7–22. DOI: 10.1006/jema.2000.0358
- BELT M. VAN DEN, BLAKE D. 2014. Ecosystem services in New Zealand agro-ecosystems: a literature review. *Ecosystem Services*, 9: 115–132. DOI: 10.1016/j.ecoser.2014.05.005
- BIRD P.R., BICKNELL D., BULMAN P.A., BURKE S.J.A., LEYS J.F., PARKER J.N., SOMMEN F.J. VAN DER, VOLLER P. 1992. The role of shelter in Australia for protecting soils, plants and livestock. *Agroforestry Systems*, 18: 59–86. DOI: 10.1007/BF00055305

Tab. 2.

Korespondence klasifikací ekosystémových služeb (MEA 2005; TEEB 2010). V posledním sloupci jsou pak uvedeny indikátory významu a přínosů služeb, které poskytují větrolamy

Correspondence of ecosystem services classifications (MEA 2005; TEEB 2010) and their importance. In the last column there are indicators of importance and benefit of these services provided by windbreaks (high ***, medium **, small *, unidentified -). Colors were used to distinguish between different service categories (green = provisioning, orange = regulating, blue = cultural, violet = supporting service)

MA (2005), TEEB (2010)	MA (2005)	TEEB (2010)	Význam poskytované služby/ Importance of the service provided
Podpůrné služby (tvorba půdy, cyklus živin, primární produkce) Biological rozmanitost (stanoviště pro druhy, zachování genetické rozmanitosti) Supporting services (soil formation, nutrient cycling, primary production) Biological diversity (habitat for species, maintenance of genetic diversity)	Potraviny/Food	Potraviny/Food	***
	Sladká voda/Fresh water	Sladká voda/Fresh water	-
	Okrasné zdroje/Ornamental resources	Okrasné zdroje/Ornamental resources	-
	Genetické zdroje/Genetic resources	Genetické zdroje/Genetic resources	-
	Biochemie, přírodní léky a léčiva/ Biochemicals	Léčivé zdroje/ Medicinal resources	*
	Vlákna/Fiber	Materiály/Raw materials	**
	Čištění vody a likvidace odpadů/ Water purification and waste treatment	Čištění odpadních vod/ Waste water treatment	**
	Regulace kvality ovzduší/ Air quality regulation	Regulace kvality ovzduší/ Air quality regulation	**
	Přirozená regulace nebezpečí/ Natur hazard regulation	Regulace extrémních podmínek/ Regulation of extreme events	**
	Regulace vody/ Water regulation	Regulace průtoků vody/ Regulation of water flows	**
	Regulace eroze/Erosion regulation	Prevence eroze/Erosion prevention	***
	Regulace klimatu/Climate regulation	Regulace klimatu/Climate regulation	*
	Tvorba půdy/Soil formation	Zachování úrodnosti půdy Maintenance of soil fertility	**
	Cyklus živin/Nutrient cycling		**
	Opylování/Polination	Opylování/Polination	**
	Regulace pesticidů/ Biological/Pest regulation	Biologická ochrana/ Biological control	**
	Regulace chorob/ Disease regulation		**
	Duchovní a náboženské hodnoty/ Spiritual and religious values		
	Hodnota kulturního dědictví/ Cultural heritage values	Duchovní prožitky/ Spiritual experience	**
	Kulturní diverzita/Cultural diversity		
	Duch místa/Spirit of place		
	Estetická hodnota/Aesthetic value	Estetická hodnota/Aesthetic information	**
	Rekreace a ekoturistika/ Recreation and ecotourism	Příležitosti pro rekreaci a cestovní ruch/ Opportunities for recreation and tourism	**
	Sociální vztahy/Social relations		
	Inspirace/Inspiration	Kulturní, designová a umělecká inspirace/ Inspiration for culture, art and design	**
	Znalostní systémy/Knowledge systems	Informace pro kognitivní vývoj/ Information for cognitive development	*
Hotnota vzdělání/Education values			

Druh služby	Význam jednotlivých služeb
Zásobovací	*** vysoký význam
Regulační	** střední význam
Kulturní	* malý význam
Podpůrné/habitátové služby	- neposkytuje

- BOLUND P., HUNHAMMAR S. 1999. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29: 293–301.
- BRANDLE J.R., JOHNSON B.B., AKESON T. 1992. Field windbreaks: are they economical? *Journal of Production Agriculture*, 5: 393–398.
- BRANDLE J.R., HODGES L., ZHOU X.H. 2004. Windbreaks in North American Agricultural Systems. *Agroforestry Systems*, 61: 65–78. DOI: 10.1023/B:AGFO.0000028990.31801.62
- BRANDLE J.R., HODGES L., TYNDALL J., SUDMEYER R. 2009. Windbreak practices. In: Garrett, H. (ed.): *North American agroforestry: an integrated science and practice*. Madison, WI, American Society of Agronomy: 75–103.
- BULL J.W., JOBSTVOGT N., BÖHNKE-HENRICH A., MASCARENHAS A., SITAS N., BAULCOMB C., LAMBINI C.K., RAWLINS M., BARAL H., ZÄHRINGER J., CARTER-SILK E., BALZAN M.V., KENTER J.O., HÄYHÄ T., PETZ K., KOSS R. 2016. Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats: A SWOT analysis of the ecosystem services framework. *Ecosystem Services*, 17: 99–111.
- BUREL F. 2011. Hedgerows and their role in agricultural landscapes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 15: 169–190. DOI: 10.1080/07352689.1996.10393185
- BURKE S. 1998. *Windbreaks*. Port Melbourne, Vic., Inkata Press: 129 s.
- CABLE T.T., COOK P.S. 1990. The use of windbreaks by hunters in Kansas. *Journal of Soil and Water Conservation*, 45: 575–577.
- CASSMAN K.G. 1999. Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America USA*, 96: 5952–5959. DOI: 10.1073/pnas.96.11.5952
- COSTANZA R., D'ARGE R., GROOT R. DE, FARBER S., GRASSO M., HANNON B., NAEEM S., LIMBURG K., PARUELO J., O'NEIL R.V., RASKIN R., SUTTON P., BELT M. VAN DEN 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature (London)*, 387: 253–260. DOI: 10.1038/387253a0
- COSTANZA R., GROOT R. DE, SUTTON P., PLOEG S. VAN DER, ANDERSON S.J., KUBISZEWSKI I., FARBER S., TURNER R.K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26: 152–158. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002
- COSTANZA R., GROOT R. DE, BRAAT L., KUBISZEWSKI I., FIORAMONTI L., SUTTON P., FARBER S., GRASSO M. 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28: 1–16. DOI: 10.1016/j.ecoser.2017.09.008
- DAILY G.C., ALEXANDER S., EHRLICH P.R., GOULDER ., LUBCHENCO J., MATSON P.A., MOONEY H.A., POSTEL S., SCHNEIDER S.H., TILMAN D., WOODWELL G.M. 1997. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology*, 1 (2): 16 s. Dostupné na/Available on: <https://www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/issue2.pdf>
- EHRLICH P., EHRLICH A.H. 1981. *Extinction: the causes and consequences of the disappearance of species*. New York, Random House: 305 s.
- EHRLICH P., MOONEY H. 1983. Extinction, substitution, and ecosystem services. *BioScience*, 33: 248–254. DOI: 10.2307/1309037
- ELEVITCH C.R., WILKINSON K.M. (eds.) 2000. *Agroforestry guides for Pacific Islands*. Holualoa, Hawaii: Permanent Agriculture Resources: 12–20.
- FAGERHOLM N., TORRALBA M., BURGESS P.J., PLIENINGER T. 2016. A systematic map of ecosystem services assessments around European agroforestry. *Ecological Indicators*, 62: 47–65. DOI: 10.1016/j.ecolind.2015.11.016
- FISHER A.D., ROBERTS N., BLUETT S.J., VERKERK G.A., MATTHEWS L.R. 2010. Effects of shade provision on the behaviour, body temperature and milk production of grazing dairy cows during a New Zealand summer. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 51: 99–105.
- GONTIJO L. M. 2019. Engineering natural enemy shelters to enhance conservation biological control in field crops. *Biological Control*, 13: 155–163.
- GROOT R.S. DE, WILSON M.A., BOUMANS R.M.J. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41: 393–408. DOI: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7
- HELLIWELL D.R. 1969. Valuation of wildlife resources. *Regional Studies*, Oxford, 3 (1): 41–47.
- HOLLAND J., FAGRIG L. 2000. Effect of woody borders on insect density and diversity in crop fields: a landscape-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 78: 115–122. DOI: 10.1016/S0167-8809(99)00123-1
- CHAN K. M. A., PRINGLE R.M., RANGANATHAN J., BOGGS C.L., CHAN Y.L., EHRLICH P.R., HAFF P.K., HELLER N.E., AL-KHAFAJI K., MACMYNOWSKI D.P. 2007. When agendas collide: human welfare and biological conservation. *Conservation Biology*, 21: 59–68. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2006.00570.x
- JANEČEK M., DOSTÁL T., KOZLOVSKY-DUFKOVÁ J. a kol. 2012. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Metodika. Praha, Powerprint: 113 s.
- JOHNSON R.J., BECK M.M., BRANDLE J.R. 1994. Windbreaks for people: the wildlife connection. *Journal of Soil and Water Conservation*, 49: 546–550.
- KELSON A., LILIEHOLM R., KUHN M. 1999. Economics of living snow fences in the intermountain West. *West. Journal of Applied Forestry*, 14: 132–136.
- KENDALL E., NIELSEN P.P., WEBSTER J.R., VERKERK G.A., LITTLEJOHN R.P., MATTHEWS L.R. 2006. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science*, 103: 148–157. DOI: 10.1016/j.livsci.2006.02.004
- KING R.T. 1966. Wildlife and man. *New York Conservationist*, 20: 8–11.
- KIRBY K.R., POTVIN C. 2007. Variation in carbon storage among tree species: implications for the management of a small-scale carbon sink project. *Forest Ecology and Management*, 246: 208–221. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.03.072
- KORT J., BANK G., POMEROY J., FANG X. 2012. Effects of shelterbelts on snow distribution and sublimation. *Agroforestry Systems*, 86: 335–344. DOI: 10.1007/s10457-011-9466-4
- KRAJČÍROVÁ Z., STREĎANSKÝ J. 1990. *Lesotechnické meliorácie*. Nitra, Vysoká škola poľnohospodárska: 158 s.
- LEEJW J. DE, NJENGA M., JAMNADASS R. 2014. An ecosystem service perspective on benefits and resilience provided by trees. In: *Treesilience. An assessment of the resilience provided by trees in the drylands of Eastern Africa*. Chapter 6. Nairobi, Kenya, ICRAF: 35–40.

- LITSCHMANN T., ROŽNOVSKÝ J., PODHRÁZSKÁ J. 2007. Využití optické porozity ke klasifikaci větrolamů. In: Střelcová, K. et al. (eds.): *Bioclimatology and natural hazards. International scientific conference. 17.–20. September 2007, Poľana nad Detvou, Slovakia. Proceedings. Zvolen, Technical University in Zvolen: [6 s.]*
- LYNCH J.J., DONNELLY J.B. 1980. Changes in pasture and animal production resulting from the use of windbreaks. *Australian Journal of Agriculture*, 31: 967–979.
- MARSHALL E.J.P., MOONEN A.C. 2002. Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89 (1–2): 5–21. DOI: /10.1016/S0167-8809(01)00315-2
- MATĚJÍČEK J. 2016. Ekosystémové a rekreační služby jako tržní produkty vlastníků lesa. In: Lenoč, J. (ed.): *Tržní realizace mimoprodukčních funkcí lesa. Sborník příspěvků z odborné konference. Křtiny, 21. a 22. 9. 2016. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 32–55.*
- MEA. 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis: a report of the Millenium Ecosystem Assessment. Washington, DC, Island Press: 137 s. Dostupné na/Available on: https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf*
- MELISSA J.S., AMANDA D.R. 2004. Shelterbelts for wildlife [online]. School of Natural Resources, the Ohio State University. [cit. 2019-04-30]. Dostupné na/Available on: <https://woodlandstewards.osu.edu/sites/woodlands/files/imce/0016.pdf>
- MOLLA M.A. 2016. Ecological benefits of trees as windbreaks and shelterbelts. *International Journal of Ecosystem*, 6: 10–13.
- MOLNÁROVÁ K. 2008. Hedgerow-defined medieval field patterns in the Czech Republic and their conservation. *Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 100 s.*
- NUBERG I.K. 1998. Effect of shelter on temperate crops: a review to define research for Australian conditions. *Agroforestry Systems*, 41: 3–34. DOI: 10.1023/A:1006071821948
- NAIR P.K., GARRITY D. (eds.). 2012. *Agroforestry – the future of global land use. New York, Springer: 542 s. Advances in Agroforestry 9.*
- PODHRÁZSKÁ J., DUFKOVÁ J. 2005. *Protierozní ochrana půdy. Brno, MZLU v Brně: 95 s.*
- RIEDL O., ZACHAR D. a kol. 1973. *Lesotechnické meliorace. Učebnice pro les. fakulty. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 568 s.*
- SDDA. 2007. *Windbreaks for wildlife. Resource Conservation and Forestry Division [online]. 523 East Capitol, Pierre, SD, SD Department of Agriculture: [2 s.] [cit. 2019-03-30] Dostupné na/Available on: https://sdda.sd.gov/legacydocs/Forestry/publications/PDF/Windbreaks%20for%20Wildlife.pdf*
- SEJÁK J., DEJMAL I. a kol. 2003. *Hodnocení a oceňování biotopů ČR [online]. Praha, [ČEÚ]: 422 s. [cit. 2019-02-22] Dostupné na/Available on: http://fzp.ujep.cz/projekty/vav-610-5-01/hodnocenibiotopucr.pdf*
- SEJÁK J. 2017. *Hodnocení dopadů projektu Život pro kuřičku na ekosystémové služby [online] Ústí nad Labem, UJEP: 33 s. [cit. 2019-03-20]. Dostupné na: http://www.kuricka.cz/userfiles/files/LIFE/Ekosyst%C3%A9mov%C3%A9%20slu%C5%BEby-za%C4%8D%C3%A1tek%20projektu.pdf*
- SHARROW S. H., ISMAIL S. 2004. Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. *Agroforestry Systems*, 60:123–130. DOI: 10.1023/B:AGFO.0000013267.87896.41
- SKLENIČKA P. 2003. *Základy krajinného plánování. Praha, Naděžda Skleničková: 321 s.*
- ŠIŠÁK L., ŠACH F., KUPČÁK V., ŠVIHLA V., PULKRAB K., ČERNOHOUS V., STÝBLO J. 2006. *Vyjádření společenské efektivity existence a využívání funkcí lesa v peněžní formě v České republice. Závěrečná zpráva 2006. Praha, ČZU: 121 s.*
- ŠIŠÁK L., ŠACH F., ŠVIHLA V., PULKRAB K., ČERNOHOUS V., DUDÍK R. 2017. *Metodika hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti ekosystémových služeb lesa v České republice. Certifikovaná metodika. Praha, ČZU v Praze: 33 s.*
- TEEB. 2010. *The economics of ecosystems & biodiversity: Mainstreaming the economics of nature. A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB [online]. 36 s. [cit. 2019-03-20]. Dostupné na/Available on: http://www.biodiversity.ru/programs/international/teeb/materials_teeb/TEEB_SynthReport_English.pdf*
- TRNKA P. 2000. *Ekologická a estetický význam liniové zeleně v krajinně - větrolamy a živé ploty. In: Obnova liniové zeleně v krajinně. Sborník přednášek ze semináře 8. června 2000. Brno, MZLU v Brně: 80–87.*
- TYNDALL J., COLLETTI J. 2007. Mitigating swine odor with strategically designed shelterbelt systems: a review. *Agroforestry Systems*, 69: 45–65. DOI: 10.1007/s10457-006-9017-6
- UCAR T., HALL F.R. 2001. Windbreaks as a pesticide drift mitigation strategy: a review. *Pest Management Science*, 57: 663–675. DOI: 10.1002/ps.341
- USDA. 1997. *Windbreak/shelterbelt establishment. Conservation Practice Job Sheet, 380. Washington, USDA: [4 s.] Natural Resources Conservation Service (NRCS). Dostupné na/Available on: https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/SC/380jobsheet.pdf*
- VENKATACHALAM L. 2004. The contingent valuation method: a review. *Environmental Impact Assessment Review*, 24 (1): 89–124. DOI: 10.1016/S0195-9255(03)00138-0
- VO Q.T., KUENZER C., VO Q.M., MODER F., OPPELT N. 2011. Review of valuation methods for mangrove ecosystem services. *Ecological Indicators*, 23: 431–446. DOI: 10.1016/j.ecolind.2012.04.022
- WALLACE K.J. 2007. Classification of ecosystem services: problems and solutions. *Biological Conservation*, 139: 235–246. DOI: 10.1016/j.biocon.2007.07.015
- WILSON N.G.A. 2008. From 'weak' to 'strong' multifunctionality: conceptualising farm-level multifunctional transitional pathways. *Journal of Rural Studies*, 24: 367–383. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2007.12.010
- ZHANG W., RICKETTS T.H., KREMEN C., CARNEY K., SWINTON S.M. 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*, 64: 253–260. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2007.02.024

THE IMPORTANCE OF WINDBREAKS AND THEIR ECOSYSTEM SERVICES: REVIEW

SUMMARY

This article analyses available information on ecosystem services of windbreaks. The work does not aim to produce new primary information but to add value to existing information by summarizing, evaluating and interpreting existing knowledge on the subject. Windbreaks are the main agroforestry measure used worldwide (TRNKA 2000; BRANDLE et al. 2004; PODHRÁZSKÁ, DUFKOVÁ 2005). They usually consist of trees that filter and reduce the wind force and speed. Windbreaks are generally defined as linear plantings of trees and shrubs of various width lying perpendicularly to prevailing wind direction with their main function being a reduction of soil erosion. The resultant effect of the windbreak is then determined by its actual height, thickness, and throughput (BRANDLE et al. 2004; BUREL 2011).

Overall, this work primarily discusses the ecosystem services of the windbreaks divided into four main groups (provisioning, regulating, cultural and supporting service) first defined in the Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005) and later expanded in The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB 2010; VO et al. 2011; BULL et al. 2016; FAGERHOLM et al. 2016, MATĚJČEK 2016) (Tab. 2).

The term “ecosystem services” is defined as a set of goods and services produced by natural and modified ecosystems supporting and maintaining human wealth (DAILY et al. 1997; COSTANZA et al. 1997, 2014, 2017; MEA 2005; WALLACE 2007; VO et al. 2011; FAGERHOLM et al. 2016). These are functions and processes that directly or indirectly contribute to the quality of human life. This definition emphasizes that ecosystem processes and functions describe the biophysical relationships that exist regardless of whether or not people benefit from them. Ecosystem services, on the other hand, are also functions and processes that bring benefits to people, whether consciously or unconsciously, directly or indirectly (COSTANZA et al. 2017; SEJÁK 2017).

As a part of agroecosystems, windbreaks represent the largest engineering ecosystem (ZHANG et al. 2007) and thus have the potential for a large negative or positive impact on the provision of ecosystem services depending on their management (BELT, BLAKE 2014). Their main potential role lies in enhancing crop production (increasing agricultural yield) and benefiting soil conservation throughout the elimination of wind erosion. In addition to these main services, they also provide a range of other ecosystem services, including biodiversity conservation, carbon sequestration, improving soil fertility through storage of atmospheric nitrogen, climate control, soil moisture retention and many more. In addition, they are essential factor for providing cultural ecosystem services within the aesthetic quality of the landscape. These are now highly valued in terms of the ecological stability of the landscape and the reduction of the economic impact of climate change (NAIR, GARRITY 2012; ALAM et al. 2014).

In order for these measures to be accepted, farmers (the founders of the measure) must be convinced that the benefits of these elements exceed their security costs. While private benefits can be measured in terms of the market valuation of agricultural products, the economic benchmark for assessing public benefits is still lacking. As a result, these benefits are referred to as ‘externalities’, and are not being considered in traditional cost-benefit analysis. This is also true for other ecosystems because of the lack of appropriate tools to identify the value of the services and its integration within the economic standpoint.

Despite all the above-mentioned positives, the adoption of this measure remains relatively low and windbreaks, therefore, present a threatened item due to the intensification and extensification of agriculture (MOLNÁROVÁ 2008). Although the demand for natural capital and ecosystem services on our planet is steadily increasing, preserving and restoring these elements can reduce environmental footprint.

Similar assessments can provide a base for dealing with issues of strategic importance, such as decision-making, which concerns restoration, planting, removal, and maintenance of existing windbreaks. Understanding new techniques and the adoption of new conservation strategies, that includes planting trees is the future for successful agroforestry, supporting a multifunctional agricultural landscape.

Zasláno/Received: 29. 07. 2019

Přijato do tisku/Accepted: 03. 12. 2019