

KLÍČOVÉ FAKTORY PRO OCHRANU LESNÍ BIODIVERZITY VE STŘEDNÍ EVROPĚ: REVIEW

KEY FACTORS FOR THE FOREST BIODIVERSITY PROTECTION IN CENTRAL EUROPE: REVIEW

PETR KJUČUKOV ✉

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra ekologie lesa, Kamýcká 129, 165 00 Praha - Suchdol, Czech Republic

✉ e-mail: kjucukov@fld.czu.czORCID: [P. Kjučukov 0000-0003-2367-4043](https://orcid.org/0000-0003-2367-4043)

ABSTRACT

It is desirable to update scientific knowledge on key aspects of forest biodiversity protection and implement it more effectively into forestry practice. A review was prepared across the Web of Science Core Collection database, searching in the “Topic” section, using a key words string: ((*biodiversity* OR „*biological diversity*“) AND („*forest management*“ OR *forestry*) AND „*central Europe*“). Particular attention should be paid to ending the clear-cutting and monocultures cultivation, as the most significant forms of intensive management. It is necessary to focus on the restoration of a varied tree species composition with respect for succession, the protection of old-growth forest habitats and their structures, as well as the restoration of open forests and the renewal of historical management forms (e.g. coppicing and forest grazing). In the interest of biodiversity, a combination of integrative and segregative management can be highly recommended. Reserves are essential as habitats for the most endangered species, but their role must be supported and complemented by integrative management in commercial forests. Such integrative management should emulate natural disturbances regime, predominantly with mixed severity.

[For more information see Summary at the end of the article.](#)

Klíčová slova: biodiverzita; lesnický management; střední Evropa; staré lesy; světlé lesy; sukcesní stadia

Key words: biodiversity; forest management; central Europe; old-growth forests; open forests; successional stages

ÚVOD

Biodiverzita je rozmanitost života na všech jeho úrovních, od genů, přes druhy organismů, až po pestrost ekosystémů a ekologických vztahů (KOLÁŘ et al. 2012). Kromě vnitřní hodnoty života a jeho rozmanitosti je důležité, že biodiverzita je zjevně nepostradatelná pro existenci člověka (GOWDY 1997) a z více důvodů, včetně antropocentrických, je proto nezbytné ji chránit.

Lesy hostí až 80 % všech suchozemských druhů organismů (www.worldwildlife.org), a jsou tak klíčovým nositelem pevninské biodiverzity. Biodiverzita bývá zpravidla vnímána právě jako druhová bohatost (*species richness*) (KOLÁŘ et al. 2012). V současnosti probíhá její celoplanetární úbytek, označovaný jako šesté známé hromadné vymírání druhů v dějinách Země (a první zapříčiněné člověkem), přičemž řešení této krize biodiverzity je pro lidstvo zásadní výzvou (RIPPLE et al. 2017). Ochranou biodiverzity je uvažována primárně snaha o uchování druhů ohrožených vymřením a biotopů ohrožených zánikem, nikoli maximalizace početnosti druhů v daném společenstvu (HUNTER 1999).

V obecné rovině jsou největší hrozbou pro světovou biodiverzitu ztráta a degradace přírodních stanovišť, následované jejich exploata-

cí a způsobem užívání (např. FAZAN et al. 2020; MACKINNON et al. 2020). Pro lesy je uvedený fenomén vysoce aktuální (SCHMIEDINGER et al. 2012*; RIPPLE et al. 2017) a ačkoli je tempo vymírání nejvyšší v tropech (STORCH 2011), nevyhýbá se krize biodiverzity ani zbytku světa, včetně střeoevropského prostoru a lesnický rozvinutých zemí (GROVE 2002; SPIECKER 2003; NIC LUGHADHA et al. 2020).

Navzdory snahám o zlepšení situace jsou dosavadní kroky považovány za nedostatečné (BLICHARSKA et al. 2011*), a je proto žádoucí aktualizovat vědecké poznatky o klíčových aspektech ochrany lesní biodiverzity a stále účinněji je implementovat do lesnické praxe.

Základní východiska

Příčiny ohrožení lesní biodiverzity

Ve střední Evropě bývá za hlavní příčinu ohrožení biodiverzity považována náhrada porostů přirozené dřevinné skladby intenzivně pěstovanými stejnověkými monokulturami komerčních dřevin, zejména smrku ztepilého (*Picea abies*) a borovice lesní (*Pinus sylvestris*), těžebních holosečným způsobem (např. EMMER et al. 1998; KOCH, SKOVSGAARD 1999*; SPIECKER 2003; FELTON et al. 2010; PAILLET et al. 2010;

FANTA, PETŘÍK 2021). Dalšími podstatnými a hospodařením způsobenými faktory jsou nedostatek nejrůznějších forem odumřelé dřevní biomasy (mrtvého dřeva), starých a biotopových stromů (např. BAČE, SVOBODA 2016; VÍTKOVÁ et al. 2018; ZUMR, REMEŠ 2020*; ZUMR et al. 2021*), eliminace prostředí světlého lesa (např. ČÍZEK et al. 2016) a odstraňování tzv. biologického dědictví přirozených disturbancí nahodilými těžbami (GROVE 2002; LINDENMAYER 2006).

Alternativy managementu na ochranu biodiverzity

Základní čtyři alternativy managementu cílicího na ochranu lesní biodiverzity definoval GÖTMARK (2013): (1) minimální intervence, umožňující kontinuální sukcesí a disturbance s vývojem starého (tzv. *old-growth*) lesa; (2) tradiční management, vytvářející specifické lesní struktury podporující biodiverzitu (včetně druhů červeného seznamu), spojené s historickou kulturní krajinou; (3) netradiční management, aktivně vytvářející tzv. *old-growth* charakteristiky v lesích (například tzv. ekologické lesnictví); (4) druhový management, konkrétně specializovaný zejména na podporu ohrožených a indikátorových druhů.

Různé přístupy a nástroje ochrany biodiverzity se liší intenzitou managementu, a to od čistě segregativních (bezzásahových) až po čistě integrativní, podmíněné aktivním managementem. V krajinném měřítku bývá doporučována kombinace segregace a integrace (KRAUS, KRUMM 2013), přičemž optimální povaha a míra této kombinace je předmětem výzkumu a politických diskusí.

Základní okruhy vzešlé z rešerše

Byla zpracována rešerše, jejíž stěžejní část vychází ze zadání řetězce těchto klíčových slov do vyhledávací vědecké databáze Web of Science Core Collection, sekce "Topic":

((*biodiversity OR "biological diversity"*) AND ("*forest management*" OR *forestry*) AND "*central Europe*").

Tímto postupem bylo v lednu 2022 vyfiltrováno 143 vědeckých článků. Nerelevantní články, které se obsahem netýkaly biodiverzity, lesnického managementu a Evropy, byly z review vyřazeny. Zbylo 115 publikací, tvořících základ review, které byly následně prostudovány, jejich hlavní závěry shrnuty a za pomoci další doplňující literatury diskutovány a syntetizovány. Citace těchto 115 publikací jsou v textu označeny hvězdičkou. Studované publikace bylo možné na základě jejich zaměření a výstupů rozdělit do těchto základních okruhů:

klimatické změny – dřevinná skladba – intenzita hospodaření – fenomén starého (old-growth) lesa a jeho struktur včetně mrtvého dřeva – sukcese – fenomén světlého lesa a tradiční management – segregace a integrace.

Klimatické změny

Probíhající klimatické změny a jejich dopady, jež jsou převážně antropogenního původu (HANSEN, STONE 2016), ovlivňují a ohrožují dochovanou biodiverzitu (KOLÁŘ et al. 2012). Za primární hrozbu bývá považováno oteplování a vysychání (TRNKA et al. 2016*). Ohroženy jsou zejména ekosystémy izolované, reliktní či nalézající se na okrajích ekologických gradientů. Globální oteplování tak představuje riziko pro společenstva jižní a severní Evropy, jak ukazuje na příkladu rostlinstva ALKEMADE et al. (2011). Oteplováním jsou ohroženy rovněž horské ekosystémy, například společenstva ptáků (FUMY, FARTMANN 2021) nebo měkkýšů (MÜLLER et al. 2009), ale i druhy nížin, například v důsledku vysychání mokřadů (SPERLE, BRUELHEIDE 2021).

Koncepce ochrany přírody a management lesů je nutné neustále vyhodnocovat v závislosti na klimatické změně, a to i při míře nejistoty očekávaných změn (MILAD et al. 2011*). Je patřičné přestat les vnímat jako prostředí s dlouhodobě víceméně konstatními podmínkami a rozvíjet nástroje k mitigaci účinků klimatické změny, jakož i k adaptaci na ni (HLÁSNY et al. 2016; FANTA, PETŘÍK 2021).

Dřevinná skladba

Vliv dřevinné skladby na biodiverzitu

Dřevinná skladba je jednou ze základních charakteristik lesů, kterou je možné managementem významně ovlivňovat. Ve střední Evropě byla člověkem přirozená dřevinná skladba zásadně změněna ve prospěch komerčně výhodných druhů (smrk a borovice), s negativními dopady nejen na biodiverzitu, ale i stabilitu lesů (HLÁSNY et al. 2017b*). Přirozené smíšení porostů podporuje biodiverzitu a má důležitý vliv na složení společenstev (LEIDINGER et al. 2021*). Je proto doporučeno například vnášet buk lesní (*Fagus sylvatica*) do smrkových monokultur (AMMER et al. 2008*). Dřevinná skladba ovlivňuje typ humusu, čímž způsobuje kvalitativní rozdíly mezi půdními habitaty a jejich společenstvy, například chvostoskoků (RUSSELL, GERGOCS 2019*). Jiná studie ukazuje, že sekundární jehličnaté monokultury na mokřinách a rašelinách neslouží jako biotop epigeické fauně (broukům a pavoukům) autochtonních listnatých lesů (FINCH 2005*). Stávající dřevinnou skladbu je nezbytné měnit s ohledem na lesnickou typologii (BURIÁNEK 1998*), probíhající změny a dynamiku společenstev, přičemž je potřebné zkoumat ekologii a genetiku lokálních populací dřevin (WOLFF et al. 2021*). Změnu dřevinné skladby však může aktuálně velmi ztěžovat okus zvěře (FUCHS et al. 2021*).

Diverzita dřevin mimo jiné zmírňuje vlivy silících disturbancí (HLÁSNY et al. 2017a*; SLOWINSKI et al. 2019*; MONTZKA et al. 2021*; SEBALD et al. 2021*), čímž může být v hospodářských lesích přínosná i ekonomicky (KNOKE et al. 2005*). Kromě prosté změny dřevinné skladby je však zásadní též obnova strukturální komplexnosti lesního prostředí (SWIERKOSZ et al. 2017*). Například studie mrchožroutů – chrobákovitých ukázala, že i monokulturální plantáž může poskytovat vhodný biotop, pokud je zachována diverzita podrostu (VON HOERMANN et al. 2020*). Ve studii ze stárnocích borových lesů západní Evropy ukazuje KINT (2005*), že snahy o jejich proměnu se omezují na dřevinnou skladbu a přehlížejí strukturální diverzitu a dynamiku prostředí. Uvedený aspekt se týká i porostů introdukovaných dřevin; výzkum nočních motýlů (KADLEC et al. 2018*) srovnal porosty s přirozenou skladbou a porosty trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*). Motýlů vázaných na dřeviny bylo u akátině méně, ale těch vázaných na podrost zase více, protože akátina byla rozvolněná, s bohatším podrostem a keří, než srovnávaný autochtonní porost, který byl zapojený a tmavý.

Zmíněná otázka aplikace introdukovaných cizokrajních dřevin ve střední Evropě, například douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*) či dubu červeného (*Quercus rubra*), je problematická (KOWARIK, SCHEPKER 1998*), tím spíše, že hodnocení rizik pěstování nepůvodních dřevin je v různých zemích Evropy odlišné (BINDEWALD et al. 2020*). Introdukci exotů a priori nelze považovat za vhodný nástroj na podporu biodiverzity (HUNTER 1999; KOLÁŘ et al. 2012), neboť tyto druhy mohou působit negativní změny v autochtonních společenstvech. Příkladem je prokázáný negativní vliv dubu červeného na brusnici borůvku (*Vaccinium myrtillus*) – coby důležitého potravního zdroje a úkrytu – v polských borech (WOZIWOĐA et al. 2019*). V některých situacích, například při rekultivacích, bývají dokládány příznivé pěstební, produkční a adaptační vlastnosti vybraných introdukovaných dřevin, nicméně z hlediska ochrany přírody je pěstování exotů kontroverzní (VACEK et al. 2021*). V souvislosti s globálním

oteplování bývá již nyní ve střední Evropě navrhováno pěstování dřevin, které mohou časem samy domigrovat z Evropy jižní, zejména jihoevropských druhů dubů (GERLACH et al. 2012*), a to nejen z adaptačních, ale i ekologických důvodů. Například právě GERLACH et al. (2012*) přináší zjištění, že opad jihoevropských dubů byl v rámci pokusu přijímán dekompozitory obdobně (i lépe) než opad dubů domácích. V případě již zmíněného akátu SÁDLO et al. (2017)* poukazují na neproveditelnost plošné eradikace, což směřuje k využití této dřeviny v městské či hospodářské krajině a eliminaci v cenných biotopech. Využití introdukovaných dřevin v městském prostředí obhajují SJÖMAN et al. (2016)*.

Typ smíšení

Ve středoevropských hospodářských lesích je patrně nejčastějším typem smíšení kombinace smrku ztepilého a buku lesního (SCHWAIGER et al. 2018*). Na základě analýzy zohledňující produktivitu porostu, diverzitu prostředí a stav podzemní vody SCHWAIGER et al. (2018)* doporučuje smíšení těchto dvou dřevin s podílem buku na výčetní základně 50 % (tj. 70–80 % růstového prostoru, v závislosti na věku). VÉLOVÁ et al. (2021)* na základě výzkumu ptací diverzity kulturních smrčín uvádí, že tyto monokultury slouží druhům smrčín i mimo optimum smrku, a nejsou proto z hlediska biodiverzity „pouští“; doporučuje však, aby tyto porosty obsahovaly po celé obměty listnaté stromy. Naopak HEINRICH et al. (2019)* na základě německé studie doporučuje pro ochranu rostlinné diverzity na krajinné úrovni spíše udržovat mozaiku čistě bukových (resp. listnatých) a čistě jehličnatých kultur pro zachování gama diverzity, než realizovat všude smíšení na porostní úrovni. Tento přístup podporuje i SEBALD et al. (2021)*, jenž uvádí, že smíšení dřevin mezi porosty je pro biodiverzitu nejméně tak účinné jako smíšení uvnitř porostu, navíc s hospodářskými výhodami (snižená nutnost hlídat kompetici dřevin, logistická úspora, dřevní kvalita). Lze konstatovat, že při míšení dřevin by mělo být zohledněno více prostorových měřítek (SEBALD et al. 2021*) a typy smíšení kombinovat.

Intenzita hospodaření

Intenzifikace lesního hospodaření je globálně významnou příčinou úbytku biodiverzity (LANGE et al. 2011*). Při srovnání různých typů využití půdy ve střední Evropě vychází jako druhově nejchudší intenzivní zemědělství a lesnictví (KOELLNER, SCHOLZ 2008*; GREGOR et al. 2016*), což svědčí o kontextu celkové krize nakládání s krajinou (DULLINGER et al. 2013).

Intenzivní lesní hospodaření podporuje generalisty (LANGE et al. 2014*; WEITHMANN et al. 2020*) a může přispívat k eutrofizaci ekosystému (GALLE et al. 2019*), modifikaci půdního prostředí (VON HORMANN et al. 2018*), k fragmentaci habitatů (MIKOLÁŠ et al. 2015*; DURAK, DURAK 2016*) i k homogenizaci habitatů (SCHAEUBLIN, BOLLMANN 2011*). Vliv eutrofizace na společenstva někdy lokálně dokonce převyšuje efekty klimatické změny (JANTSCH et al. 2013*). Před rizikem další intenzifikace hospodaření za účelem těžby dřeva a podpory bioenergie v Evropě varuje MOZGERIS et al. (2021*).

Fenomén starého (*old-growth*) lesa a jeho struktur včetně mrtvého dřeva

Vědecké publikace, jejichž výstupy lze zahrnout pod téma starého lesa (*old-growth forest*), se zabývají zejména vztahy mezi biodiverzitou a strukturálními prvky (strukturální komplexností) lesa, významem mrtvého dřeva, biotopových stromů a mikrobiotopů, jakož i přírodními disturbancemi a jejich efekty. Starým lesem se neuvažuje pouze terminální stadium lesního porostu, ale spíše les nepostrádající struk-

turní prvky generované dlouhodobým vývojem a různými sukcesními stadii, včetně stadia iniciálního (po disturbanci), s kontinuitou velmi staré biomasy.

Význam starých lesů pro biodiverzitu

Pro ochranu lesní biodiverzity, například početné skupiny terestrických brouků, je nutná ochrana zbývajících starých lesů, přírodě bližší hospodaření a prodloužení obměty (LANGE et al. 2014*; WEITHMANN et al. 2020*). Studie z Maďarska srovnávající lesní květeny různých typů lesů v pásmu bučin ukázala, že vzácné rostliny s nízkou migrační schopností a časným kvetením nalézají biotop převážně ve starých lesích, nikoli v nově vzniklých a mladých lesích (KELEMEN et al. 2014*). Důležitost habitatu starého lesa a jeho ochrany před těžbou je potvrzována i pro ochranu emblematických druhů, například orla křiklavého (*Clanga pomarina*) (MOZGERIS et al. 2021*).

Bylo zjištěno, že výskyt tzv. old-growth prvků v hospodářském lese podporuje biodiverzitu, přičemž četnost a diverzita mikrobiotopů na stromech významně narůstá s jejich výčetní tloušťkou (ASBECK et al. 2019*). K obdobným výsledkům (větší pravděpodobnost výskytu mikrobiotopů s nárůstem tloušťky a doby od poslední těžby) došel i MARZILIANO et al. (2021)* pro Mediterán. S tloušťkou stromů, obzvláště buků, narůstá druhová bohatost lišejníků (HOFMEISTER et al. 2016b*). Již v 19. století přitom z odborné diskuse v Německu vyplynulo, že intenzifikace hospodaření způsobuje úbytek starých a doupných stromů (MOELDER et al. 2017*).

Z hlediska čistě primární produkce a ukládání uhlíku je zajímavé, že strukturální diverzita (komplexnost) posiluje produktivitu; studie srovnávající na Slovensku bukové pralesy s bukovými produkčními lesy přinesla zjištění, že pralesy měly vyšší produktivitu, která neklesala s terminální sukcesní fází (GLATTHORN et al. 2018*). Vysoká strukturální diverzita sice snižuje produktivitu v raných sukcesních stadiích, ale v pozdějších stadiích ji naopak zvyšuje (ZELLER, PRETZSCH 2019*).

Mrtvé dřevo

Význam odumřelé stromové biomasy je pro biodiverzitu naprosto klíčový. Současné obhospodařované lesy Evropy obsahují mrtvého dřeva výrazný nedostatek (HAHN, CHRISTENSEN 2005*; BANAS et al. 2014*; DIELER et al. 2017*), přičemž na horách a ve střední Evropě je situace ve srovnání s Velkou Británií a Mediteránem lepší (PULETTI et al. 2017*). Navýšit množství a diverzitu mrtvého dřeva je nutné například pro podporu druhové diverzity dřevozijných hub (BLASER et al. 2013*) nebo hmyzu (FUHRER 1996*).

Kromě kvantity jsou velmi důležité též kvalitativní vlastnosti mrtvého dřeva, například jeho oslunění pro saproxylický hmyz (KAPPES, TOPP 2004*). Při ochraně strakapouda bělohřbetého (*Dendrocopos leucotos*) bylo zase zjištěno, že je třeba dbát na tloušťku mrtvého dřeva a přítomnost dutin vytvořených saproxylickými brouky, tj. chránit konkrétní biotop saproxylických brouků (ETTWEIN et al. 2020*). PROCHÁZKA, SCHLAGHAMERSKÝ (2019)* zkoumali saproxylické brouky středoevropských bukojedlových lesů ve třech typech stanoviště lišících se množstvím mrtvého dřeva a nezjistili mezi nimi významné rozdíly v abundanci a druhové bohatosti. Nicméně silné mrtvé dřevo, dřevo v poslední fázi rozkladu a mrtvé bukové dřevo v blízkosti odchyťových pastí významně ovlivnily zastoupení ohrožených druhů brouků. Ačkoliv je silné mrtvé dřevo pro biodiverzitu důležitější než tenké (BAČE, SVOBODA 2016), a právě silné mrtvé dřevo v hospodářských lesích především schází, tak byl například prokázán pozitivní vliv bukových větví na diverzitu dvoukřídlých a brouků (SCHIEGG 2001*).

Přirozené disturbance

Přirozené disturbance lesních porostů, včetně disturbancí velkoplošných, jsou na severní polokouli běžné a zásadním způsobem ovlivňují biodiverzitu lesa (THORN et al. 2017*). Přírodní narušení vzniklá působením větru, bouří, námrazy, sněhu, požárů, podkorního hmyzu apod. vytvářejí důležité mikrobioty (FISCHER et al. 2013*) a zajišťují strukturní diverzitu prostředí. Například švýcarská studie využívající dálkový průzkum Země, zaměřená na tetřeva hlušce (*Tetrao urogallus*), jeřábka lesního (*Tetrastes bonasia*), datlíka tříprstého (*Picoides tridactylus*) a kulíška nejmenšího (*Glaucidium passerinum*), tedy deštníkové a vlajkové druhy, shledala překryv strukturně komplexních stanovišť s bioty těchto druhů; jako důležitá se ukázala vertikální a horizontální struktura porostu včetně nepravidelného zápoje, výskytu mezer a ekotonů (ZELLWEGER et al. 2013*). Jiná švýcarská studie definuje jako hlavní strukturní znaky lokalit výskytu tetřeva hlušce polootevřený zápoj, víceetážové porosty, ekotony a přítomnost vřesovcovitých (SUTER et al. 2002*). K obdobným výsledkům dospěli MIKOLÁŠ et al. (2017)* v karpatských pralesích, kde disturbance se smíšenou intenzitou podporují výskyt deštníkových druhů (primárně tetřeva hlušce) vytvářením diverzifikovaného biotopu. Strukturní diverzita lesa se ukázala jako zásadní faktor i při výzkumu alpské populace jeřábka lesního, se zdůrazněným významem porostních mezer s rané sukcesními stadii po kůrovcových disturbancích (SCHAEUBLIN, BOLLMANN 2011*). Význam přirozené lesní dynamiky a jejího dědictví pro diverzitu lišejníků ukazuje LANGBEHN et al. (2021). Přirozené disturbance recentně zkoumali THORN et al. (2017)* v národních parcích Šumava a Bavorský les a zjistili zvýšení strukturní diverzity a biodiverzity po velkoplošných narušeních způsobených periodickými vichřicemi a gradací lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*).

Pro pochopení různých režimů přírodních narušení je realizován extenzivní výzkum přirozených a přírodě blízkých lesů Evropy. V horských smrkových pralesích ukrajinských Karpat byl popsán historický smíšený režim disturbancí, který se vymyká konvenčně uvažované dvojstupňové škále maloplošných a velkoplošných událostí. K výměně porostu zde dochází cca mezi 50 a 300 lety v závislosti na síle disturbancí – v daných podmínkách hlavně bouří, méně gradací kůrovcovitých a rovněž občasných extrémních zim (TROTSIUK et al. 2014*). Také evropské bučiny jsou historicky ovlivněny disturbancemi se smíšenou závažností (severitou); převládají maloplošná narušení, ale objevují se i události s velkým a velmi velkým rozsahem (FRANKOVIČ et al. 2021*).

Poznatky o režimech přirozených disturbancí by měly nacházet uplatnění v lesním hospodaření sledujícím kromě těžby dřeva též ochranu biodiverzity a heterogenitu lesa (WOHLGEMUTH et al. 2002*; THORN et al. 2017*; FRANKOVIČ et al. 2021*). Uvedený princip se dostává do kolize s nahodilými těžbami, které standardně v lesním hospodářství bývají aplikovány po přirozeném narušení porostu (LINDENMAYER 2006). Nahodilá těžba odstraňuje tzv. biologické (postdisturbanční) dědictví. Tomuto problému lze při aplikaci nahodilé těžby částečně čelit ponecháváním vývratových koláčů s bazální částí vyvráceného kmene, ochranou půdy použitím lanovek namísto harvesterů a traktorů, ponecháním osluněných suchých větví pokácených stromů, ponecháním tzv. sterilních souší a velkých přeživších stromů, maximální snahou o nepoškození přirozeného zmlazení a při asanaci ponechávaného kůrovcového dřeva použitím drážkování kmene, nikoli odkorňování (THORN et al. 2017*).

Kontinuita habitatu

Habitaty a mikrohabitaty starého (*old-growth*) lesa je při snaze o zachování a podporu biodiverzity nezbytné zohlednit v patřičném časoprostorovém kontextu. Zachování populací ohrožených druhů vyžaduje kontinuitu jejich biotopu v čase a prostoru (GROVE 2002;

MOELDER et al. 2017*; ECKELT et al. 2018). Například druhová bohatost hub obecně narůstá s kontinuitou lesa (HOFMEISTER et al. 2014*), což platí i pro mechorosty, lišejníky, brouky, noční motýly či některé skupiny půdních organismů (HOFMEISTER et al. 2016a, 2019). Přerušování kontinuity, izolace a postupný či periodický zánik habitatů ohrožuje zejména druhy s nízkou migrační schopností, jejichž výskyt tak může vypovídat o setrvačnosti tzv. extinkčního dluhu, nikoli o kvalitě biotopu (např. ČÍŽEK et al. 2016; KADEJ et al. 2017*; MIKLÍN et al. 2018*).

Sukcese

Pro efektivní ochranu biodiverzity při lesnickém managementu bývá doporučováno chránit přirozenou sukcesí a její jednotlivá stadia. Nejvýrazněji je biodiverzita podpořena v prolnutí pozdních a raných sukcesních stadií (SWANSON et al. 2010; HILMERS et al. 2018*; LANGBEHN et al. 2021; MIKOLÁŠ et al. 2021). Tato problematika souvisí s již zmiňovanou heterogenitou prostředí a je zásadní i pro aktuální obnovu hospodářských porostů po závažných narušeních suchem, větrem a gradacemi lýkožroutů. Sekundární sukcese a dynamika přirozené obnovy by měly být upřednostňovány před umělým zakládáním lesních porostů, jak dokládá vědecká literatura. Například po orkánu Kyrill, jenž významně disturboval lesy v roce 2007, byla realizována studie porovnávající různé strategie obnovy po nahodilé těžbě smrku z hlediska výskytu ptáků. Porovnány byly výsadby smrku, nepůvodních jehličnanů, buku a sukcese břízy a dalších dřevin. Bylo zjištěno, že vysázené lokality hostí generalisty, kdežto sukcesně obnovené lokality jsou pestřejší a hostí i vzácné druhy (KAMP et al. 2020*). U specifických biotopů pískoven zjistila ŘEHOUNKOVÁ et al. (2016*) horší vliv lesnické rekultivace na biodiverzitu než v případě sukcesního zarůstání.

Nezbytné je zachování všech sukcesních stadií v krajině (HILMERS et al. 2018*), přičemž konvenční lesnické hospodaření nejvíce potlačuje jak pozdní (SCHMIEDINGER et al. 2012*), tak raná sukcesní stadia (SWANSON et al. 2010). Je to dáno tím, že naprostá většina porostů v rámci těžební úpravy nedospěje do staršího než mýtního věku, a dále že nahodilá těžba a rychlý obnovní postup s dominancí umělé obnovy eliminuje sukcesí v disturbovaných lesích.

Fenomén světlého lesa a tradiční management

Světlé lesy

Převažující lesnické hospodaření generuje plně zapojené, homogenní lesní porosty a potlačuje historicky běžné formy prosvětleného lesa, jenž je klíčovým biotopem například pro saproxylický hmyz (HORÁK et al. 2012*). Potřebu obnovy světlých lesů se starými a biotopovými stromy pro podporu saproxylického hmyzu akcentuje též MIKLÍN et al. (2018)* ve studii z území soutoku řek Moravy a Dyje na jižní Moravě, kde jsou saproxylický hmyz a staré stromy běžnější v místech, kde byl před 80 lety dle leteckých snímků otevřený zápoj. Důležité je zjištění, že efekt zhoustnutí korunového zápoje na biotu je o několik desítek let zpožděný, a může tak zůstat neodhalen. Zkoumání vlivu managementu na pozemní lišejníky v suchých acidofilních borech (vysázených, vzniklých z přirozené obnovy i neobhospodařovaných) přineslo výsledky, že nejvýznamnější vliv má zápoj; vysázené starší bory jsou hustší a nejsou tolik vhodné pro pozemní lišejníky (KOŠUTHOVÁ et al. 2013*).

Lesnický management by se tedy měl, obzvláště v lesích nižších poloh, v zájmu ochrany biodiverzity zaměřit na prosvětlení lesa variabilním otevřením zápoje, což je efektivní zejména na jižních svazích (STREITBERGER et al. 2012*). Vedle renesance tradičních (historických) forem managementu může být vhodným nástrojem tvorba světlin, jak ukázala studie výskytu pavouků v bývalé pařezině. Tvorba světlin zde

má potenciál zastavit pokles biodiverzity v dřívě světlých lesích, přičemž nejvyšší diverzitu vykazoval střed gradientu (ekoton); různé části bioty přitom mají na gradientu prosvětlení různé hodnoty optima (KOŠULIČ et al. 2016*). Prospěšnost tvorby světlin byla prokázána též pro výskyt zvonků (*Campanula* spp.) (BRAUN-REICHERT et al. 2021*). Pozitivní vliv neizolovaných malých holosečí s ponechanými výstavky na diverzitu rostlin v nížinných lesích ukazuje LANTA et al. (2019)*. I v případě drobných hlodavců konstatuje KROJEROVÁ-PROKEŠOVÁ et al. (2016)* podporu biodiverzity relativně malými holosečemi. Tvorbu světlin a malých holosečí je nicméně nutno vnímat v kontextu dalších důležitých aspektů podpory strukturální diverzity lesa, zejména ve smyslu imitace přirozené disturbance a retence jejího dědictví, ochrany půdy, přirozeného zmlazení a sukcese. Uvedený přístup nelze ztotožnit s konvenčním holosečným hospodařením, které je z hlediska ekologie lesa velmi rizikové (BURIÁNEK 1998*; PAILLET et al. 2010).

V kontextu klimatické změny vykazuje snížení zakmenění a zápoje lesních porostů potenciál pro adaptaci na sucho (BOCZON et al. 2017*).

Velmi perspektivně se jako doplnění lesnického managementu podporujícího světlý les jeví správně nastavená forma údržby ochranných pásem elektrovodů, které ze své povahy napomáhají migraci a propojení specifických biotopů na krajinné úrovni. Polská studie potvrzuje význam koridorů elektrovodů pro hmyz, neboť zvyšují diverzitu druhů lesních i otevřených stanovišť (PLEWA et al. 2020*).

Tradiční management

V souvislosti s nezbytnou obnovou prostředí světlého lesa bývá apelováno na renesanci tradičních (resp. historických) managementů, od nichž se moderní lesnictví, zaměřené na maximální a trvale udržitelnou dřevní produkci vysokého lesa, odchýlilo (GIL 2018*; ŠLACH et al. 2021*). Mezi tyto dřívě běžné formy managementu patří zejména pařezení (les nízký a střední), lesní pastva, ořez stromů (*pollarding*) a vypalování. S ohledem na dlouhodobý předindustriální vliv člověka na nížinné lesy lze na tyto managementy do jisté míry pohlížet jako na součást disturbančního režimu těchto lesů (ZANIEWSKI et al. 2020*).

V doubravách je doporučena obnova středního lesa pro podporu světlo milných oligotrofních rostlin (VILD et al. 2013*). Obnovu pařezení v nížinách v zájmu ochrany vzácných rostlin akcentuje též MÜLLEROVÁ et al. (2015)*. Nízký a střední les může vykazovat i vyšší diverzitu dřevin než les vysoký (VACEK et al. 2019*). Porovnání současné vegetace v nížinném lese České republiky s vegetací v 50. letech 20. století ukazuje posun ke stinnějším druhům, pokles alfa diverzity a rozvoj nitrofilních, introdukovaných a invazních rostlin; jako důvody tohoto trendu jsou rozpoznány zrušení pařezení, eutrofizace (depozice atmosférického dusíku a přenos ze zemědělství) a tlak divokých prasat (VOJÍK, BOUBLÍK 2018*). Ještě v 19. století se za účelem získávání třísla pařežilo na 16 tisících hektarech dubových lesů polské strany Slezska. S poklesem této výroby se pařežiny změnilly na vysoký les; teplomilná dubová vegetace tak může být považována za výsledek dřívějšího managementu, a jeho renesance je proto doporučována pro ochranu tohoto habitatu (SZYMURA 2012*). SZYMURA et al. (2014)* dále pro ochranu slezských lesostepních doubrav s jeřábem břekem (*Sorbus torminalis*) upozorňuje na nutnou ochranu před okusem zvěří a na živnějších stanovištích (tj. tam, kde rozvolnění není dané extremitou stanoviště a suchem) doporučuje nějaký druh aktivního managementu – nízký a střední les. Pařezení rovněž podporuje lesní motýly (FARTMANN et al. 2013*). Dosažení světlého lesa pařezením a lesní pastvou na jižních svazích v zájmu ochrany okáče jílkového (*Lopinga achine*), jenž vyžaduje specifickou strukturu lesa a živnou rostlinu (*Carex alba*), doporučuje STREITBERGER et al. (2012)*. Pařezení (střední les) je považováno za vhodný management též pro lužní lesy kolem nížinných řek (MACHAR 2014*).

Z provozního hlediska je zajímavé, že pařezení lze realizovat na dostupnějších lokalitách i harvestorem, s dobrým výkonem a bez problémů s těžbou vícekmennů (SUCHOMEL et al. 2011*), nicméně intenzivním formám nízkého lesa je třeba se v zájmu biodiverzity vyhnout (ČÍZEK et al. 2016).

Rizikem lesa nízkého (pařežin) může být menší množství mrtvého dřeva oproti lesu vysokému, pokud při intenzivním pařezení není pamatováno na jeho zachování (PULETTI et al. 2017*). Lze proto doporučit realizovat pařezení extenzivně formou středního lesa, se starými výstavky a vyššími pařezy.

Segregace a integrace

V zájmu ochrany lesní biodiverzity jsou doporučovány jak bezzásahové formy managementu (segregace), tak konkrétní nástroje zakomponované do hospodářské praxe (integrace). Oba přístupy mohou být též kombinovány (KRAUS, KRUMM 2013). Ve střední Evropě převažuje spíše integrativní přístup, na rozdíl například od severozápadu USA; v rámci konvergence obou trendů se předpokládá do budoucna nárůst jejich kombinace (SIMONČIČ et al. 2015*).

Někteří autoři zastávají spíše integrativní přístup. DIELER et al. (2017)* v metaanalýze porovnávající biodiverzitu obhospodařovaných a neobhospodařovaných lesů neshledal prokazatelný rozdíl a přiklání se k integrativnímu přístupu ve smyslu jemného hospodaření se zdůvodněním, že člověk coby součást střeoevropského ekosystému pomáhá diverzitě prostředí. SCHULZE (2018)* na příkladu německé flóry dochází k závěru, že není žádný důkaz pro to, že udržitelný management snižuje biodiverzitu. Dokládá vyšší diverzitu v klasicky obhospodařovaných lesích oproti rezervacím a přírodě blízkým lesům. Týž autor obhazuje management i v jiné studii zaměřené na rostliny (SCHULZE et al. 2016*), jakož i ve studii zabývající se ptáky, v níž vyvozuje, že v centrální Evropě a na severovýchodě USA trvalé zalesnění a hospodaření posilují diverzitu ptáků (SCHULZE et al. 2019*).

Většina prací nicméně zdůrazňuje význam neobhospodařovaných lesů. Srovnání diverzity členovců pralesních a hospodářských bučin na západní Ukrajině ukázalo, že saproxylicí brouci byli početnější v pralese, kde bylo oproti hospodářskému lesu až dvacetkrát více mrtvého dřeva. Prales tak byl vyhodnocen jako zdrojový habitat pro šíření saproxylického hmyzu do přilehlých lesů (CHUMAK et al. 2015*). Uvedená rozdílnost v kvantitě habitatu mrtvého dřeva kromě toho dokládá, že integrativní management by se neměl omezovat pouze na zjemnění těžby a podporu přirozené obnovy dřevin, ale též na zachování odumřelé dřevní biomasy a stromů ponechaných k dožití (STORCH et al. 2020*). Význam rezervací pro tesaříkovité broučky demonstruje v polské studii KARPINSKI et al. (2021)*. Porovnání ptačí diverzity v obhospodařovaných i bezzásahových dubo-bukových lesích v Karpatech (na Slovensku a v Polsku) ukázalo, že jemnějším, například podrostním hospodařením se obecně diverzita nesnižuje, nicméně vzácné druhy se vyskytovaly jen v rezervaci (LESO et al. 2019*). Autoři studie proto doporučili posílit síť rezervací a přírodě blízkých lesů, přednostně v nepříznivých a hůře dostupných lokalitách (z ekonomických a provozních důvodů), snížit fragmentaci habitatů a navýšit množství mrtvého dřeva. Bezzásahovost je doporučována též pro ochranu habitatu horských smrčín (MACHAR et al. 2016*).

Řada druhů je vázána striktně na lesy, v nichž se nehospodaří, a proto je pro biodiverzitu klíčová ochrana těchto lesů, včetně jejich zbytků a fragmentů, které by měly být co nejméně izolovány (ECKELT et al. 2018; HOFMEISTER et al. 2019). Případně zjištěný nízký ochrannářský efekt rezervací může být pouze zdánlivý či dočasný. Rezervace často obsahují původně obhospodařované lesy, které nemají dostatečně rozvinutou dynamiku různých sukcesních stadií (většinou jsou ve fázi optima) a obsahují malé množství mrtvého dřeva (CASTAGNERI et al. 2010*; LEIDINGER et al. 2020*; SCHALL et al. 2021*). ALBRICH

et al. (2021)* však ukazuje, že ačkoliv plný návrat ke komplexnímu prostředí pralesa může po ukončení hospodaření trvat stovky let, řada důležitých strukturních atributů se obnovuje velmi rychle, tudíž i bezzásahová ochrana dříve obhospodařovaných lesů je důležitým nástrojem. Zvláště horské lesy vykazují vysokou rezilienci a vyvíjejí se k pralesním podmínkám jak po dřívějším hospodaření, tak po závažných disturbancech. Disturbance navíc proces restrukturalizace ekosystému zásadně urychlují. Je proto odůvodněné nevyklouzat z přísné ochrany ani lesy původně hospodářské, tím spíše, že biologicky hodnotné lesy s dlouhou kontinuou není vždy jednoduché bezpečně rozpoznat od lesů kulturních (např. HOFMEISTER et al. 2021). Dále je třeba uvážit, že rezervace ve střední Evropě, ačkoli jich je poměrně hodně, bývají dosti malé (KARPINSKI et al. 2021*). Velkoplošná ochrana lesů je nutná nejen pro zmírnění krize biodiverzity, ale i krize klimatické, prostřednictvím sekvestrace uhlíku, jak zdůrazňují MIKOLÁŠ et al. (2021). Bezzásahová forma ochrany by se přitom neměla omezovat jen na zralé porosty s vysokou estetickou hodnotou, ale musí zohledňovat celou škálu sukcesních stadií, včetně poněkud přehlíženého raného stadia, tj. mladých lesů po disturbancech (SWANSON et al. 2010).

Potřebné jsou tedy jak striktní rezervace (kde jsou endogenní i exogenní disturbance hlavní řídicí silou) pro přežití nejohroženější bioty, tak i přírodě blízké hospodaření a modifikace managementu, neboť rezervace samy o sobě pro uchování biodiverzity nestačí (WOHLGEMUTH et al.* 2002; LEIDINGER et al. 2020*).

Výzvou pro lesnický obor je optimalizovat management v podstatné části obhospodařovaných lesů tak, aby byl skutečně integrativní a přírodě blízký ve vztahu k ochraně biodiverzity (CAICOYA et al. 2018*), se zohledněním i dalších funkcí (MERGANIČ et al. 2020*). V USA jsou za tímto účelem rozvíjeny koncepce tzv. ekologického lesnictví (*ecological forestry* či *ecological silviculture*), založeného zejména na těžbě imitující rozsahem, variabilitou a intervalem přirozené disturbance, dále na retenci důležitých struktur (biologického dědictví) těženého porostu a na dosažení strukturní komplexnosti lesa na porostní i krajinné úrovni (HUNTER 1999; PALIK et al. 2020).

Ve středoevropském prostředí je v kontrastu se staletým intenzivním hospodařením, založeným na pěstování stejnověkých porostů a jejich pasečné obnově, rozvíjeno tzv. přírodě blízké lesnictví (*close-to-nature forestry*), zaměřené právě na odklon od pasečných hospodářských forem a stejnověkých kultur (REMEŠ 2018). Trend přírodě blízkého hospodaření je markantní upuštěním od holosečí, maximálním využitím přirozené obnovy dřevin, vertikální diferenciací porostů a často aplikací výběrného hospodářského způsobu (FERKL 2020). Podle programových prohlášení sdružení Pro Silva Europe je mimo jiné strategickým cílem přírodě blízkého hospodaření zacházení s lesními ekosystémy v jejich celistvosti, udržení lesů v optimálním zdravotním stavu a zajišťování produkce při skutečné biologické automatizaci (www.prosilvabochemica.cz).

Přes svá nesporná pozitiva by plošné zavedení přírodě blízkého hospodaření v současném středoevropském pojetí mohlo představovat pro lesní biodiverzitu rovněž rizika. Extenzivní aplikace obvyklého nepasečného hospodaření snižuje horizontální heterogenitu prostředí v rámci krajiny, jak ukázal NAGEL et al. (2017)* na studii ze Slovinska, kde jde o dominantní typ managementu. Nejen homogenita prostředí, ale i homogenita hospodaření totiž snižuje biodiverzitu (WOHLGEMUTH et al. 2002*).

PALIK et al. (2020) srovnává koncepce ekologického a přírodě blízkého hospodaření a poukazuje na to, že přírodě blízké hospodaření se zaměřuje na zralé porostní stadium na úkor dalších vývojových stadií, upřednostňuje stín snášející dřeviny a necílí primárně na ponechávání biologického dědictví – starých stromů a mrtvého dřeva. Je nicméně potřeba zmínit, že pro zachování těchto struktur (starých stromů a mrtvého dřeva) je nepasečné, úžeji výběrné hospodaření perspektivnější než pasečné (DEMETER et al. 2020*).

Co se lesnického managementu zohledňujícího retenci biologicky cenných struktur týče, je nejen v Evropě poměrně hojně aplikováno tzv. retenční lesnictví (*retention forestry*), cílicí na ponechávání stromů, skupin stromů a mrtvého dřeva během těžby (GUSTAFSSON et al. 2012). Vědecké metaanalýzy potvrzují příznivější efekt retenčního lesnictví na biodiverzitu jak oproti holosečnému hospodaření (FEDROWITZ et al. 2014), tak oproti jemnému (výběrnému) hospodaření (MORI, KITAGAWA 2014). Nástroj ponechávání stromů a dalších struktur během těžby však může být aplikován ve všech těžebních přístupech, jak ukazuje GUSTAFSSON et al. (2020). Retenční hospodaření samo o sobě nicméně nezohledňuje další důležité aspekty ochrany biodiverzity, například imitaci intervalů a intenzity přirozených disturbancech při těžbě (PALIK, D'AMATO 2017). Lze konstatovat, že ve smyslu ochrany biodiverzity zapadají přístupy přírodě blízkého či retenčního hospodaření aplikované ve střední Evropě do konceptu ekologického lesnictví (PALIK et al. 2020), ovšem nepokrývají jeho celou šíři. Implementace zásad ekologického lesnictví do středoevropského prostoru je perspektivní a nebyla doposud v místních podmínkách podrobně rozpracována a realizována.

ZÁVĚR A SYNTÉZA

Z aktuální vědecké literatury zabývající se ochranou lesní biodiverzity ve středoevropském regionu vyplývá, že pozornost by měla být věnována zejména ukončení pěstování holosečné těžených monokultur, coby nejvýraznější formy stovky let uplatňovaného intenzivního hospodaření. Je nutné se věnovat obnově pestré dřevinné skladby, ochraně habitatu starých (tzv. *old-growth*) lesů a jejich struktur, jakož i obnově prostředí světlého lesa a renesancí historických forem managementu.

O smíšení porostů by mělo být usilováno na porostní i krajinné úrovni. Z hlediska ochrany biodiverzity má prokazatelně smysl zvyšovat zastoupení nedostatkových dřevin jak jejich rozptýleným vnosem do hospodářských monokultur, tak úsilím o zachování a vznik celých porostů s přirozenou dřevinnou skladbou. Při těchto snahách by měla být primárním nástrojem přirozená obnova a sukcese namísto umělé výsadby. Využití introdukovaných dřevin nelze *a priori* doporučit pro posílení biodiverzity z důvodu rizik, která takový krok představuje pro společenstva lesní bioty. V kontextu klimatických změn je nicméně užítí introdukovaných dřevin v některých případech diskutováno coby adaptační opatření, například u jižněji žijících druhů, jejichž spontánní domigrování je s globálním oteplováním pravděpodobné. Nelze rovněž pomíjet skutečnost, že pro celkovou lesní biodiverzitu není podstatná pouze dřevinná diverzita, ale též strukturní komplexnost lesního prostředí.

Se zmíněnou strukturní diverzitou a komplexností lesního prostředí souvisí nutná ochrana starého (*old-growth*) lesa, a to jak ve smyslu ochrany dochovaných starých lesů a pralesů, tak zachování a podpory jejich typických strukturních prvků v lesích hospodářských při integrativním managementu. Ochrana starých lesů je důležitá též v kontextu klimatické krize, neboť tyto lesy přispívají k sekvestraci uhlíku. Pro biodiverzitu je zásadní existence starých a mohutných stromů, na nichž s narůstajícím stářím a rozměry přibývá mikrobiotopů. Dále jsou zásadní rozličné formy mrtvého dřeva, z nichž je pro lesní biotu obzvláště důležité rozměrné a osluněné mrtvé dřevo. Podstatná je přitom kontinuita uvedených habitatů v čase a prostoru.

Strukturní diverzita prostředí významně souvisí s efekty přirozených disturbancech (abiotických i biotických) a s jejich tzv. biologickým dědictvím. Ve středoevropských lesích středních a vyšších poloh, zjednodušeně v bučinách a smrčinách, byl z hlediska závažnosti disturbancech zjištěn primárně smíšený režim, vyznačující se četnějšími maloplošnými narušeními, doplněnými ve větších časových intervalech událostmi závažnějšího rozsahu. Lesnické hospodaření zohledňující ochranu biodiverzity by mělo tento režim přirozených disturbancech

imitovat při těžbě, například kombinací jednotlivého a skupinového výběru či nepravidelnou probírkou, a to v různých délkách obmýtí, včetně velmi dlouhých intervalů na části lesního celku. Zároveň je nutné v ekosystému ponechat důležité strukturní prvky (stromy k dožití, mrtvé dřevo apod.) a respektovat všechna sukcesní stadia, zejména pozdní a raná, na jejichž prolinání je vázána velká část biodiverzity.

V nižších polohách, v doubravách a lužních lesích, by mělo dojít k renesanci tradičních (historických) forem managementu, zejména pařezení (les nízký a střední) nebo lesní pastvy, které lze z důvodu dlouhodobého lidského osídlení uvažovat jako součást dynamiky nížinných lesů. Tradiční management je hojně doporučovaný nástroj k obnově prostředí světlého lesa, které je nezbytné pro velkou část lesní bioty. Ke zvýšení efektivity tradičního managementu pro teplomilné a světlo-milné druhy se doporučuje jeho aplikace na svazích jižní expozice. Při pařezení je nutné pamatovat na zachování mrtvého dřeva pro saproxylické druhy (pomocí výstavků, vysokých pařezů apod.). Doplnkovými nástroji na podporu světlého lesa je tvorba světlin a vhodně nastavená údržba koridorů nadzemních elektrovodů, například ve smyslu pařezení či pastvy namísto plošného frézování.

Z hlediska volby mezi integrativními a segregativními formami managementu lze jednoznačně doporučit jejich kombinaci. Rezervace jsou podstatné pro neohroženější druhy organismů, ovšem jejich role musí být podpořena a doplněna integrativním managementem v hospodářských lesích. Zvláště horské lesy jsou vhodné pro bezzásahový režim, neboť vykazují vysokou míru rezilience a směřování k diverzifikovanému prostředí jak po skončení hospodaření, tak po disturbancích. V nížinách nabývá na významu již výše zmíněný aktivní management.

Význam efektů přirozených distrubancí a škály sukcesních stadií pro biodiverzitu je základním východiskem při rozsáhlých narušeních hospodářských lesů střední Evropy. Reakce lesnického managementu, má-li zohledňovat lesní biologickou rozmanitost, musí aplikovat retenci vzniklých souší na vhodných místech a umožnit sekundární sukcesí na významné části disturbovaných ploch.

LITERATURA

- ALBRICH K., THOM D., RAMMER W., SEIDL R. 2021. The long way back: Development of Central European mountain forests towards old-growth conditions after cessation of management. *Journal of Vegetation Science*, 32 (4): e013052. DOI: 10.1111/jvs.13052
- ALKEMADE R., BAKKENES M., EICKHOUT B. 2011. Towards a general relationship between climate change and biodiversity: an example for plant species in Europe. *Regional Environmental Change*, 11: 143–150. DOI: 10.1007/s10113-010-0161-1
- AMMER C., BICKEL E., KOLLING C. 2008. Converting Norway spruce stands with beech – a review of arguments and techniques. *Austrian Journal of Forest Science*, 125 (1): 3–26.
- ASBECK T., PYTTEL P., FREY J., BAUHUS J. 2019. Predicting abundance and diversity of tree-related microhabitats in Central European montane forests from common forest attributes. *Forest Ecology and Management*, 432: 400–408. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.09.043
- BAČE R., SVOBODA M. 2016. Management mrtvého dřeva v hospodářských lesích. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 44 s.
- BANAS J., BUJOCZEK L., ZIEBA S., DROZD M. 2014. The effects of different types of management, functions, and characteristics of stands in Polish forests on the amount of coarse woody debris. *European Journal of Forest Research*, 133 (6): 1095–1107. DOI: 10.1007/s10342-014-0825-3
- BINDEWALD A., MICHIELS H. G., BAUHUS J. 2020. Risk is in the eye of the assessor: comparing risk assessments of four non-native tree species in Germany. *Forestry*, 93 (4): 519–534. DOI: 10.1093/forestry/cpz052
- BLASER S., PRATI D., SENN-IRLET B., FISCHER M. 2013. Effects of forest management on the diversity of deadwood-inhabiting fungi in Central European forests. *Forest Ecology and Management*, 304: 42–48. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.04.043
- BLICCHARSKA M., ANGELSTAM P., ANTONSON H., ELBAKIDZE M., AXELSSON R. 2011. Road, forestry and regional planners' work for biodiversity conservation and public participation: a case study in Poland's hotspot regions. *Journal of Environmental Planning and Management*, 54: 1373–1395. DOI: 10.1080/09640568.2011.575297
- BOCZON A., KOWALSKA A., GAWRYS R. 2017. Soil-water determinants of forest management in the perspective of climate change. *Sylvan*, 161 (9): 763–771.
- BRAUN-REICHERT R., RUBANSCHI S., POSCHLOD P. 2021. The importance of small natural features in forests-How the overgrowth of forest gaps affects indigenous flower supply and flower-visiting insects and seed sets of six *Campanula* species. *Ecology and Evolution*, 11 (17): 11991–12002. DOI: 10.1002/ece3.7965
- BURIÁNEK V. 1998. The biodiversity and forest management in the Czech Republic. *Forestry Sciences*, 51 (18): 405–409.
- CAICOYA A. T., BIBER P., POSCHENRIEDER W., SCHWAIGER F., PRETZSCH H. 2018. Forestry projections for species diversity-oriented management: an example from Central Europe. *Ecological Processes*, 7: 23. DOI: 10.1186/s13717-018-0135-7
- CASTAGNERI D., GARBARINO M., BERRETTI R., MOTTA R. 2010. Site and stand effects on coarse woody debris in montane mixed forests of Eastern Italian Alps. *Forest Ecology and Management*, 260 (9): 1592–1598. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.08.008
- ČÍŽEK L., ŠEBEK P., BAČE R., BENEŠ J., DOLEŽAL J., DVORSKÝ M., MIKLÍN J., SVOBODA M. 2016. Metodika péče o druhově bohaté (světlé) lesy. Certifikovaná metodika. České Budějovice, Biologické centrum AV ČR, Entomologický ústav: 126 s.
- DEMETER L., BEDE-FAZEKAS A., MOLNAR Z., CSICSEK G., ORTMANN-AJKAI A., VARGA A., MOLNAR A., HORVATH F. 2020. The legacy of management approaches and abandonment on old-growth attributes in hardwood floodplain forests in the Pannonian Ecoregion. *European Journal of Forest Research*, 139: 595–610. DOI: 10.1007/s10342-020-01272-w
- DIELER J., UHL E., BIBER P., MÜLLER J., ROTZER T., PRETZSCH H. 2017. Effect of forest stand management on species composition, structural diversity, and productivity in the temperate zone of Europe. *European Journal of Forest Research*, 136 (4): 739–766. DOI: 10.1007/s10342-017-1056-1
- DULLINGER S., ESSL F., RABITSCH W., ERB K. H., GINGRICH S., HABERL H., HÜLBER K., JAROŠÍK V., KRAUSMANN F., KÜHN I., PERGL J., PYŠEK P., HULME P. E. 2013. Europe's other debt crisis caused by the long legacy of future extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110: 7342–7347. DOI: 10.1073/pnas.1216303110
- DURAK T., DURAK R. 2016. How biotic differentiation of human impacted nutrient poor deciduous forests can affect the preservation status of mountain forest vegetation. *Forests*, 7 (10): 241. DOI: 10.3390/f7100241
- ECKELT A., MÜLLER J., BENSE U., BRUSTEL H., BUSSLER H., CHITTARO Y., ČÍŽEK L., FREI A., HOLZER E., KADEJ M., KAHLEN M., KÖHLER F., MÖLLER G., MÜHLE H., SANCHEZ A.,

- SCHAFFRATH U., SCHMIDL J., SMOLIS A., SZALLIES A., NÉMETH T., WURST C., THORN S., CHRISTENSEN R. H. B., SEIBOLD S. 2018. "Primeval forest relict beetles" of Central Europe: a set of 168 umbrella species for the protection of primeval forest remnants. *Journal of Insect Conservation*, 22 (1): 15–28. DOI: 10.1007/s10841-017-0028-6
- EMMER I. M., FANTA J., KOBUS A. T., KOIJMAN A., SEVINK J. 1998. Reversing borealization as a means to restore biodiversity in Central-European mountain forests – An example from the Krkonoše Mountains, Czech Republic. *Biodiversity and Conservation*, 7 (2): 229–247. DOI: 10.1023/A:1008840603549
- ETTWEIN A., KORNER P., LANZ M., LACHAT T., KOKKO H., PASINELLI G. 2020. Habitat selection of an old-growth forest specialist in managed forests. *Animal Conservation*, 23 (5): 547–560. DOI: 10.1111/acv.12567
- FANTA J., PETŘÍK P. 2021. Jiné klima – jiný les. Praha, Academia: 212 s.
- FARTMANN T., MÜLLER C., PONIATOWSKI D. 2013. Effects of coppicing on butterfly communities of woodlands. *Biological Conservation*, 159: 396–404. DOI: 10.1016/j.biocon.2012.11.024
- FAZAN L., SONG Y-G., KOZŁOWSKI G. 2020. The woody planet: from past triumph to manmade decline. *Plants*, 9 (11): 1593. DOI: 10.3390/plants9111593
- FEDROWITZ K., KORICHEVA J., BAKER S.C., LINDENMAYER D.B., PALIK B., ROSENVALD R., BEESE W., FRANKLIN J.F., KOUKI J., MACDONALD E., MESSIER C., SVERDRUP-THYGESON A., GUSTAFSSON L. 2014. Can retention forestry help conserve biodiversity? A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51: 1669–1679. DOI: 10.1111/1365-2664.12289
- FELTON A., LINDBLADH M., BRUNET J., FRITZ O. 2010. Replacing coniferous monocultures with mixed-species production stands: An assessment of the potential benefits for forest biodiversity in northern Europe. *Forest Ecology and Management*, 260 (6): 939–947. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.06.011
- FERKL V. 2020. Může být nepasečný – výběrný způsob alternativou pro naše lesy? Brno, Pro Silva Bohemica: 210 s.
- FINCH O.D. 2005. Evaluation of mature conifer plantations as secondary habitat for epigeic forest arthropods (Coleoptera: Carabidae; Araneae). *Forest Ecology and Management*, 204 (1): 21–34. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.07.071
- FISCHER A., MARSHALL P., CAMP A. 2013. Disturbances in deciduous temperate forest ecosystems of the northern hemisphere: their effects on both recent and future forest development. *Biodiversity and Conservation*, 22 (9): 1863–1893. DOI: 10.1007/s10531-013-0525-1
- FRANKOVIČ M., JANDA P., MIKOLÁŠ M., ČADA V., KOZÁK D., PETTIT J.L., NAGEL T.A., BUECHLING A., MATULA R., TROTSIUK V., GLOOR R., DUŠÁTKO M., KAMENIAR O., VOSTAREK O., LÁBUSOVÁ J., UJHÁZY K., SYNEK M., BEGOVIĆ K., FERENČÍK M., SVOBODA M. 2021. Natural dynamics of temperate mountain beech-dominated primary forests in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 479: 118522. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118522
- FUHRER E. 1996. Entomological aspects regarding the conversion of montane spruce forests in Central Europe. *Entomologia Generalis*, 21 (1–2): 1–15.
- FUCHS Z., VACEK Z., VACEK S., GALLO J. 2021. Effect of game browsing on natural regeneration of European beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in the Krusné hory Mts. (Czech Republic and Germany). *Central European Forestry Journal*, 67 (3): 166–180. DOI: 10.2478/forj-2021-0008
- FUMY F., FARTMANN T. 2021. Climate and land-use change drive habitat loss in a mountain bird species. *IBIS international journal of avian science*, 163 (4): 1189–1206. DOI: 10.1111/ibi.12954
- GALLE R., SAMU F., ZSIGMOND A. R., GALLE-SZPISJAK N., URAK I. 2019. Even the smallest habitat patch matters: on the fauna of peat bogs. *Journal of Insect Conservation*, 23 (4): 699–705. DOI: 10.1007/s10841-019-00164-8
- GERLACH A., RUSSELL D. J., ROMBKE J., BRUGGEMANN W. 2012. Consumption of introduced oak litter by native decomposers (Glomeridae, Diplopoda). *Soil Biology & Biochemistry*, 44 (1): 26–30. DOI: 10.1016/j.soilbio.2011.09.006
- GIL W. 2018. Coppice forest in Europe – tradition, current status and prospects. *Sylvan*, 162 (7): 555–562.
- GLATTHORN J., FELDMANN E., PICHLER V., HAUCK M., LEUSCHNER C. 2018. Biomass stock and productivity of primeval and production beech forests: greater canopy structural diversity promotes productivity. *Ecosystems*, 21 (4): 704–722. DOI: 10.1007/s10021-017-0179-z
- GÖTMARK F. 2013. Habitat management alternatives for conservation forests in the temperate zone: Review, synthesis, and implications. *Forest Ecology and Management*, 306: 292–307. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.06.014
- GOWDY J.M. 1997. The value of biodiversity: markets, society, and ecosystems. *Land Economics*, 73 (1): 25–41. DOI: 10.2307/3147075
- GREGOR T., DRESSLER S., NIERBAUER K.U., ZIZKA G. 2016. Loss of plant species diversity in a rural German region – assessment on basis of a historical herbarium. *Tuexenia*, 36: 191–204. DOI: 10.14471/2016.36.013
- GROVE S. J. 2002. Saproxylic insect ecology and the sustainable management of forests. *Annual reviews of Ecology and Systematics*, 33: 1–23. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150507
- GUSTAFSSON L., BAKER S. C., BAUHUS J., BEESE W.B., BRODIE A., KOUKI J., LINDENMAYER D. B., LÖHMUS A., PASTUR G.M., MESSIER CH., NEYLAND M., PALIK B., SVERDRUP-THYGESON A., VOLNEY W.J.A., WAYNE A., FRANKLIN J.F. 2012. Retention forestry to maintain multifunctional forests: A world perspective. *BioScience*, 62 (7): 633–645. DOI: 10.1525/bio.2012.62.7.6
- GUSTAFSSON L., BAUHUS J., ASBECK T., AUGUSTYNICZIK A.L.D., BASILE M., FREY J., GUTZAT F., HANEWINKEL M., HELBACH J., JONKER M., KNUFF A., MESSIER CH., PENNER J., PYTTEL P., REIF A., STORCH F., WINIGER N., WINKEL G., YOUSEFPOUR R., STORCH I. 2020. Retention as an integrated biodiversity conservation approach for continuous-cover forestry in Europe. *Ambio*, 49: 85–97. DOI: 10.1007/s13280-019-01190-1
- HAHN K., CHRISTENSEN M. 2005. Dead wood in European forest reserves—a reference for forest management. In: Marchetti M. (ed.): *Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe – from ideas to operationality*. Joensuu, EFI: 181–191. EFI Proceedings, 51.
- HANSEN G., STONE D. 2016. Assessing the observed impact of anthropogenic climate change. *Nature Climate Change*, 6 (5): 532–537. DOI: 10.1038/NCLIMATE2896
- HEINRICHS S., AMMER C., MUND M., BOCH S., BUDDÉ S., FISCHER M., MÜLLER J., SCHONING I., SCHULZE E.D., SCHMIDT W., WECKESSER M., SCHALL P. 2019. Landscape-scale mixtures of tree species are more effective than stand-scale mixtures for biodiversity of vascular plants, bryophytes and lichens. *Forests*, 10 (1): 73. DOI: 10.3390/f10010073
- HILMERS T., FRIESS N., BÄSSLER C., HEURICH M., BRANDL R., PRETZSCH H., SEIDL R., MÜLLER J. 2018. Biodiversity along

- temperate forest succession. *Journal of Applied Ecology*, 55 (6): 2756–2766. DOI: 10.1111/1365-2664.13238
- HLÁSNÝ T., MARUŠÁK R., NOVÁK J., BARKA I., ČIHÁK T., SLODIČÁK M. 2016. Adaptace hospodaření ve smrkových porostech České republiky na změnu klimatu s důrazem na produkci lesa. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 59 s. *Lesnický průvodce* 15/2016.
- HLÁSNÝ T., BARKA I., KULLA L., BUCHA T., SEDMAK R., TROMBIK J. 2017a. Sustainable forest management in a mountain region in the Central Western Carpathians, northeastern Slovakia: the role of climate change. *Regional Environmental Change*, 17 (1): 65–77. DOI: 10.1007/s10113-015-0894-y
- HLÁSNÝ T., BARKA I., ROESSIGER J., KULLA L., TROMBIK J., SARVASOVA Z., BUCHA T., KOVALCIK M., CIHAK T. 2017b. Conversion of Norway spruce forests in the face of climate change: a case study in Central Europe. *European Journal of Forest Research*, 136 (5–6): 1013–1028. DOI: 10.1007/s10342-017-1028-5
- HOFMEISTER J., HOŠEK J., BRABEC M., DVOŘÁK D., BERAN M., DECKEROVÁ H., BUREL J., KRÍŽ M., BOROVÍČKA J., BĚŽÁK J., VAŠUTOVÁ M. 2014. Richness of ancient forest plant species indicates suitable habitats for macrofungi. *Biodiversity and Conservation*, 23: 2015–2031. DOI: 10.1007/s10531-014-0701-y
- HOFMEISTER J., HOŠEK J., BRABEC M., TENČÍK A. 2016a. Human-sensitive bryophytes retreat into the depth of forest fragments in central European landscape. *European Journal of Forest Research*, 135: 539–549. DOI: 10.1007/s10342-016-0953-z
- HOFMEISTER J., HOŠEK J., MALÍČEK J., PALICE Z., SYROVÁTKOVÁ L., STEINOVÁ J., ČERNAJOVÁ I. 2016b. Large beech (*Fagus sylvatica*) trees as 'lifeboats' for lichen diversity in central European forests. *Biodiversity and Conservation*, 25 (6): 1073–1090. DOI: 10.1007/s10531-016-1106-x
- HOFMEISTER J., HOŠEK J., BRABEC M., HERMY M., DVOŘÁK D., FELLNER R., MALÍČEK J., PALICE Z., TENČÍK A., HOLÁ E., NOVOZÁMSKÁ E., KURAS T., TRNKA F., ZEDEK M., KAŠÁK J., GABRIŠ R., SEDLÁČEK O., TAJOVSKÝ K., KADLEC T. 2019. Shared affinity of various forest-dwelling taxa point to the continuity of temperate forests. *Ecological Indicators*, 101: 904–912. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.01.018
- HOFMEISTER J., VONDRÁK J., MALÍČEK J., PALICE Z., ŠOUN J. 2021. Ochrana biodiverzity horských smrčín za kůrovcové kalamity – lišejníky v NPR Boubínský prales. *Živa*, 4: 157
- HORÁK J., CHUMANOVÁ E., HILSZCZANSKI J. 2012. Saproxylic beetle thrives on the openness in management: a case study on the ecological requirements of *Cucujus cinnaberinus* from Central Europe. *Insect Conservation and Diversity*, 5 (6): 403–413. DOI: 10.1111/j.1752-4598.2011.00173.x
- HUNTER M.L. (ed.) 1999. *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge, Cambridge University Press: 698 s.
- CHUMAK V., OBRIST M.K., MORETTI M., DUELLI P. 2015. Arthropod diversity in pristine vs. managed beech forests in Transcarpathia (Western Ukraine). *Global Ecology and Conservation*, 3: 72–82. DOI: 10.1016/j.gecco.2014.11.001
- JANTSCH M.C., FISCHER A., FISCHER H.S., WINTER S. 2013. Shift in plant species composition reveals environmental changes during the last decades: A long-term study in beech (*Fagus sylvatica*) Forests in Bavaria, Germany. *Folia Geobotanica*, 48 (4): 467–491. DOI: 10.1007/s12224-012-9148-7
- KADEJ M., ZAJAC K., SMOLIS A., TARNAWSKI D., TYSZECKA K., MALKIEWICZ A., PIETRASZKO M., WARCHALOWSKI M., GIL R. 2017. The great capricorn beetle *Cerambyx cerdo* L. in south-western Poland – the current state and perspectives of conservation in one of the recent distribution centres in Central Europe. *Nature Conservation – Bulgaria*, 19: 111–134. DOI: 10.3897/natureconservation.19.11838
- KADLEC T., ŠTROBL M., HANZELKA J., HEJDA M., REIF J. 2018. Differences in the community composition of nocturnal Lepidoptera between native and invaded forests are linked to the habitat structure. *Biodiversity and Conservation*, 27 (10): 2661–2680. DOI: 10.1007/s10531-018-1560-8
- KAMP J., TRAPPE J., DUBBERS L., FUNKE S. 2020. Impacts of windstorm-induced forest loss and variable reforestation on bird communities. *Forest Ecology and Management*, 478: 118504. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118504
- KAPPES H., TOPP W. 2004. Emergence of Coleoptera from deadwood in a managed broadleaved forest in central Europe. *Biodiversity and Conservation*, 13: 1905–1924. DOI: 10.1023/B:BIOC.0000035873.56001.7d
- KARPINSKI L., MAAK I., WEGIEREK P. 2021. The role of nature reserves in preserving saproxylic biodiversity using longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) as bioindicators. *European Zoological Journal*, 88 (1): 487–504. DOI: 10.1080/24750263.2021.1900427
- KELEMEN K., KRIVÁN A., STANDOVÁR T. 2014. Effects of land-use history and current management on ancient woodland herbs in Western Hungary. *Journal of Vegetation Science*, 25 (1): 172–183. DOI: 10.1111/jvs.12046
- KINT V. 2005. Structural development in ageing temperate Scots pine stands. *Forest Ecology and Management*, 241 (1–3): 237–250. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.04.014
- KNOKE T., STIMM B., AMMER C., MOOG M. 2005. Mixed forests reconsidered: A forest economics contribution on an ecological concept. *Forest Ecology and Management*, 213 (1–3): 102–116. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.03.043
- KOELLNER T., SCHOLZ R.W. 2008. Assessment of land use impacts on the natural environment – Part 2: Generic characterization factors for local species diversity in central Europe. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 13 (1): 32–48. DOI: 10.1065/lca2006.12.292.2
- KOCH N.E., SKOVSGAARD J.P. 1999. Sustainable management of planted forests: some comparisons between Central Europe and the United States. *New Forests*, 17 (1–3): 11–22. DOI: 10.1023/A:1006520809425
- KOLÁŘ F., MATĚJŮ J., LUČANOVÁ M., CHLUMSKÁ Z., ČERNÁ K., PRACH J., BALÁŽ V., FALTEISEK L. 2012. *Ochrana přírody z pohledu biologa*. Praha, Dokořán: 232 s.
- KOŠULIČ O., MICHALCO R., HULA V. 2016. Impact of canopy openness on spider communities: implications for conservation management of formerly coppiced oak forests. *PLoS ONE*, 11 (2): e0148585. DOI: 10.1371/journal.pone.0148585
- KOŠUTHOVÁ A.D., SVITKOVÁ I., PIŠŮT I., SENKO D., VALACHOVIČ M. 2013. The impact of forest management on changes in composition of terricolous lichens in dry acidophilous Scots pine forests. *Lichenologist*, 45 (3): 413–425. DOI: 10.1017/S002428291300011X
- KOWARIK I., SCHEPKER H. 1998. Plant invasions in northern Germany: Human perception and response. In: Starfinger U. et al. (eds.): *Plant invasions: Ecological mechanisms and human responses*. 01–04 October 1997, Berlin. Leiden, Backhuys Publ.: 109–120.

- KRAUS D., KRUMM F. 2013. Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity. Joensuu, European Forest Institute: 284 s.
- KROJEROVÁ-PROKEŠOVÁ J., HOMOLKA M., BARANČEKOVÁ M., HEROLDVOVA M., BAŇAŘ P., KAMLER J., PURCHART L., SUCHOMEL J., ZEJDA J. 2016. Structure of small mammal communities on clearings in managed Central European forests. *Forest Ecology and Management*, 367: 41–51. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.02.024
- LANGBEHN T., HOFMEISTER J., SVITOK M., MIKOLÁŠ M., MATULA R., HALDA J., SVOBODOVÁ K., POUŠKA V., KAMENIAR O., KOZÁK D., JANDA P., ČADA V., BAČE R., FRANKOVIČ M., VOSTAREK O., GLOOR R., SVOBODA M. 2021. The impact of natural disturbance dynamics on lichen diversity and composition in primary mountain spruce forests. *Journal of Vegetation Science*, 32 (5): e13087. DOI: 10.1111/jvs.13087
- LANGE M., WEISSER W. W., GOSSNER M. M., KOWALSKI E., TURKE M., JONER F., FONSECA C. R. 2011. The impact of forest management on litter-dwelling invertebrates: a subtropical-temperate contrast. *Biodiversity and Conservation*, 20 (10): 2133–2147. DOI: 10.1007/s10531-011-0078-0
- LANGE M., TUERKE M., PASALIC E., BOCH S., HESSENMOELLER D., MÜLLER J., PRATI D., SOCHER S., FISCHER M., WEISSER W., GROSSNER M. 2014. Effects of forest management on ground-dwelling beetles (Coleoptera; Carabidae, Staphylinidae) in Central Europe are mainly mediated by changes in forest structure. *Forest Ecology and Management*, 329: 166–176. DOI: 10.1016/j.foreco.2014.06.012
- LANTA V., MUDRÁK O., LIANCOURT P., BARTOŠ M., CHLUMSKÁ Z., DVORSKÝ M., PUSZTAIOVA Z., MÜNZBERGOVÁ Z., ŠEBEK P., ČÍŽEK L., DOLEŽAL J. 2019. Active management promotes plant diversity in lowland forests: A landscape-scale experiment with two types of clearings. *Forest Ecology and Management*, 448: 94–103. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.05.073
- LEIDINGER L., BLASCHKE M., EHRHARDT M., FISCHER A., GOSSNER M., JUNG K., KIENLEIN S., KÓZAK J., MICHLER B., MOSANDL R., SEIBOLD S., WEHNER K., WEISSER W. W. 2021. Shifting tree species composition affects biodiversity of multiple taxa in Central European forests. *Forest Ecology and Management*, 498: 119552. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119552
- LEIDINGER J., WEISSER W. W., KIENLEIN S., BLASCHKE M., JUNG K., KOZÁK J., FISCHER A., MOSANDL R., MICHLER B., EHRHARDT M., ZECH A., SALER D., GRANER M., SEIBOLD S. 2020. Formerly managed forest reserves complement integrative management for biodiversity conservation in temperate European forests. *Biological Conservation*, 242: 108437. DOI: 10.1016/j.biocon.2020.108437
- LESO P., KROPIL R., KAJTOCH L. 2019. Effects of forest management on bird assemblages in oak-dominated stands of the Western Carpathians – Refuges for rare species. *Forest Ecology and Management*, 453: 117620. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.117620
- LINDENMAYER D. 2006. Salvage harvesting – past lessons and future issues. *Forestry Chronicle*, 82 (1): 48–53. DOI: 10.5558/tfc82048-1
- MACKINNON K., RICHARDSON K., MACKINNON J. 2020. Protected and other conserved areas: ensuring the future of forest biodiversity in a changing climate. *International Forestry Review*, 22: 93–103. DOI: 10.1505/146554820829523943
- MACHAR I. 2014. The coppice forest management in the ecological networks in central Europe. In: SGEM 2014. 14th international multidisciplinary scientific geoconference. GeoConference on Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining. Jun 17–26. Albena, Bulgaria. Sofia, STEF92 Technology: 455–460.
- MACHAR I., SIMON J., REJŠEK K., PECHANEC V., BRUS J., KILIANOVÁ H. 2016. Assessment of forest management in protected areas based on multidisciplinary research. *Forests*, 7 (11): 285. DOI: 10.3390/f7110285
- MARZILIANO P. A., ANTONUCCI S., TOGNETTI R., MARCHETTI M., CHIRICI G., CORONA P., LOMBARDI F. 2021. Factors affecting the quantity and type of tree-related microhabitats in Mediterranean mountain forests of high nature value. *iFOREST – Biogeosciences and Forestry*, 14: 250–259. DOI: 10.3832/ifer3568-014
- MERGANIČ J., MERGANIČOVA K., VYBOSŤOK J., VALENT P., BAHYL J., YOUSEFPOUR R. 2020. Searching for pareto fronts for forest stand wind stability by incorporating timber and biodiversity values. *Forests*, 11 (5): 583. DOI: 10.3390/f11050583
- MIKLÍN J., ŠEBEK P., HAUCK D., KONVIČKA O., ČÍŽEK L. 2018. Past levels of canopy closure affect the occurrence of veteran trees and flagship saproxylic beetles. *Diversity and Distributions*, 24 (2): 208–218. DOI: 10.1111/ddi.12670
- MIKOLÁŠ M., SVITOK M., TEJKAL M., LEITAO P., MORRISSEY R., SVOBODA M., SEEDRE M., FONTAINE J. 2015. Evaluating forest management intensity on an umbrella species: Capercaillie persistence in central Europe. *Forest Ecology and Management*, 354: 26–34. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.07.001
- MIKOLÁŠ M., SVITOK M., BOLLMANN K., REIF J., BAČE R., JANDA P., TROTSIUK V., ČADA V., VÍTKOVÁ L., TEODOSIU M., COPPES J., SCHURMAN J. S., MORRISSEY R. C., MRHALOVÁ H., SVOBODA M. 2017. Mixed-severity natural disturbances promote the occurrence of an endangered umbrella species in primary forests. *Forest Ecology and Management*, 405: 210–218. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.09.006
- MIKOLÁŠ M., SVITOK M., BAČE R., MEIGS G.W., KEETON W.S., KEITH H., BUECHLING A., TROTSIUK V., KOZÁK D., BOLLMANN K., BEGOVIČ K., ČADA V., CHASKOVSKYY O., RALHAN D., DUŠÁTKO M., FERENČÍK M., FRANKOVIČ M., GLOOR R., HOFMEISTER J., JANDA P., KAMENIAR O., LÁBUSOVÁ J., MAJĐANOVÁ L., NAGEL T.A., PAVLIN J., PETTIT J.L., RODRIGO R., ROIBU C.C., RYDVAL M., SABATINI F.M., SCHURMAN J., SYNEK M., VOSTAREK O., ZEMLEROVÁ V., SVOBODA M. 2021. Natural disturbance impacts on trade-offs and co-benefits of forest biodiversity and carbon. *Proceedings of the Royal Society B*, 288 (1961): 20211631. DOI: 10.1098/rspb.2021.1631
- MILAD M., SCHAICH H., BÜRGI M., KONOLD W. 2011. Climate change and nature conservation in Central European forests: A review of consequences, concepts and challenges. *Forest Ecology and Management*, 261 (4): 829–843. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.10.038
- MOELDER A., SCHMIDT M., MEYER P. 2017. Forest management, ecological continuity and bird protection in 19th century Germany: a systematic review. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 188 (3–4): 37–56. DOI: 10.23765/afz0002002
- MONTZKA C., BAYAT B., TEWES A., MENGEN D., VEREECKEN H. 2021. Sentinel-2 analysis of spruce crown transparency levels and their environmental drivers after summer drought in the Northern Eifel (Germany). *Frontiers in Forests and Global Change*, 4: 667151. DOI: 10.3389/ffgc.2021.667151
- MORI A. S., KITAGAWA R. 2014. Retention forestry as a major paradigm for safeguarding forest biodiversity in productive landscapes: A global meta-analysis. *Biological Conservation*, 175: 65–73. DOI: 10.1016/j.biocon.2014.04.016
- MOZGERIS G., MORTBERG U., PANG X. L., TRUBINS R., TREINYS R. 2021. Future projection for forest management suggests a decrease in the availability of nesting habitats for a mature-forest-nesting raptor.

- Forest Ecology and Management, 491: 119168. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119168
- MÜLLER J., BÄSSLER C., STRÄTZ CH., KLÖCKING B., BRANDL R. 2009. Molluscs and climate warming in a low mountain range national park. *Malacologia*, 51 (1): 89–109. DOI: 10.4002/040.051.0106
- MÜLLEROVÁ J., HÉDL R., SZABÓ P. 2015. Coppice abandonment and its implications for species diversity in forest vegetation. *Forest Ecology and Management*, 343: 88–100. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.02.003
- NAGEL T.A., FIR D., PISEK R., MIHELIC T., HLADNIK D., DE GROOT M., ROZENBERGAR D. 2017. Evaluating the influence of integrative forest management on old-growth habitat structures in a temperate forest region. *Biological Conservation*, 216: 101–107. DOI: 10.1016/j.biocon.2017.10.008
- NIC LUGHADHA E., BACHMAN S.P., LEÃO T.C.C., FOREST F., HALLEY J.M., MOAT J., ACEDO C., BACON K.L., BREWER R.F.A., GÁTEBLÉ G., GONÇALVES S.C., GOVAERTS R., HOLLINGSWORTH P.M., KRISAI-GREILHUBER I., DE LIRIO E.J., MOORE P.G.P., NEGRÃO R., ONANA J.M., RAJA OVELONA L.R., RAZANAJATOVO H., REICH P.B., RICHARDS S.L., RIVERS M.C., COOPER A., IGANCI J., LEWIS G.P., SMIDT E.C., ANTONELLI A., MUELLER G.M., WALKER B.E. 2020. Extinction risk and threats to plants and fungi. *Plants, People and Planet*, 2: 389–408. DOI: 10.1002/ppp3.10146
- PAILLET Y., BERGES L., HJALTEN J., ODOR P., AVON C., BERNHARDT-RÖMERMANN M., BIJLSMA R. J., DE BRUYN L., FUHR M., GRANDIN U., KANKA R., LUNDIN L., LUQUE S., MAGURA T., MATESANZ S., MÉSZÁROS I., SEBASTIA M. T., SCHMIDT W., STANDOVÁR T., TÓTHMÉRÉSZ B., UOTILA A., VALLADARES F., VELLAK K., VIRTANEN R. 2010. Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: meta-analysis of species richness in Europe. *Conservation Biology*, 24 (1): 101–112. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2009.01399.x
- PALIK B., D'AMATO A. 2017. Ecological forestry: Much more than retention harvesting. *Journal of Forestry-Washington*, 115 (1): 51–53. DOI: 10.5849/jof.16-057
- PALIK B.J., D'AMATO A.W., FRANKLIN J.F., JOHNSON K.N. 2020. Ecological silviculture foundations and applications. Long Grove, Illinois, Waveland Press: 343 s.
- PLEWA R., JAWORSKI T., TARWACKI G., GIL W., HORÁK J. 2020. Establishment and maintenance of power lines are important for insect diversity in Central Europe. *Zoological Studies*, 59: 3. DOI: 10.6620/ZS.2020.59-3
- PROCHÁZKA J., SCHLAGHAMERSKÝ J. 2019. Does dead wood volume affect saproxylic beetles in montane beech-fir forests of Central Europe. *Journal of Insect Conservation*, 23: 157–173. DOI: 10.1007/s10841-019-00130-4
- PULETTI N., GIANNETTI F., CHIRICI G., CANULLO R. 2017. Deadwood distribution in European forests. *Journal of Maps*, 13 (2): 733–736. DOI: 10.1080/17445647.2017.1369184
- REMEŠ J. 2018. Development and present state of close-to-nature silviculture. *Journal of Landscape Ecology*, 11 (3): 17–32. DOI: 10.2478/jlecol-2018-0010
- RIPPLE W.J., WOLF C., NEWSOME T.M., GALETTI M., ALAMGIR M., CRIST E., MAHMOUD M.I., LAURANCE W.F. 2017. World scientists' warning to humanity: A second notice. *BioScience*, 67: 1026–1028. DOI: 10.1093/biosci/bix125
- RUSSELL D.J., GERGOCS V. 2019. Forest-management types similarly influence soil collembolan communities throughout regions in Germany – A data bank analysis. *Forest Ecology and Management*, 434: 49–62. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.11.050
- ŘEHOUNKOVÁ K., ČÍŽEK L., ŘEHOUNEK J., ŠEBELÍKOVÁ L., TROPEK R., LENCOVÁ K., BOGUSCH P., MARHOUL P., MÁČA J. 2016. Additional disturbances as a beneficial tool for restoration of post-mining sites: a multi-taxa approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 23 (14): 13745–13753. DOI: 10.1007/s11356-016-6585-5
- SÁDLO J., VÍTKOVÁ M., PERGL J., PYŠEK P. 2017. Towards site-specific management of invasive alien trees based on the assessment of their impacts: the case of *Robinia pseudoacacia*. *Neobiota*, 35: 1–34. DOI: 10.3897/neobiota.35.11909
- SEBALD J., THRIFFLETON T., RAMMER W., BUGMANN H., SEIDL R. 2021. Mixing tree species at different spatial scales: The effect of alpha, beta and gamma diversity on disturbance impacts under climate change. *Journal of Applied Ecology*, 58 (8): 1749–1763. DOI: 10.1111/1365-2664.13912
- SCHAEUBLIN S., BOLLMANN K. 2011. Winter habitat selection and conservation of hazel grouse (*Bonasa bonasia*) in mountain forests. *Journal of Ornithology*, 152 (1): 179–192. DOI: 10.1007/s10336-010-0563-3
- SCHALL P., HEINRICH S., AMMER C., AYASSE M., BOCH S., BUSCOT F., FISCHER M., GOLDMANN K., OVERMANN J., SCHULZE E.D., SIKORSKI J., WEISSER W.W., WUBET T., GOSSNER M.M. 2021. Among stand heterogeneity is key for biodiversity in managed beech forests but does not question the value of unmanaged forests: Response to Bruun and Heilmann-Clausen. *Journal of Applied Ecology*, 58 (9): 1817–1826. DOI: 10.1111/1365-2664.13959
- SCHIEGG K. 2001. Saproxylic insect diversity of beech: limbs are richer than trunks. *Forest Ecology and Management*, 149 (1–3): 295–304. DOI: 10.1016/S0378-1127(00)00563-6
- SCHMIEDINGER A., KREYLING J., STEINBAUER M.J., MACDONALD S.E., JENTSCH A., BEIERKUHNLEIN C. 2012. A continental comparison indicates long-term effects of forest management on understory diversity in coniferous forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 42 (7): 1239–1252. DOI: 10.1139/x2012-052
- SCHULZE E.D., AAS G., GRIMM G.W., GOSSNER M.M., WALENTOWSKI H., AMMER C., KÜHN I., BOURIAUD O., VON GADOW K. 2016. A review on plant diversity and forest management of European beech forests. *European Journal of Forest Research*, 135 (1): 51–67. DOI: 10.1007/s10342-015-0922-y
- SCHULZE E.D. 2018. Effects of forest management on biodiversity in temperate deciduous forests: An overview based on Central European beech forests. *Journal for Nature Conservation*, 43: 213–226. DOI: 10.1016/j.jnc.2017.08.001
- SCHULZE, E.D., CRAVEN D., DURSO A., REIF J., GUDERLE M., KROIHER F., HENNIG P., WEISERBS A., SCHALL P., AMMER C., EISENHAEUER N. 2019. Positive association between forest management, environmental change, and forest bird abundance. *Forest Ecosystems*, 6: 3. DOI: 10.1186/s40663-019-0160-8
- SCHWAIGER F., POSCHENRIEDER W., BIBER P., PRETZSCH H. 2018. Species mixing regulation with respect to forest ecosystem service provision. *Forests*, 9 (10): 632. DOI: 10.3390/f9100632
- SIMONČIČ T., SPIES T. A., DEAL R. L., BONCINA A. 2015. A conceptual framework for characterizing forest areas with high societal values: experiences from the Pacific Northwest of USA and Central Europe. *Environmental Management*, 56 (1): 127–143. DOI: 10.1007/s00267-015-0482-4
- SJÖMAN H., MORGENROTH J., SJÖMAN J. D., SÆBØ A., KOWARIK I. 2016. Diversification of the urban forest – Can we afford to exclude exotic tree species? *Urban Forestry & Urban Greening*, 18: 237–241. DOI: 10.1016/j.ufug.2016.06.011

- SŁOWINSKI M., LAMENTOWICZ M., LUCOW D., BARABACH J., BRYKALA D., TYSZKOWSKI S., PIENCZEWSKA A., SNIESZKO Z., DIETZE E., JAZDZEWSKI K., OBREMSKA M., OTT F., BRAUER A., MARCISZ K. 2019. Paleoecological and historical data as an important tool in ecosystem management. *Journal of Environmental Management*, 236: 755–768. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.02.002
- SPERLE T., BRUELHEIDE H. 2021. Climate change aggravates bog species extinctions in the Black Forest (Germany). *Diversity and Distributions*, 27 (2): 282–295. DOI: 10.1111/ddi.13184
- SPIECKER H. 2003. Silvicultural management in maintaining biodiversity and resistance of forests in Europe-temperate zone. *Journal of Environmental Management*, 67: 55–65. DOI: 10.1016/S0301-4797(02)00188-3
- STORCH D. 2011. Žijeme v době šestého masového vymírání? Odhady rozsahu současných změn biodiverzity po deseti letech. *Vesmír*, 90: 568–572.
- STORCH I., PENNER J., ASBECK T., BASILE M., BAUHUS J., BRAUNISCH V., DORMANN C. F., FREY J., GARTNER S., HANWINKEL M., KOCH B., KLEIN A.M., KUSS T., PREGERNIG M., PYTTEL P., REIF A., SCHERER-LORENZEN M., SEGELBACHER G., SCHRAML U., STAAB M., WINKEL G., YOUSEFPOUR R. 2020. Evaluating the effectiveness of retention forestry to enhance biodiversity in production forests of Central Europe using an interdisciplinary, multi-scale approach. *Ecology and Evolution*, 10 (3): 1489–1509. DOI: 10.1002/ece3.6003
- STREITBERGER M., HERMANN G., KRAUS W., FARTMANN T. 2012. Modern forest management and the decline of the woodland brown (*Lopinga achine*) in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 269: 239–248. DOI: 10.1016/j.foreco.2011.12.028
- SUCHOMEL C., BECKER G., PYTTEL P. 2011. Fully mechanized harvesting in aged oak coppice stands. *Forest Products Journal*, 61 (4): 290–296. DOI: 10.13073/0015-7473-61.4.290
- SUTER W., GRAF R.F., HESS R. 2002. Capercaillie (*Tetrao urogallus*) and avian biodiversity: Testing the umbrella-species concept. *Conservation Biology*, 16 (3): 778–788. DOI: 10.1046/j.1523-1739.2002.01129.x
- SWANSON E.M., FRANKLIN J.F., BESCHTA R.L., CRISAFULLI CH.M., DELLA SALA D., HUTTO R.L., LINDENMAYER D.B., SWANSON F.J. 2010. The forgotten stage of forest succession: early-successional ecosystems on forest sites. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9 (2): 117–125. DOI: 10.1890/090157
- SWIERKOSZ K., RECZYNSKA K., KURAS I. 2017. Increasing area of deciduous forest communities (Querco-Fageteta Class) as an unintended effect of regular forestry management – a study from Central Europe. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26 (1): 323–329.
- SZYMURA T.H. 2012. How does recent vegetation reflects previous systems of forest management? *Polish Journal of Ecology*, 60 (4): 859–862.
- SZYMURA T., SZYMURA M., PIETRZAK M. 2014. Influence of land relief and soil properties on stand structure of overgrown oak forests of coppice origin with *Sorbus torminalis*. *Dendrobiology*, 71: 49–58. DOI: 10.12657/denbio.071.005
- ŠLACH T., VOLARIK D., MADĚRA P. 2021. Dwindling coppice woods in Central Europe –Disappearing natural and cultural heritage. *Forest Ecology and Management*, 501: 119687. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119687
- THORN S., BÄSSLER C., SVOBODA M., MÜLLER J. 2017. Effects of natural disturbances and salvage logging on biodiversity – Lessons from the Bohemian Forest. *Forest Ecology and Management*, 388: 113–119. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.06.006
- TRNKA M., BALEK J., ŠTĚPÁNEK P., ZAHRADNÍČEK P., MOŽNÝ M., EITZINGER J., ŽALUD Z., FORMAYER H., TUTNA M., NEJEDLÍK P., SEMERÁDOVÁ D., HLAVINKA P., BRÁZDIL R. 2016. Drought trends over part of Central Europe between 1961 and 2014. *Climate Research*, 70: 143–160. DOI: 10.3354/cr01420
- TROTSIUK V., SVOBODA M., JANDA P., MIKOLÁŠ M., BAČE R., REJŽEK J., ŠAMONIL P., CHASKOVSKYY O., KOROL M., MYKLUSH S. 2014. A mixed severity disturbance regime in the primary *Picea abies* (L.) Karst. forests of the Ukrainian Carpathians. *Forest Ecology and Management*, 334: 144–153. DOI: 10.1016/j.foreco.2014.09.005
- VACEK S., VACEK Z., ULBRICHOVÁ I., BULUSEK D., PROKŮPKOVÁ A., KRÁL J., VANČURA K. 2019. Biodiversity dynamics of differently managed lowland forests left to spontaneous development in Central Europe. *Austrian Journal of Forest Science*, 136 (3): 249–281.
- VACEK Z., CUKOR J., VACEK S., LINDA R., PROKŮPKOVÁ A., PODRÁZSKÝ V., GALLO J., VACEK O., ŠIMŮNEK V., DRÁBEK O., HÁJEK V., SPASIČ M., BRICHTA J. 2021. Production potential, biodiversity and soil properties of forest reclamations: Opportunities or risk of introduced coniferous tree species under climate change? *European Journal of Forest Research*, 140 (5): 1243–1266. DOI: 10.1007/s10342-021-01392-x
- VÉLOVÁ L., VÉLE A., HORÁK J. 2021. Land use diversity and prey availability structure the bird communities in Norway spruce plantation forests. *Forest Ecology and Management*, 480: 118657. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118657
- VILD O., ROLEČEK J., HÉDL R., KOPECKÝ M., UTINEK D. 2013. Experimental restoration of coppice-with-standards: Response of understorey vegetation from the conservation perspective. *Forest Ecology and Management*, 310: 234–241. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.07.056
- VÍTKOVÁ L., BAČE R., KJUČUKOV P., SVOBODA M. 2018. Deadwood management in Central European forests: Key considerations for practical implementation. *Forest Ecology and Management*, 429: 394–405. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.07.034
- VOJÍK M., BOUBLÍK K. 2018. Fear of the dark: decline in plant diversity and invasion of alien species due to increased tree canopy density and eutrophication in lowland woodlands. *Plant Ecology*, 219: 749–758. DOI: 10.1007/s11258-018-0831-5
- VON HOERMANN C., JAUCH D., KUBOTSCH C., REICHEL-JUNG K., STEIGER S., AYASSE M. 2018. Effects of abiotic environmental factors and land use on the diversity of carrion-visiting silphid beetles (Coleoptera: Silphidae): A large scale carrion study. *Plos One*, 13 (5): e0196839. DOI: 10.1371/journal.pone.0196839
- VON HOERMANN C., WEITHMANN S., DEISSLER M., AYASSE M., STEIGER S. 2020. Forest habitat parameters influence abundance and diversity of cadaver-visiting dung beetles in Central Europe. *Royal Society Open Science*, 7 (3): 191722. DOI: 10.1098/rsos.191722
- WEITHMANN S., KUPPLER J., DEGASPERI G., STEIGER S., AYASSE M., VON HOERMANN C. 2020. Local and landscape effects on carrion-associated rove beetle (Coleoptera: Staphylinidae) Communities in German Forests. *Insects*, 11 (12): 828. DOI: 10.3390/insects11120828
- WOHLGEMUTH T., BÜRGI M., SCHEIDEGGER C., SCHUTZ M. 2002. Dominance reduction of species through disturbance – a proposed management principle for central European forests. *Forest Ecology and Management*, 166 (1–3): 1–15. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00662-4

- WOLFF K., DEPNER B., LOGAN S. A., HEURICH M. 2021. Informed conservation management of rare tree species needs knowledge of species composition, their genetic characteristics and ecological niche. *Forest Ecology and Management*, 483: 118771. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118771
- WOZIWODA B., DYDESKI M. K., JAGODZINSKI A. M. 2019. Effects of land use change and *Quercus rubra* introduction on *Vaccinium myrtillus* performance in *Pinus sylvestris* forests. *Forest Ecology and Management*, 440: 1–11. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.03.010
- ZANIEWSKI P.T., KOZUB L., WIERZBICKA M. 2020. Intermediate disturbance by off-road vehicles promotes endangered pioneer cryptogam species of acid inland dunes. *Tuexenia*, 40: 479–497. DOI: 10.14471/2020.40.020
- ZELLER L., PRETZSCH H. 2019. Effect of forest structure on stand productivity in Central European forests depends on developmental stage and tree species diversity. *Forest Ecology and Management*, 434: 193–204. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.12.024
- ZELLWEGER F., BRAUNISCH V., BALTENSWEILER A., BOLLMANN K. 2013. Remotely sensed forest structural complexity predicts multi species occurrence at the landscape scale. *Forest Ecology and Management*, 307: 303–312. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.07.023
- ZUMR V., REMEŠ J. 2020. Saproxyličtí brouci jako indikátor biodiversity lesů a vliv lesnického managementu na jejich rozhodující životní atributy: review. *Zprávy lesnického výzkumu*, 65 (4): 242–257.
- ZUMR V., REMEŠ J., PULKRAB K. 2021. How to increase biodiversity of saproxylic beetles in commercial stands through integrated forest management in Central Europe. *Forests*, 12 (6): 814. DOI: 10.3390/f12060814

KEY FACTORS FOR THE FOREST BIODIVERSITY PROTECTION IN CENTRAL EUROPE: REVIEW

SUMMARY

Forests host up to 80% of all terrestrial species (www.worldwildlife.org) and are a key habitat for terrestrial biodiversity. In general, the greatest threat to global biodiversity is the loss and degradation of natural habitats, followed by their exploitation and use (e.g. FAZAN et al. 2020; MACKINNON et al. 2020). This phenomenon is highly topical for forests (SCHMIEDINGER et al.* 2012; RIPPLE et al. 2017), including those in Central Europe (GROVE 2002; SPIECKER 2003; NIC LUGHADHA et al. 2020). It is desirable to update scientific knowledge on key aspects of forest biodiversity protection and implement it more effectively into forestry practice.

A review was prepared in the scientific database Web of Science Core Collection, “Topic” section, based on this key words string: ((*biodiversity* OR „*biological diversity*“) AND („*forest management*“ OR *forestry*) AND „*central Europe*“). Irrelevant articles that do not relate to biodiversity, forest management and Europe were excluded from the review. There remained 115 publications, forming the basis of the review, which were subsequently studied, their main conclusions summarized, discussed and synthesized with the help of additional literature. Citations of these 115 publications are marked with an asterisk in the text. Based on their focus and outputs, the studied publications can be divided into the following basic areas:

climate change – tree species composition – management intensity – the phenomenon of old-growth forest and its structures, including dead wood – natural succession – the phenomenon of open forest and traditional management – segregation and integration.

Climate change

Warming and drought are considered to be the primary threats (TRNKA et al. 2016*). Global warming poses a risk due to changes in communities, especially in southern and northern Europe. Forest management should develop tools to mitigate the effects of climate change as well as to adapt to it (HLÁSNÝ et al. 2016). One of the important tools is the protection of old-growth forests and their dynamics to support carbon sequestration (MIKOLÁŠ et al. 2021).

Tree species composition

The tree species composition is one of the basic characteristics of forests, which can be significantly influenced by management. In Central Europe, a natural tree species composition has been fundamentally changed by man in favor of commercial species (spruce and pine), with negative impacts on biodiversity. Tree species mixing supports biodiversity and has an important effect on community composition (LEIDINGER et al. 2021*). Autochthonous tree species should be preferred (HUNTER 1999). More spatial scales should be taken into account when tree species mixing (SEBALD et al. 2021*).

Management intensity

When comparing different types of land use in Central Europe, intensive agriculture and forestry are the species-poorest (KOELLNER, SCHOLZ 2008*). Modern forest management, especially in intensive forms, supports generalists (LANGE et al. 2014* ; WEITHMANN et al. 2020*) and can contribute to eutrophication of the ecosystem (GALLE et al. 2019*), modification of the soil environment (VON HOERMANN et al. 2018*), to habitat fragmentation (MIKOLÁŠ et al. 2015*) and to habitat homogenization (SCHAEUBLIN, BOLLMANN 2011*). Clear-cutting abandonment is

recommended (BURIÁNEK 1998*). On the other hand, an extensive application of selection felling can reduce the horizontal heterogeneity of the environment within the landscape (NAGEL et al. 2017*). Not only the homogeneity of the environment but also the homogeneity of management reduces biodiversity (WOHLGEMUTH et al. 2002*).

Old-growth forests

Scientific publications deal mainly with the relationships between biodiversity and structural elements (structural complexity) of the forest, the importance of dead wood, habitat trees and microhabitats, as well as natural disturbances and their effects. To support forest biodiversity, it is necessary to protect the remaining old forests, apply close-to-nature management and prolong rotation period (LANGE et al. 2014*; WEITHMANN et al. 2020*).

The existence of ancient and large trees is essential for biodiversity, on which microhabitats increase with age and size. Furthermore, various forms of dead wood are important for forest biota, especially large and sun-exposed dead wood (BAČE, SVOBODA 2016). The continuity of these habitats in time and space is essential (GROVE 2002; MOELDER et al. 2017*; ECKELT et al. 2018).

Natural forest disturbances, including large-scale disturbances, are common in the northern hemisphere and fundamentally support forest biodiversity (THORN et al. 2017*). Natural disturbances caused by wind, storms, icing, snow, fires, bark beetles etc. create important microhabitats (FISCHER et al. 2013*) and ensure the structural diversity of the environment.

European spruce and beech forests have historically been affected by disturbances of mixed severity; small-scale events predominate, but events with high and very high severity also appear (FRANKOVIČ et al. 2021*). The imitation of disturbances and the use of their principles in management is recommended (WOHLGEMUTH et al. 2002*; THORN et al. 2017*).

Succession

For effective protection of forest biodiversity in forest management, it is recommended to protect natural succession and its individual stages. Biodiversity is most strongly promoted in the blending of the late and early succession stages (SWANSON et al. 2010; HILMERS et al. 2018*; LANGBEHN et al. 2021; MIKOLÁŠ et al. 2021). Therefore, natural succession and the dynamics of natural regeneration should be given priority over the planting.

Open forests

Modern forest management generates closed canopy, homogenized forest stands and suppresses historically common forms of open forest, which is a key habitat for numerous species, e.g. saproxylic insects (HORÁK et al. 2012*). Forest management should therefore, especially in lower elevation, focus on canopy opening to protect biodiversity. Support for the light environment is effective especially on the southern slopes (STREITBERGER et al. 2012*).

In connection with the open forest necessity, the renaissance of traditional (resp. historical) management forms is often appealed. These previously common forms of management, which have been preserved locally until about the middle of the 20th century, include, in particular, coppicing (coppice and coppice with standards), forest grazing, pollarding and burning (ČÍŽEK et al. 2016).

Segregation and integration

Both segregation and integration are important in Central Europe. Therefore, these approaches should be combined (KRAUS, KRUMM 2013). Many species are strictly tied to unmanaged forests, so the protection of these old forests, including their remnants and fragments, is crucial for biodiversity; the habitats should be large enough and not isolated (ECKELT et al. 2018; HOFMEISTER et al. 2019). The non-interventional form of protection should not be limited to mature stands with a high aesthetic value, but must take into account the whole range of successional stages, including the overlooked early stage, i.e. young disturbed and post-disturbed forests (SWANSON et al. 2010).

Strict reserves are needed for the most endangered biota survival, but close-to-nature forestry and management modifications are also necessary, as reserves alone are not sufficient to conserve biodiversity (WOHLGEMUTH et al. 2002* ; LEIDINGER et al. 2020*).

The challenge is to optimize the management of a substantial part of managed forests so that it is truly integrative and close-to-nature in relation to the protection of biodiversity. The European trend of close-to-nature forestry is marked by the abandonment of clear-cutting, the maximum use of natural tree regeneration, vertical differentiation of stands and often the application of a selection system (REMEŠ 2018; FERKL 2020; www.prosilvabohemica.cz).

Despite the advantages, the extensive application of the usual close-to-nature management reduces the horizontal heterogeneity of the environment within the landscape, as shown by a study from Slovenia, where it is the dominant type of management (NAGEL et al. 2017*). Close-to-nature forestry focuses on the mature stand stage, favors shade-tolerant tree species and does not primarily aim at preserving the biological legacy – old trees and dead wood (PALIK et al. 2020). The concept of ecological forestry has been developed in the USA, based mainly on logging imitating the extent, variability and interval of natural disturbances, retention of important structures (biological legacy) of harvested stand and achieving forest structural complexity (HUNTER 1999; PALIK et al. 2020). The application of ecological forestry in Central Europe is promising and has not yet been elaborated and implemented.

Zasláno/Received: 03. 11. 2021

Přijato do tisku/Accepted: 07. 02. 2022