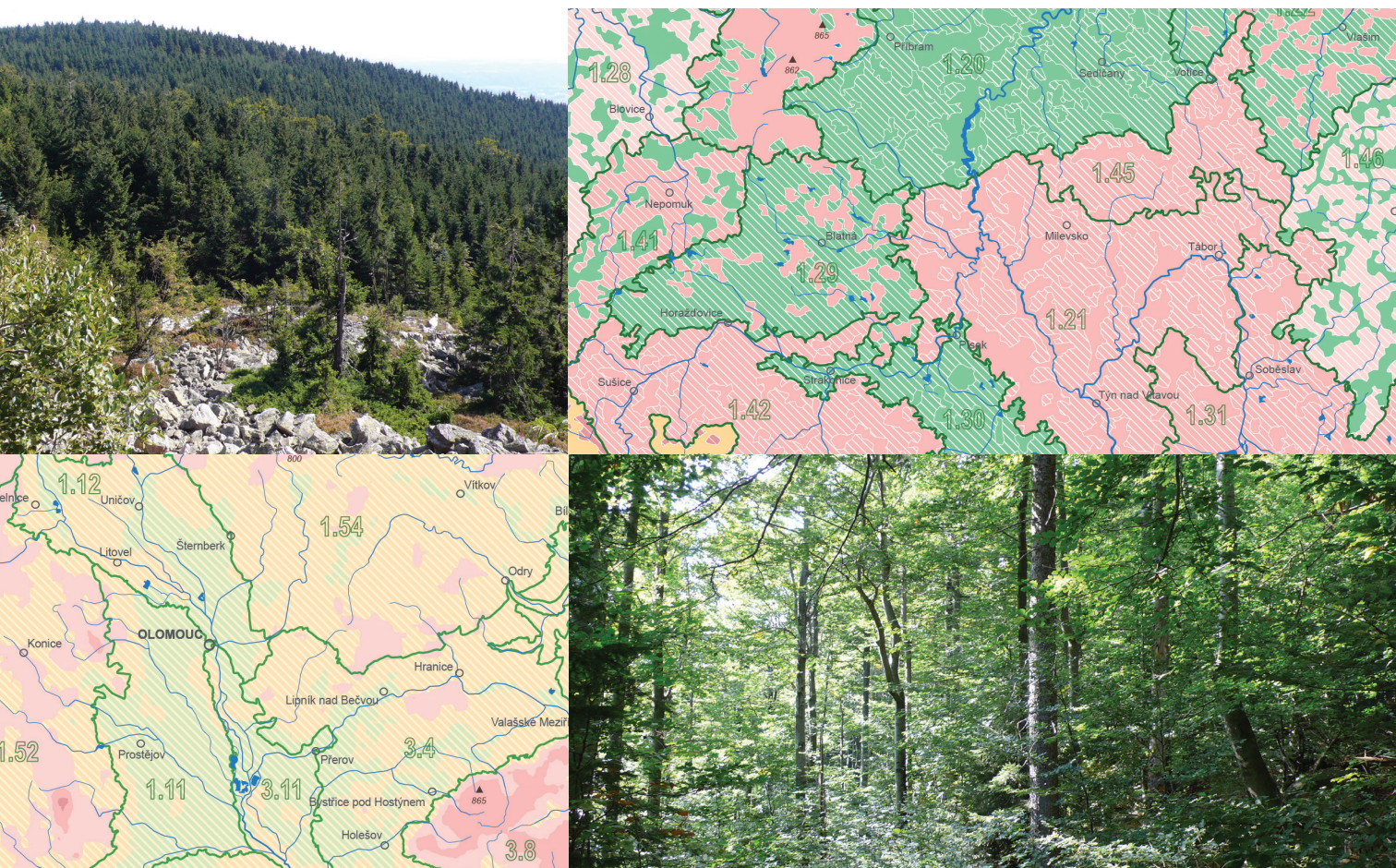




ZÓNY OHROŽENÍ LESŮ V ČESKÉ REPUBLICE

VYMEZENÉ FUZZY MODELOVÁNÍM A SHLUKOVOU ANALÝZOU

Pavel Samec a kolektiv



FOREST VULNERABILITY ZONES IN THE CZECH REPUBLIC
based on fuzzy modelling and cluster analysis

ZÓNY OHROŽENÍ LESŮ V ČESKÉ REPUBLICE

**PAVEL SAMEC
ALENA VONDRÁKOVÁ
JAN CAHA
ZBYNĚK JANOŠKA
IVO SIROTA
MILOŠ ZAPLETAL
PAVEL TUČEK
VÍT VOŽENÍLEK**

OLOMOUČ 2016

Autorský kolektiv:

Ing. Pavel Samec, RNDr. Alena Vondráková, Ph.D., Mgr. Jan Čaha, Ph.D., Mgr. Zbyněk Janoška,
Mgr. Ivo Sirota, doc. Dr. Ing. Miloš Zapletal, doc. Mgr. Pavel Tuček, Ph.D., prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.

Kartografické zpracování:

Mgr. Romana Kudělková, RNDr. Alena Vondráková, Ph.D., prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.

Recenzenti:

doc. RNDr. Pavel Cudlín, CSc.

doc. RNDr. Jaromír Kaňok, CSc.

Ing. Aleš Kučera, Ph.D.

Výkonný redaktor: prof. RNDr. Zdeněk Dvořák, Ph.D.

Odpovědná redaktorka: Mgr. Jana Kreiselová

Technická redaktorka: RNDr. Alena Vondráková, Ph.D.

Obálka: Ivana Perůtková, RNDr. Alena Vondráková, Ph.D.

Publikace neprošla jazykovou úpravou.

Vydavatel: Univerzita Palackého v Olomouci, Křížkovského 8, 771 11, Olomouc

Ediční řada M·A·P·S· (Maps and Atlas Product Series), Num. 8, 9, 10

Tisk: Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci

Tiskservis, Gen. Sochora 1764/22, 708 00 Ostrava-Poruba (mapy, složky)

Mapy vydala Univerzita Palackého v Olomouci pro Katedru geoinformatiky jako její 67., 68. a 69. titul.

1. vydání

Olomouc 2016

ISBN 978-80-244-4943-2

© Univerzita Palackého v Olomouci, 2016

M·A·P·S· Num. 8 – ISBN 978-80-244-4940-1

M·A·P·S· Num. 9 – ISBN 978-80-244-4941-8

M·A·P·S· Num. 10 – ISBN 978-80-244-4942-5

© Univerzita Palackého v Olomouci, 2016

ISBN 978-80-244-4944-9 (soubor)

1. Úvod

Zóny ohrožení lesů (ZOL) jsou klasifikací predispozic prostředí ovlivňujících zdravotní stav lesních ekosystémů. Tyto predispozice jsou významně podmíněny interakcemi složek kyselé atmosférické depozice s ostatními vlastnostmi růstového prostředí lesů. Kyselá depozice změnila ekologii lesů. Tento jev si vyžádal i změny v přístupech k ekologickému monitoringu a modelování.

Zóny ohrožení lesů tvoří součást ekologických zonací krajiny, ve kterých jsou informace o lesních ekosystémech schematizovány na abiotické prediktory a receptora. Abiotické prediktory jsou charakterizovány pomocí trvalých stanovištních podmínek, které potenciálně ovlivňují přirozenou schopnost dřevin tvořit zapojené strukturované porosty. Receptor je charakterizován pomocí znaků lesní dendromasy a chemického složení nadložního humusu. Příznivý stav receptora je představován přirozeným smíšeným strukturovaným lesním ekosystémem na živných půdách, zatímco nepříznivý stav je představován rozvráceným nebo odumírajícím lesním porostem.

Způsoby vymezení zón ekologie lesů byly v Česku doposud podmíněny jednak Národním lesnickým programem, jednak vládními usneseními k nápravě poškození lesů kyselou depozicí. Ekologické zonace lesů jsou na území Česka zaměřeny buď na zobecněnou klasifikaci kvality přírodních podmínek, nebo na klasifikaci ohrožení/poškození lesů vlivem znečištění životního prostředí.

Evropské životní prostředí je nejvíce znečištěno složkami kyselé depozice (Alders, 1991). Klasifikace ohrožení/poškození lesů vlivem kyselé depozice bývají soustředěny zpravidla na revizi pásem ohrožení lesů pod vlivem imisí (POLVI) v rámci opatření OPRL podle vyhlášky MZe ČR

78/1996 Sb., dynamické modelování kritických zátěží kyselou depozicí lesních ekosystémů nebo statické modelování ZOL. Návrh komplexního a systémového řešení směřujícího k zastavení degradace lesních půd vlivem imisí shrnutý ve vládním usnesení 22/2004 Sb. byl založen na preferenci klasifikace predispozic ohrožujících lesy, které mají nahradit klasifikaci POLVI založenou na sledování nespecifického hynutí lesů. Dynamické modelování kritických zátěží lesních ekosystémů umožňuje stanovit únosnou mez působení kyselé depozice, která se neprojeví poškozením funkcí ekosystému. Statické modelování ZOL umožňuje vymezit oblasti s rozdílnou synergií kyselé depozice a ostatních environmentálních prediktorů, které společně rozčleňují zdravotní stav lesů (Samec et al., 2012a).

Návrh komplexního a systémového řešení směřujícího k zastavení degradace lesních půd vlivem imisí obsahuje krátkodobá a dlouhodobá opatření. ZOL jsou součástí dlouhodobých opatření. Systém dlouhodobých opatření zahrnuje snižování emisí, inventarizaci poškození lesů, monitoring lesních ekosystémů, predikce jejich vývoje v závislosti na různých scénářích vývoje kyselé depozice a provádění nezbytných melioračních opatření. Funkce ZOL zahrnují analýzu výsledků monitoringu lesů, predikci změn ekosystémů a vymezení oblastí pro různá meliorační opatření. Koordináční rada realizace Národního lesnického programu II (2008–2013) doporučila pro zlepšení zdravotního stavu lesů podporu přirozené obnovy lesů, obnovy cílové dřevinné skladby a diverzifikace struktury lesů (Slabý, 2013). Proveditelnost těchto extenzivních opatření je přímo závislá na kostře ekologické stability krajiny a managementu ZCHÚ (Buček, Vlčková, 2011).

2. EKOLOGICKÉ ZONACE LESŮ

Environmentální modelování je založeno na matematickém zjednodušení statických a dynamických jevů v krajině. Statické jevy jsou reprezentovány intervaly vlastností krajiny. Dynamické jevy sestávají z hmotových bilancí, sukcese a evoluce ekosystémů. Tvorba statického modelu zahrnuje parametrizaci, klasifikaci nebo zonaci sledovaných vlastností krajiny (Cox, Moore, 2005). Mezi sledovanými vlastnostmi krajiny mohou být vlastnosti fyzického prostředí i celých ekosystémů.

Ekologické zonace lesů jsou uplatňovány jednak ke klasifikaci růstových podmínek, jednak ke klasifikaci míry ohrožení růstového potenciálu lesů (Culek et al., 2005; Hlásný et al., 2009; Kulla et al., 2009). Podstatou ekologických zonací krajiny je analýza prostorové diferenciace vztahů mezi prediktory a receptorem. Tento popis je vymezen územním rozsahem, ve kterém modelované funkce potenciálně nabývají uzavřeného intervalu hodnot. Základní ekologická zonace lesů sestává z prediktorů fyzického prostředí a přirozeného stavu lesů (Gauger et al., 2002). Modely systémového projevu prediktorů ve stavu receptora mohou být monokauzální nebo polykauzální (Ulrich, 1983). Modelování mono- nebo polykauzálních soustav může být analytické nebo numerické. Rozdíl lineární aproximace analytických modelů a numerického modelování je tvořen environmentálním šumem (Ripa et al., 1998). Pomocí lineární aproximace nelze beze zbytku konstruovat úplný kauzální řetězec ani libovolně opakovat potřebné experimenty (Lepš a Vacek, 1986).

Analýza environmentálního modelu se zaměřuje buď na prostorové vztahy, nebo na časoprostorové vazby. Analýza základních prostorových vztahů se řídí geografickými zákony. V krajině všechny jevy vzájemně souvisejí, ale bližší entity si jsou podobnější než entity vzdálené. Takové jevy se vyznačují klesající autokorelací a jsou interpolovatelné (Burrough et al., 1997). Zatímco fyzickogeografické vlastnosti krajiny relativně respektují zákon postupně klesajících podobností, biologické systémy jsou rozšířené ve složité mozaice, u níž podobnosti klesají ve velkých měřítkách, zatímco v malých měřítkách jsou značně modifikovány místními vlivy (Rosen, 1988). Příčinami rozdílných modifikací chování živých a neživých systémů jsou rozdíly v míře komplexity stavu. Zatímco neživé soustavy vyjadřují omezená působení prediktorů, živé soustavy odrážejí jejich komplex.

Rozdílné chování kyselých látek v atmosféře a v půdě komplikuje modelování jejich parciálního vlivu na ekosystémy (Erisman et al., 2005). Kyselá depozice je na jednu stranu permanentně působícím stresorem, na druhou stranu je nedílnou

součástí růstového prostředí vegetace. I v situaci, kdy se některý z prediktorů stavu lesů jeví jako dominantní, jeho projevy jsou důsledkem účasti dalších činitelů, které nelze opomíjet (Flückiger et al., 1986). Základním přístupem k vymezení ZOL ve střeoevropských podmínkách je vícerozměrná aproximace vztahů mezi jednotlivými složkami fyzického prostředí a složkami kyselé depozice (Hruška et al., 2001). Základním přístupem k diagnostice starých ekologických zátěží je regresní analýza ZOL a pozdějších stavů receptora (Zapletal et al., 2003). Během odsiřování velkých stacionárních zdrojů znečištění atmosféry na území ČR v letech 1994–1999 byly pozorovány dva fenomény změn zdravotního stavu lesů:

- dostatečný a setrvalý pokles imisní zátěže byl následován ekologickou obnovou systémů (Martinková et al., 2000; Samec et al., 2004; Balcar et al., 2004),
- u mnohých poškozených lesních porostů klesla míra tolerance vůči stresu natolik, že i běžné úrovně ekologických zátěží způsobily nové výskyty chřadnutí (Holuša, Liška, 2002).

Multikriteriální ekologické zonace lesů na území Česka byly založeny na předpokladu, že vlastnosti růstového prostředí mohou nabývat hodnot, které způsobují stres ekosystémů. Vztahy mezi abiotickými prediktory a ekosystémovým receptorem byly optimalizovány nejdříve pro charakteristická území Českého masivu v Krkonoších a na Šumavě a následně byly srovnávány s celostátními modely. Abiotické prediktory byly rozděleny na znečištění atmosféry SO_2 a NO_x , kyselou depozici H^+ a SO_4^{2-} , půdní vlastnosti a objemovou hmotnost nadložního humusu. Receptor lesních ekosystémů byl charakterizován stavem výživy asimilačního aparátu lesních dřevin, defoliací, diskolorací, výskytem suchých korunových vrcholů a sekundárními výhony (Schwarz, 1995). Aproximace vazeb mezi těmito prediktory a receptorem v podmínkách ČR byla schematizována pomocí teorie acidifikace a nutriční degradace lesních půd, vyjadřující odchylky funkcí antropicky změněných a environmentálně zatížených ekosystémů (Hruška, Cienciala, 2005). Pro mapování ohrožení lesních půd acidifikací a nutriční degradací byly použity prediktory atmosférických srážek, průměrné roční teploty, předpokládaný výskyt půdních typů a odvozený výskyt půdotvorných substrátů. Tyto spojitě a kategorické proměnné byly reklasifikovány do stupnice 1–4 a sečteny do stupnice 4–16. Komponentní vektory odolnosti/náchylnosti lesních půd a podobně i údaje o alkalitě hornin byly ve faktorové rovině blízko počátku bez významnějšího vlivu na podobu výsledné funkce.

Vektory klimatických (normálových teplot a srážek) a imisně-depozičních veličin (ročních koncentrací SO_2 a NO_x) se zato jeví silně závislé na rozdílných komponentních faktorech. Vývoj poloprovozních ekologických zonací lesů na území ČR byl rozčleněn jednak na komplexní statické zonace krajiny podle

příznivosti/nepříznivosti současných růstových podmínek pro přirozené lesy (Samec et al., 2012a), jednak na separační zonace vlastního vlivu kyselé depozice na jednotku plochy z kritických zátěží, aby mohly být odlišeny současné a minulé dopady znečištění na ekosystémy (Vrubel et al., 2009).

3. TVORBA MODELŮ ZÓN OHROŽENÍ LESŮ

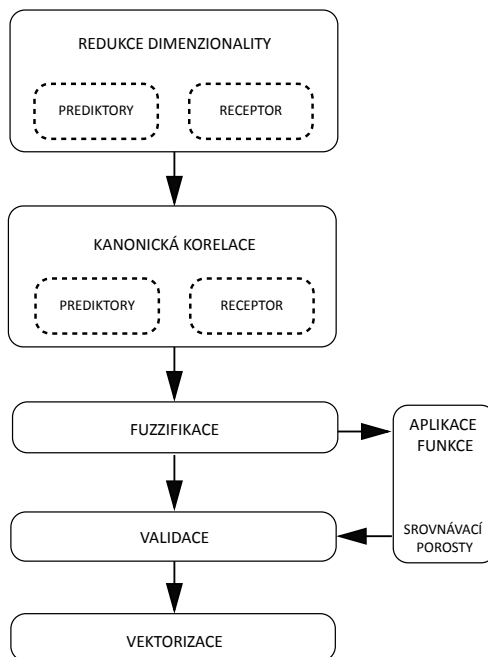
Podstatou modelování byla aproximace optimálního vztahu mezi vybranými veličinami abiotických prediktorů a receptorem. Ekologie lesů byla redefinována jako interval atmosférických a půdních vlivů stimulujících nebo omezujících růst přirozených lesů.

Základní typologie ZOL byla vymezena pomocí environmentálního modelování. Environmentální modelování ZOL sestávalo z předzpracování vstupních dat, vícerozměrné průzkumové analýzy, fuzzy modelování, validace a prostorové analýzy výsledného modelu. Vývoj ZOL vyžadoval rozsáhlé předzpracování vstupních dat, které kladlo nároky na využití dostatečně robustní a zároveň transparentní metodiky modelování. Použitelnost modelu ZOL pro lesnické plánování vyžadovala metody, které zachovávají informační hodnotu srovnávaných proměnných. Tvorba modelu ZOL byla specifická shromážděním mnoha veličin, z nichž byly selektovány podmnožiny se vzájemně nejvýznamnějšími korelacemi. Vícerozměrná průzkumová analýza byla rozčleněna na procesy redukce dimenzionality a ověření těsnosti závislostí mezi vybranými prediktory a receptorem. Fuzzy modelování bylo provedeno v maticích 1×1 km zaujímajících převážně lesnatá území ČR. Optimální funkce $f(Y)=f(X)$ v síti 1×1 km byla využita i k získání validačních modelů. Vážený průměr fuzzy hodnot vybraných prediktorů (FZOL) byl interpolován pro celé území ČR a klasifikován do ohrožení lesů. Současná lesní území vymezila aktuální výskyt ZOL. Bezlesí vymezilo potenciální výskyt ZOL, který může ovlivnit zalesňování nelesních pozemků. Rozčlenění aktuálního a potenciálního výskytu ZOL podél hranic les/bezlesí podstatně podmínilo prostorové analýzy modelu.

Prostorové analýzy modelu ZOL umožnily popis základních lesnických charakteristik jednotlivých zón a klasifikaci jejich celkového charakteru v dílčích územních jednotkách s vnitřně jedinečnými růstovými podmínkami pro lesy. Biogeografické regiony (bioregiony) poskytují prostorovou platformu pro integraci opatření ochrany přírody a ochrany lesa v rámci koncepce integrovaného managementu krajiny. Bioregiony představují přirozeně diferencovaná souvislá území s jedinečnými vazbami mezi geodiverzitou a biodiverzitou. Na území ČR se

vyskytuje 91 bioregionů ve čtyřech biogeografických podprovinciích. Mozaika zón ohrožení lesů na území jednotlivých bioregionů byla zobecněna na index skladby ZOL (u_{ZOL}) a index váženého zastoupení ZOL (v_{ZOL}).

Fuzzy logika byla formulována z empirických odhadů vzájemných vztahů mezi veličinami validačních lesních ekosystémů. Spojitý interval $\langle -1; +1 \rangle$ vymezil krajní hodnoty nepříznivých, resp. příznivých růstových podmínek. Přechodová hodnota fuzzy množiny 0 byla použita k rozčlenění zón s převážně nepříznivými růstovými podmínkami od zón s převážně příznivými podmínkami. Převážně nepříznivé ZOL se vyskytují na 3,01 % rozlohy ČR a zahrnují 7,77 % lesů. Příznivé zóny bez výrazného ohrožení lesů se vyskytují na 62,30 % rozlohy ČR a zahrnují 43,73 % lesů. Jsou představovány jak zonálními pahorkatinnými stanovišti (48,65 % ČR), tak také širokými nivami (13,67 %). Ostatní převážně vrchovinné reliéfy (34,66 % ČR) zahrnují méně příznivé růstové podmínky, avšak významně odlišné od nepříznivých zón.



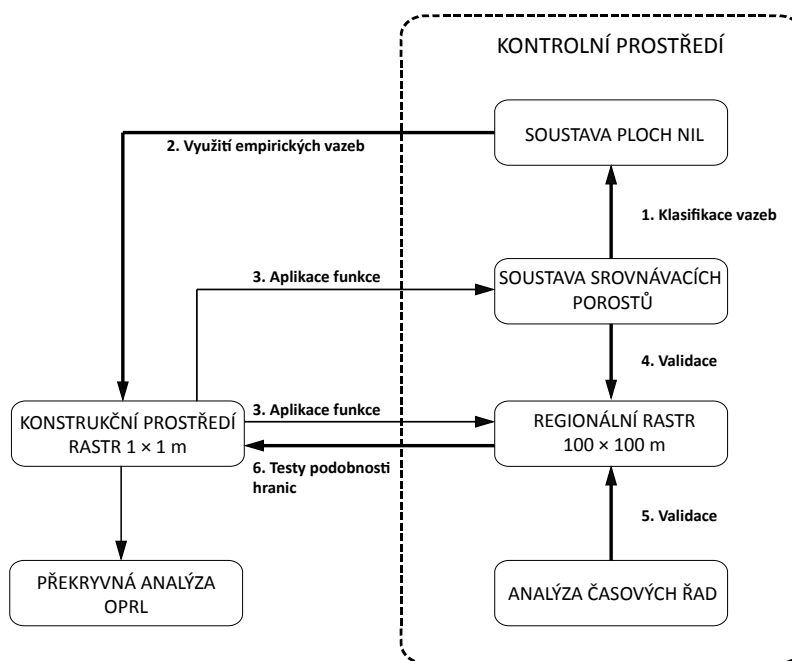
Obr. 1 Schéma tvorby modelu zón ohrožení lesů.

Tvorba modelu k vymezení zón ohrožení lesů se skládala z předzpracování vstupních dat, vícerozměrné průzkumové analýzy, fuzzy modelování, validace, interpolace, vektorizace a klasifikace (obr. 1). Základní data byla uspořádána do čtyř sad. Všechny sady obsahovaly stejné veličiny a stejné počty proměnných uspořádaných v deseti datových množinách, kdy každá datová množina odpovídala fyzikálnímu charakteru srovnávaných údajů. Množina měla vždy ve všech sadách, podmnožinách a maticích stejný počet spojitých veličin se stejnými jednotkami. Zájmovým obdobím pro konstrukci a ověřování ekologických modelů byl úsek 1997–2008, konfrontovaný s normálovými (1961–1990) nebo střednědobými (1999–2008) údaji. Tato srovnání nám umožňovala lépe vyjádřit odchylky v ročních alternativních modelech od modelu ze střednědobých (normálových) údajů. Potřebná data většinou nebyla dostupná ve vyhovující podobě, a proto základní matice byly transformovány a standardizovány. Tyto nedostatky předznamenaly potřebu zabývat se vztahem mezi růstovým prostředím a receptorem lesů vhodným robustním a generalizujícím postupem.

Modelovací prostředí

Modelovací sady byly vytvořeny z celostátní pravoúhlé sítě 1×1 km, regionální sítě 100×100 m,

systematického výběru pilotních kontrolních porostů a celostátního výběru porostů národní inventarizace lesů (NIL). Síť 1×1 km představovala základní modelovací prostředí. Regionální síť 100×100 m byla vytvořena kolem vybraných pilotních území lesních oblastí 5 Českého středohoří, 10 Středočeské pahorkatiny, 17 Polabí, 18 Severočeské pískovcové plošiny, 27 Hrubého Jeseníku, 28 Předhoří Hrubého Jeseníku, 32 Slezské nížiny, 39 Podbeskydské pahorkatiny a 40 Moravskoslezských Beskyd s hranicemi podle 44 kladů SMO5. Výsledky v síti 1×1 km byly validovány pomocí bodového pole 1 061 stejnorodých jednoetážových lesních porostů podploch P1 sítě NIL. Výsledky v síti 100×100 m byly validovány pomocí bodového pole systematického výběru 68 pilotních kontrolních porostů. K nastavení modelovacího algoritmu byly použity odhady empirických vazeb mezi klasifikovanými vlastnostmi bodových polí vybraných lesních porostů. Získané meze algoritmu byly využity při sestavování modelů v síti 1×1 km i 100×100 m. Modelovací funkce $f(Y)=f(X)$ byly při definovaném rozsahu závislosti formulovány v prostředí 1×1 km. Následně byly aplikovány i do prostředí 100×100 m a jako $f(y)=f(x)$ do matic srovnávacích bodů k validaci geoinformačních modelů (obr. 2). Účelem validace regionálního modelu v síti 100×100 m byla podpora výběru optimálního celostátního modelu v síti 1×1 km (Samec et al., 2012a).



Obr. 2 Distribuce algoritmu tvorby zón ohrožení lesů mezi jednotlivými datovými sadami.

- 1 – klasifikace definičních oborů fuzzy množin; 2 – fuzzifikace v modelovacím prostředí 1×1 km;
3 – aplikace fuzzy logiky v sadách 100×100 m a srovnávacích bodových polích; 4 a 5 – validace modelu;
6 – překryvná analýza podobnosti vymezení ZOL v sadách 1×1 km a 100×100 m.

Modelované vlastnosti lesních ekosystémů

Vstupní data byla ve všech sadách rozdělena na množiny vlastností abiotických prediktorů (X) a receptora (Y). Prediktory byly definovány pomocí vlastností trvalých stanovištních podmínek (Průša, 2001). Za trvalé stanovištní podmínky (prediktory) jsou označovány fyzické činitele, které podmiňují produkci a přirozenou skladbu lesů (Purdon et al., 2004). Rozlišovacím atributem ZOL mezi obecnými ekologickými zonacemi lesů jsou prediktory složek kyselé atmosférické depozice. Kyselá depozice je na jednu stranu permanentně působícím stresorem, na druhou stranu je nedílnou součástí růstového prostředí vegetace (Erisman et al., 2005). Receptor byl definován pomocí parametrů biomasy lesních porostů a chemických vlastností nadložního humusu (Schwarz, 1995). Jako prediktory byly analyzovány základní klimatické veličiny, složky celkové potenciální kyselé depozice (CPKD), půdní kationtová výměnná kapacita (KVK), bazická saturace (BS), poměr výměnných bazí a hliníku (Bc/Al), organický uhlík (C_{org}) a dusík (N), obsahy živin v půdních zvětralinách (R_xO_y), obsah půdního jílu ($FJ < 2 \mu m$) a orografický index globální radiace (OIGR). Vlastnosti receptora byly rozděleny na veličiny zjišťované pozemním šetřením a dálkovým průzkumem. Veličiny zjišťované pozemním šetřením byly vyjádřeny průměrnou hektarovou zásobou dřevní hmoty v lesních porostech (V_{ha}), středním zakmeněním lesů (ρ), potenciální evapotranspirací (PET) a chemickým složením nadložního humusu. Prediktory byly před průzkumovou analýzou zastoupeny 43 proměnnými. Receptor byl před průzkumovou analýzou zastoupen 29 proměnnými.

Výchozí mapa zón ohrožení lesů je složena z matic dat zahrnujících období 1961–2004. Obsažené klimatické veličiny jsou reprezentovány normálovými hodnotami 1961–1990, složky kyselé depozice jsou reprezentovány průměrnými hodnotami z jednorozhodných modelů let 1998, 1999, 2000, 2003 a 2004 a půdní vlastnosti jsou reprezentovány normálovými hodnotami 1971–2000. Orografický index globální radiace je reprezentován průměrnou roční hodnotou cyklicky proměnlivého vlivu reliéfu na receptora (Samec et al., 2012a). Soubor odvozených map zachycuje kompozici střednědobých predispozic růstových podmínek ovlivňujících zdravotní stav lesů na území České republiky do roku 2004.

Předzpracování dat

Předzpracování zahrnuje především tvorbu pravidelných rastrových polí $1 \times 1 \text{ km}$ a $100 \times 100 \text{ m}$ z nepravidelně uspořádaných gridů interpolacími nebo rasterizací. Klimatické veličiny a složky CPKD byly získány geografickou interpolací (Zapletal, 2001). Půdní vlastnosti byly získány transformací

a rasterizací (Samec et al., 2012a). Model PET byl získán allometricky (Škvarenina et al., 2002). Model OIGR byl získán interpolací a generalizací DMT ZABAGED $25 \times 25 \text{ m}$. Taxační veličiny byly generalizovány rasterizací polygonálních vektorů GRNUM LHPO a veličiny sekundární reflektance lesních porostů byly generalizovány ze scén Landsat TM/ETM+. Závěrem předzpracování vstupních dat bylo snížení počtu vygenerovaných pixelů podle znalosti o zastoupení lesů na ploše jednotlivých buněk obou sítí a vyloučení pixelů pokrytých oblačností. Výskyt lesů byl zjištěn celkem u 70 750 pixelů (88 %), ale zastoupení lesů větší než 70 % bylo zjištěno jen u 16 622 pixelů (20 %).

Vícerozměrná průzkumová analýza

Vícerozměrná průzkumová analýza byla provedena sledem analýzy hlavních komponent (PCA), faktorové analýzy (FA), shlukové analýzy (CLU) a kanonické korelační analýzy (CCA). Cílem průzkumové analýzy pomocí vícerozměrných metod byla redukce dimenzionality zvláště mezi prediktory a zvláště na mezi vlastnostmi receptora na počet proměnných, mezi nimiž se budou vyskytovat statisticky významné závislosti. Vstupní data byla rozdělena na pracovní matice elementárních veličin a pracovní matice souhrnných veličin. Toto rozdělení matic umožnilo porovnat rozdíly vlivů sezónních hodnot klimatických prediktorů nebo součástí ostatních environmentálních prediktorů s vlivy průměrných nebo sečených prediktorů v aproximovaných modelech.

Průzkumová analýza byla provedena pro jednorozhodnou a střednědobou matici proměnných ve všech sadách. Pro průzkumovou analýzu dat a všechny následující procedury byly určeny pouze snížené počty hodnot všech proměnných. PCA byla použita k detekci korelací uvnitř jednotlivých množin. Z jednotlivých množin veličin se stejnými jednotkami byly vyloučeny ty veličiny, které byly pomocí komponentních vah zjištěny ve společném kvadrantu a neměly výrazně velký jeden vektor komponentní váhy (Thalib et al., 1999).

Cílem použití FA bylo nalezení kombinací potenciálně korelujících veličin (PKV) z různých množin prediktorů a receptora. Při FA byly vyloučeny veličiny, které nedosáhly $P > 0,60$ a zahrnuty faktory společně vyjadřující více než 90 % rozptylu. Podobnosti veličin z téže množiny byly při FA eliminovány jen na proměnnou s vyšší absolutní hodnotou faktorové zátěže. Výsledky FA byly revidovány pomocí shlukové analýzy (CLU) s manhattanskou metrikou. CLU umožnila z identifikovaných kombinací PKV vybrat pouze ty, které měly těsné vazby pouze s veličinami z jiných množin. CLU byla souběžně provedena jednoduchým shlukováním a Wardovou

metodou. CCA byla použita k ověření těsnosti závislosti mezi vybranými potenciálními veličinami aproximací $f(Y)=f(X)$. Algebraickým průnikem výsledků FA a CLU jednoročních a střednědobých veličin byly vybrány potenciálně korelující matice elementárních a sdružených prediktorů a receptora.

Fuzzy modelování

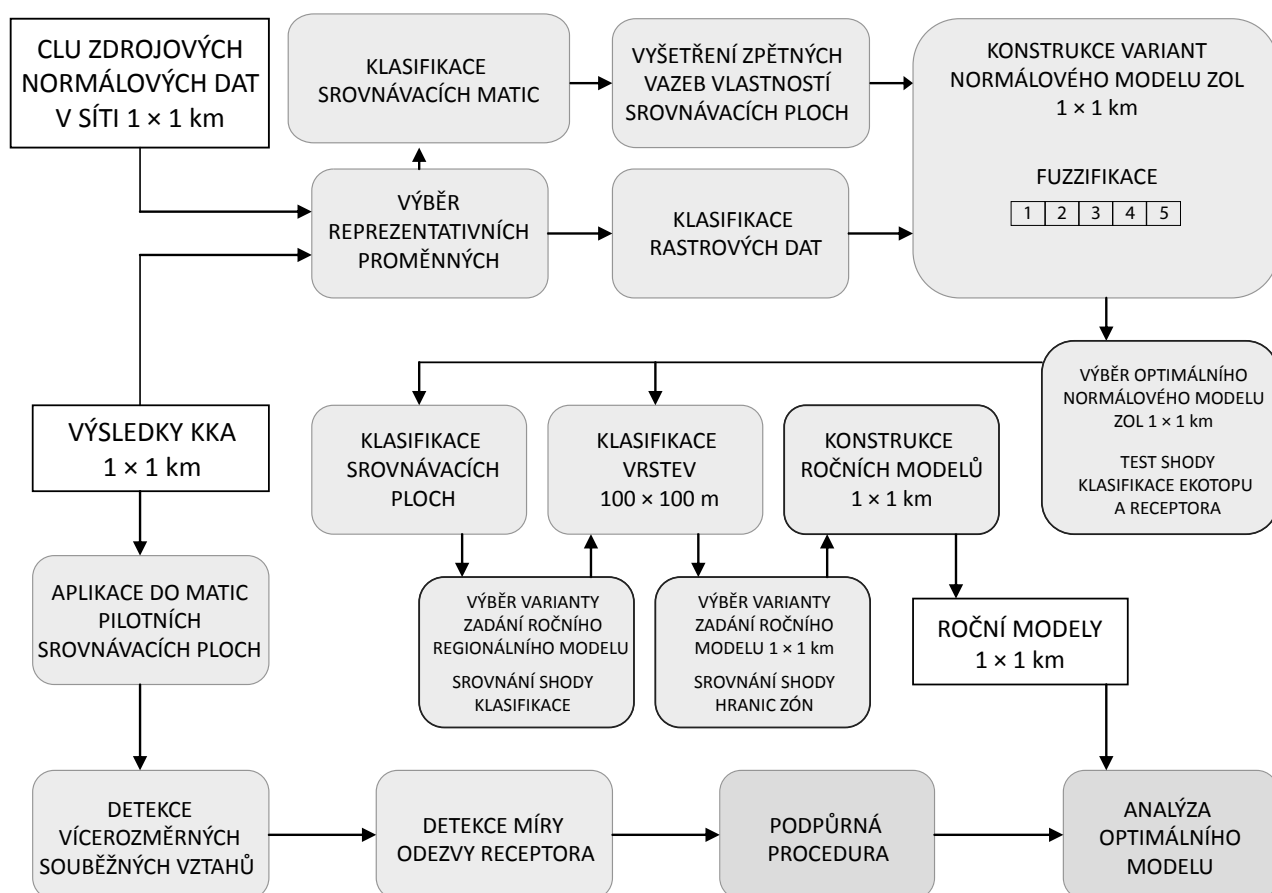
Fuzzy modelování bylo provedeno v síti 1×1 km pouze s pixely se zastoupením lesa více než 70 %. Fuzzy modelování se skládalo z fuzzifikace, koncepce fuzzy logiky, koncepce fuzzy množin a defuzzifikace (Silvert 1997). Kombinováním střednědobých hodnot elementárních a sdružených vlastností prediktorů a receptora bylo navrženo pět alternativních fuzzy modelů ZOL. Fuzzifikace zahrnovala empirickou klasifikaci vstupních veličin a jejich transformaci do fuzzy hodnot. Fuzzy logika byla odvozena pomocí analýzy teoretických tendencí ve vztazích mezi třídami PKV. Fuzzy množiny vymezily přechodové scénáře vztahů mezi PKV. Defuzzifikace umožnila selekci optimálního modelu

ohrožení lesů. Sdružení jednotlivých fuzzy hodnot prediktorů nebo vlastností receptora bylo provedeno výpočtem vážených průměrů F_{ZOL} a F_{rec} .

Výběr optimální varianty fuzzy modelu ohrožení lesů byl proveden jako zjištění nejmenšího součtu čtverců rozdílů $RSC = F_{ZOL} - F_{rec}$ (obr. 3). Optimální $f(Y)=f(X)$ byla aplikována do všech datových sad. Optimální F_{ZOL} v síti 1×1 km byl interpolován metodou IDW v rozsahu celé České republiky.

Validace modelu

Validace optimálního modelu ZOL byla založena na principu hledání míry shod s bodovým polem srovnávacích ploch (Westling et al., 2005) a vyhodnocení společných znaků jednotlivých zón z rastrových polí s různým rozlišením. K validaci optimálního modelu ZOL byl využit předpoklad statistické shody hranic jednotlivých zón mezi celostátním a regionálním modelem. Jejich podobnost a porovnání ZOL s klasifikovaným stavem receptora byly zjišťovány mapovou algebrou. Klasifikace optimální F_{ZOL} byla provedena prahováním histogramu.



Obr. 3 Tvorba modelů zón ohrožení začala výběrem reprezentativních proměnných pomocí vícerozměrných analýz.

Vztahy mezi vybranými potenciálně korelujícími veličinami byly využity jednak k ověření těsnosti závislosti potvrzující přirozený vztah mezi prediktory a receptorem potřebný pro odvození alternativ fuzzy modelů, jednak byly využity k detekci odezvy receptora a srovnání ročních modelů ZOL s optimálním modelem.

Charakteristiky vymezených zón ohrožení lesů byly získány souhrnem interpolovaných odhadů hodnot prediktorů v jednotlivých zónách ohrožení lesů a překryvné analýzy s polygonovými vrstvami OPRL (Samec et al., 2012a).

Překryvná analýza

Pomocí překryvné analýzy vektorových modelů ZOL a klasifikovaných polygonů o stavu lesů byly zjištěny základní charakteristiky jednotlivých zón. Lesnický významné charakteristiky ekologických zonací slouží k posouzení naléhavosti managementu opatření ke stabilizaci stavu lesů v oblasti (Macků 1996). Základní informace o stavu lesů jsou platformou pro oblastní plány rozvoje lesů (OPRL). Lesnický významné charakteristiky ZOL byly vybrány na základě analýzy významných skutečností ochrany lesů v letech 1997–2006 (Rychtecká, Urbaňcová, 2008). Překryvná analýza ZOL byla provedena v GIS s pásmy hygienické ochrany I. stupně (vrstva PHO_I), maloplošnými zvláště chráněnými územími (vrstva MZCHU), lesy s půdoochranným potenciálem (vrstva PUDOOCHRAN), poddolovanými územími, lesy s buldozerovou přípravou půdy (vrstva BULDOZERKA), genovými základnami (vrstva GENO), lesy poškozených sněhem a námrazou (vrstva SNNA) a větrnými polomy (vrstva VEPO).

Vrstva PHO_I představuje dle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách ochranná pásma vodních zdrojů I. stupně, která slouží k ochraně vodního zdroje v bezprostředním okolí jímacího nebo odběrného zařízení. Údaje pro PHO_I jsou přebírány od správních orgánů, které schvalují pásma hygienické ochrany. Data jsou předávána většinou v analogové podobě. ÚHÚL zajišťuje jejich editaci do vektorového datového modelu (v GIS) včetně numerické databáze. Do roku 2010 byla některá PHO v GIS editována jako body, od roku 2010 dochází k postupnému převodu všech PHO na polygony.

Vrstva MZCHU je pro OPRL deklarována ve vyhlášce 83/1996 Sb., ale ÚHÚL ji přejímá ve vektorové podobě včetně databáze od AOPK, která ji připravuje v souladu se zákonem 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny ve znění pozdějších předpisů. MZCHÚ jsou na území Česka zastoupena národními přírodními rezervacemi (NPR), přírodními rezervacemi (PR), národními přírodními památkami (NPP) a přírodními památkami (PP). MZCHÚ mohou být vymezována uvnitř VZCHÚ nebo mimo ně. Zpravidla tvoří biocentra ÚSES a jsou integrována i do soustavy NATURA 2000.

Vrstva PUDOOCHRAN reprezentuje území, kde les snižuje riziko eroze půdního krytu. Metodika její tvorby není jednotná. Půdoochranné lesy byly vymezovány jednak na základě výskytů exponovaných lesních typů nebo na základě kategorizace

lesů. První přístup byl interpretován jako potenciál půdoochranné funkce, druhý přístup jako situace reálného zájmu o respektování půdoochranné funkce.

Vrstva BULDOZERKA byla vytvořena digitalizací výsledků terénních typologických průzkumů v oblastech sanací velkoplošných imisních holin. Vrstva poddolovaných území je přejímána z registru poddolovaných území Geofondu MŽP. Vrstva obsahuje data o poddolovaných územích, dobývacích prostorách a chráněných ložiskových územích.

Vrstva GENO je vytvářena v souladu s ustanoveními zákona č. 149/2003 Sb. o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin. Genové základny jsou zařazovány do kategorie lesů zvláštního určení. Představují územně souvislý komplex původních lesů nebo lesů s významným podílem cenných regionálních populací dřevin o rozloze, která dostačuje k udržení biologické různorodosti populace.

Vrstva SNNA znázorňuje plochy lesa poškozené sněhem a námrazou, projevující se vrškovými zlomy.

Vrstva VEPO znázorňuje plochy lesa poškozené větrnými polomy (výskyty vrškových, korunových a kmenových zlomů). Obě vrstvy byly do roku 2010 vytvářeny z informací od majitelů lesa o rozloze více než 500 ha, které byly doplňovány při terénních šetřeních. Pro potřebu charakteristik ZOL byly vybrány pouze záznamy o plochách lesa poškozených sněhem nebo větrem více než z 70 %.

Zobecnění výsledků modelování zón ohrožení lesů

Výsledky modelování zón ohrožení lesů byly zobecněny pro získání poznatku o charakteru zastoupení ZOL v dílčích jednotkách území Česka. Zobecnění bylo řešeno v rozsahu biogeografických regionů a umožnilo klasifikovat zobecněný stav lesních a nelesních ekosystémů pomocí nalezení podobných hodnot klasifikace trvalých abiotických predispozic ZOL a míry celistvosti hlavních skupin biotopů.

Charakter zastoupení ZOL v bioregionech Česka byl vyjádřen indexem skladby ZOL (u_{ZOL}) a indexem váženého zastoupení ZOL (v_{ZOL}). Tyto indexy byly vypočítány na základě znalostí zastoupení zón v lesích a v bezlesí jednotlivých bioregionů na území Česka. Jejich stanovení zahrnovalo transformaci přirozených intervalů hodnot ZOL do uzavřeného spojitého intervalu 0–5 (m_5) nebo 0–7 (m_7). Likertovým škálováním a klasifikací (Finstad, 2010). Rozsah Likertova škálování zobecnil skladbu ZOL v bioregionu do jednorozměrného intervalu relativních hodnot, potenciálně kompatibilního se semikvantitativními aspekty krajiny (Trochim, 2000).

Klasifikace indexů rozčlenila relativní hodnoty m do nominální stupnice. Soustava bioregionů na území Česka představuje přirozené členění přírody, které vymezuje regionální matrice ekologických sítí

biocenter a biokoridorů a specifika jejich ochrany ve vazbě na trvale udržitelný management ekosystémů. Bioregiony jsou základními územními jednotkami pro integraci ochrany přírody a přírodě blízkého lesnictví (Smith et al., 2011). Lesy přirozeně pokrývaly přes 98 % území ČR. Vůdčími přirozenými společenstvy bioregionů na území hercynské, západokarpatské a polonské podprovincie jsou středoevropské listnaté a smíšené lesy, zatímco vůdčími společenstvy bioregionů zasahující severopanonské podprovincie jsou mozaiky panonských nivních lesů, křovin a lesostepí (Culek, 2013). Zonace aktuálního rozsahu lesů vymezily predispozice k chřadnutí, zatímco na území bez zachovaných lesů vymezily potenciální rizika jejich ekologické obnovy (Prach, 2006).

Index u_{ZOL} vyjádřil míru podobnosti různých ZOL v bioregionu pomocí poměru rozdílu klasifikace dominantní a kodominantní zóny s klasifikací minoritní zóny. V bioregionech se zastoupením nejmeně tří ZOL byl jejich poměr byl vypočítán pomocí základního indexu ($IZOL$) z rozdílu mezi hodnotou dominantní ZOL (ZOL_d) a kodominantní ZOL (ZOL_k) v poměru k hodnotě minoritní zóny (ZOL_m):

$$IZOL = \frac{ZOL_d + ZOL_k}{ZOL_m}$$

V bioregionech se zastoupením maximálně dvou ZOL byl $IZOL$ vypočítán diferencovaně podle toho, zda se v bioregionu kromě ZOL_d vyskytovala rovněž ZOL_k nebo ZOL_m . ZOL_k byla rozlišena tehdy, když zahrnula >50 % rozlohy ZOL_d . ZOL_m byla rozlišena tehdy, když zahrnula <50 % rozlohy ZOL_d . Tyto odlišné situace zastoupení dvou nebo jen jedné zóny v bioregionu podmiňovaly diferenciaci vzorce $IZOL$ do alternativních funkcí $f(ZOL)$:

$$IZOL = f(ZOL) = \begin{cases} ZOL_k = 0 \rightarrow e^{\frac{ZOL_d}{ZOL_m}} \\ ZOL_m = 0 \rightarrow \ln(ZOL_d + ZOL_k) \\ ZOL_k = 0 \wedge ZOL_m = 0 \rightarrow ZOL_d \end{cases}$$

V bioregionech s výhradním zastoupením pouze jedné ZOL bylo odvození $IZOL$ ztotožněno s hodnotou ZOL_d . V bioregionech pouze se ZOL_d a ZOL_k byla nepřítomnost ZOL_m nahrazena stanovením $e^{ZOL}=1$. Transformace $IZOL$ do u_{ZOL} byla provedena pomocí vztahu:

$$u_{ZOL} = \frac{IZOL + IZOL_{\min}}{IZOL_{\max} - IZOL_{\min}} \cdot m_5$$

Klasifikace u_{ZOL} do pětiúrovňové stupnice byla provedena prahováním histogramu (obr. 4). Rozčlenění u_{ZOL} do pětiúrovňové stupnice bylo uzpůsobeno malému počtu bioregionů s hodnotami $u_{ZOL} > 3$ a jejich nesouvislému výskytu. Interpretace tříd u_{ZOL} byla podmíněna hlavními scénáři fuzzy modelování přítomnosti různých zón. Hlavní scénáře byly charakterizovány pomocí konceptu fraktálních struktur krajiny (Krummel et al., 1987).

Interpretace u_{ZOL} závisela buď na matici příznivých růstových podmínek pro lesy s lokálními nepříznivými anomáliemi, nebo na matici nepříznivých růstových podmínek pro lesy s lokálními příznivějšími enklávami (tab. 1).

Index v_{ZOL} vyjádřil střední charakter ekologické zonace růstových podmínek pro lesy v bioregionu pomocí váženého průměru zastoupení ZOL ($VZOL$).

Váhy tvořily podíly rozloh vůdčích a minoritních zón v každém bioregionu (v_{ZOL}):

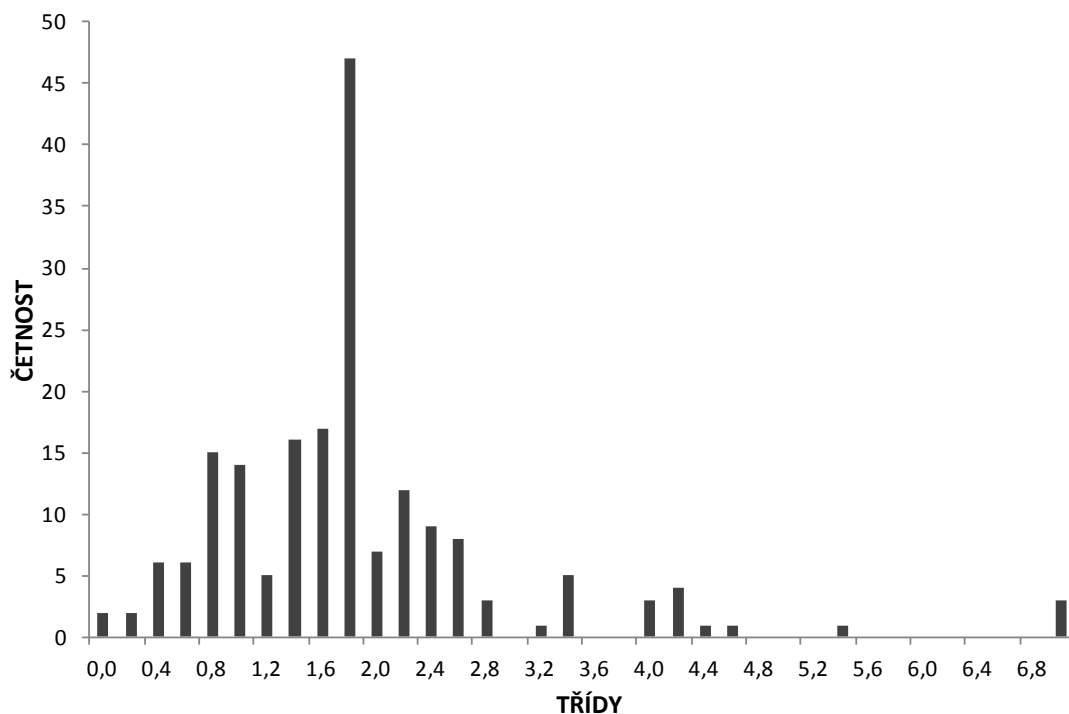
$$VZOL = \frac{\frac{ZOL_d}{PZ_d} + \frac{ZOL_k}{PZ_k}}{e^{\frac{ZOL_m}{PZ_m}}}$$

$$v_{ZOL} = \frac{VZOL + VZOL_{\min}}{VZOL_{\max} - VZOL_{\min}} \cdot m_7$$

Klasifikace stavu lesních a nelesních ekosystémů do sedmiúrovňové stupnice byla provedena Wardovou metodou CLU mezi u_{ZOL} , v_{ZOL} a indexem plochy (P_{sk}) a čtverce obvodu lesů (IPO) (obr. 5 a 6):

$$IPO = \frac{P_{sk}}{o^2}$$

Úspěšnost klasifikace stavu lesních a nelesních ekosystémů v bioregionech byla ověřena diskriminační analýzou (DA). Rozčlenění do sedmiúrovňové stupnice bylo uzpůsobeno základní koncepci Likertova škálování, zaměřené na empirickou míru srovnatelnosti klasifikace odlišných znalostních systémů krajiny (Finstad, 2010). Interpretace klasifikace stavu ekosystémů byla provedena pomocí metaanalýzy středního stupně ekologické stability vegetačního krytu (Culek et al. 2005) a jeho IPO (Krummel et al., 1987) v jednotlivých bioregionech (tab. 2).



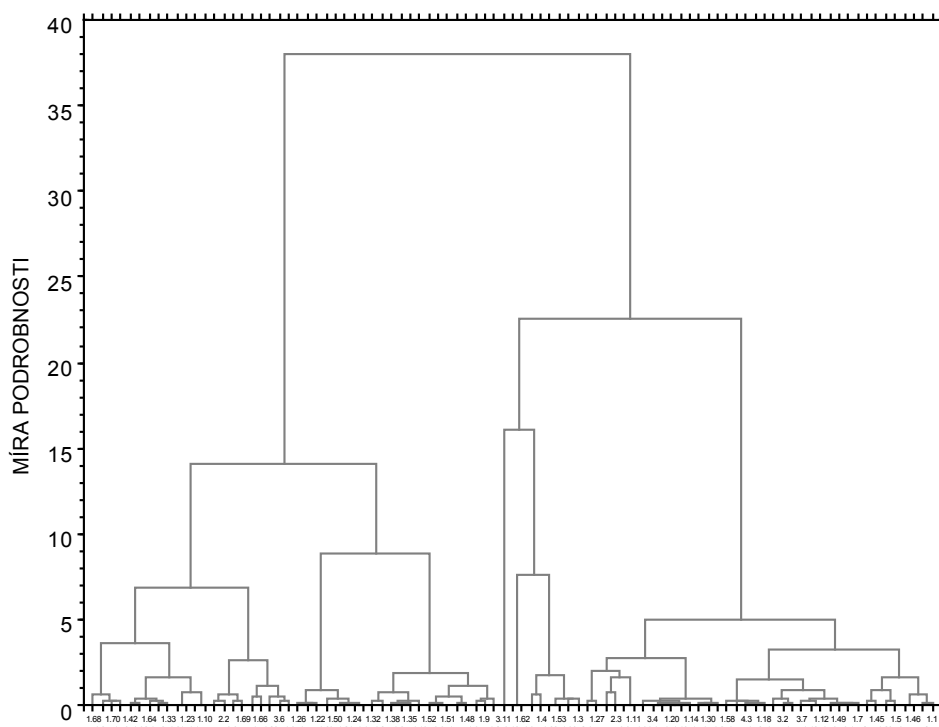
Obr. 4 Rozložení četností indexů výskytu zón ohrožení lesů na území biogeografických regionů České republiky.

Tab. 1 Klasifikace indexu skladby zón ohrožení lesů v biogeografických regionech na území České republiky.

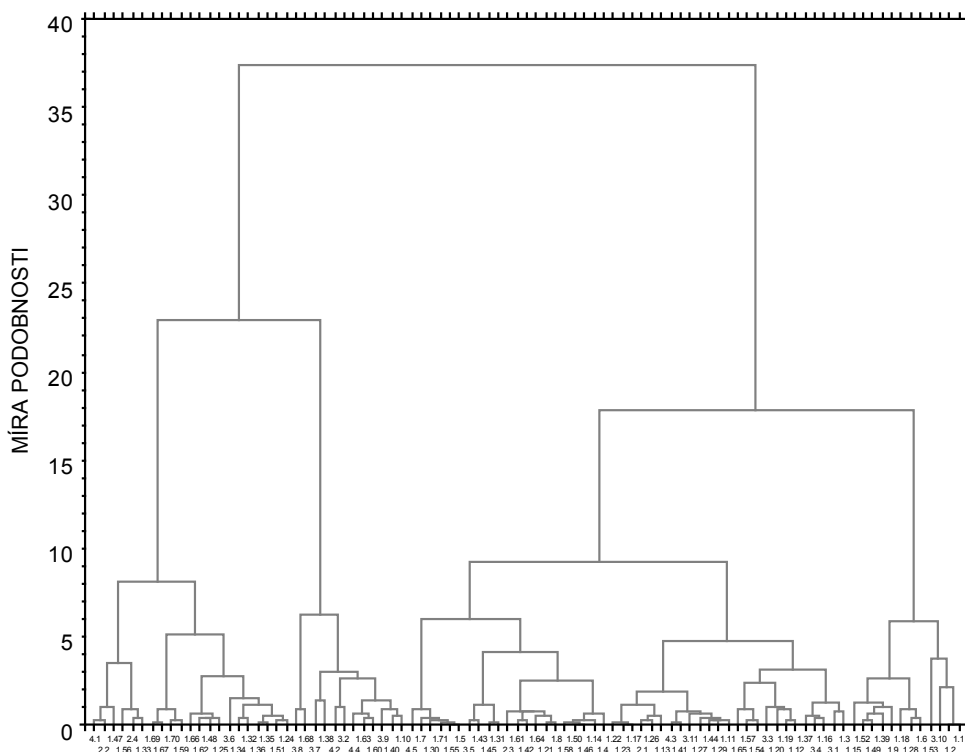
Index	Interval u_{ZOL}	Charakteristika	Přítomnost příznivých podmínek	Přítomnost nepříznivých podmínek
1	0,00–0,69	Dominantně nepříznivé růstové podmínky lesů	Exponovaná stanoviště s vyvinutými krajními ekologickými gradienty	Výskyt zón středního až velmi silného ohrožení lesů
2	0,70–1,29	Bodově nepříznivé růstové podmínky lesů	Dominantní převážně optimální podmínky na souvislých plochách	Ojedinelý výskyt podmínek místně exponovaných od okolí, kde lokálně může být situována zóna středního až velmi silného ohrožení lesů
3	1,30–2,09	Dominantně příznivé růstové podmínky lesů	Souvislý výskyt převážně optimálních podmínek s dominantní zónou slabého ohrožení lesů	Lokální až souvislý výskyt zóny mírného ohrožení lesů
4	2,10–2,99	Mírně nepříznivé růstové podmínky lesů	Nesouvisle rozšířené převážně optimální podmínky	Relativně více zastoupené zóny slabého až mírného ohrožení; bodový výskyt zón středního až silného ohrožení
5	3,00–7,00	Pestré růstové podmínky lesů	Široká škála azonálních až extrazonálních podmínek	Výškově podmíněný výskyt většiny zón ohrožení lesů

Tab. 2 Klasifikace indexu váženého zastoupení zón ohrožení lesů v biogeografických regionech na území ČR.

Index	Charakteristika	Lesní ekosystémy	Bezlesí
1	Plošně borealizované ekosystémy	Silně ohrožené souvislé horské kulturní lesy	Ruderální ekosystémy a velkoplošné intenzivní agroekosystémy
2	Částečně borealizované ekosystémy	Středně ohrožené souvislé středohorské kulturní lesy	Intenzivní pahorkatinné agroekosystémy
3	Plošně přeměněné ekosystémy	Mírně ohrožené souvislé středohorské lesy	Extenzivně využívané nivy
4	Částečně fragmentované ekosystémy	Slabě ohrožené fragmentované lesy	Maloplošná pole, louky a zarůstající lada
5	Výrazně fragmentované ekosystémy	Výrazně fragmentované až minimalizované kulturní lesy	Extenzivní agroekosystémy
6	Diferencovaně harmonická krajina	Výškově podmíněné ohrožení polopřirozených nebo přeměněných lesů	Extenzivní horské bezlesí
7	Plošně harmonická krajina	Neohrožované polokulturní lesy	Nesouvislé převážně extenzivní bezlesí



Obr. 5 Shluková analýza zobecněné ekologické zonace lesů v biogeografických regionech České republiky.



Obr. 6 Shluková analýza zobecněné ekologické zonace bezlesí v biogeografických regionech České republiky.

4. CHARAKTERISTIKA ZÓN OHROŽENÍ LESŮ

Diferenciace zón ohrožení lesů v krajíně České republiky

Na území ČR se vyskytuje sedm zón ohrožení lesů. Každá ZOL se vyznačuje svéráznou kombinací střednědobě působících elementárních prediktorů normálových jarních teplot (T_j), normálových mimo-vegetačních teplot (T_m), normálových podzimních úhrnů atmosférických srážek (R_p), normálových úhrnů atmosférických srážek ve vegetačním období (R_v), průměrné roční depozice oxidovaných forem dusíku (NO_y), průměrné roční depozice redukovaných forem dusíku (NH_y), půdní bazické saturace (BS), celkového nesilikátového obsahu hořčíku (MgO) a OIGR. Tyto prediktory statisticky významně korespondují se souhrnnými vlastnostmi stavu lesa hektarovou zásobou porostů (V_{ha}), obsahem uhlíku v nadložním humusu (C_{org}), humusovou bazickou saturací (BS_{humus}), poměrem Bc/Al , MgO v nadložním humusu a NDVI.

Geomorfologická členitost ČR podstatně rozčleňuje působení jednotlivých prediktorů na stav lesů. Mezi teplotními charakteristikami ZOL je důležitý průběh zimních teplot (zejména pak výskyt mimořádně chladných zim), střídání protichůdnými riziky z průběhu jarních teplot. V jarním období

hrozí pozdní mrazy stejně jako výskyty neobvykle vysokých teplot s nebezpečím přísušků. Mezi srážkovými charakteristikami ZOL se neobvykle projeví podzimní úhrny srážek, naznačující nebezpečné působení mokrého sněhu, ledovky a námrazy. Rizika přísušků při nedostatku srážek a zvýšeném výparu při vyšších teplotách vyplynuly z rozpoznání R_v jako vlivného činitele. Nepříznivý teplotní i srážkový vývoj dokáže výrazně ovlivnit škodlivost depozice dusíku v ekosystémech. Vysoké hodnoty depozice dusíku jsou spjaty s náchylností lesů zejména vůči mrazu. Spoluúčast půdního prostředí na predispozicích lesů vůči chřadnutí se může projevovat zpravidla jen na velmi chudých stanovištích, kde BS je dlouhodobě menší než 10 % a celkový obsah MgO je menší než 2 g/kg.

V málo členitých územích ČR se nacházejí podmínky pro vymezení menšího počtu ZOL, v členitých územích se nacházejí podmínky pro vymezení většího počtu ZOL. Zóny s relativně optimálními růstovými podmínkami pro lesy jsou lokalizovány v nížinných až pahorkatinných polohách. Zóny nejsilnějšího ohrožení lesů jsou lokalizovány většinou v horských systémech ČR. Nejsou omezeny jen na vrcholové části pohoří, ale odpovídají většinou

celým hlavním hornatinám včetně místních údolí. Nejkratší gradienty přechodů ZOL se nacházejí ve Slavkovském lese, jižních Krušných horách a v Hrubém Jeseníku. Oblasti středočeských a západočeských pahorkatin, Českého středohoří, Podbeskydské pahorkatiny i Nízkého Jeseníku se jeví jako velmi homogenní. V Polabí, Poohří i úvalech v Moravské bráně převažují zóny s nejpříznivějšími růstovými podmínkami pro přirozené a přírodě blízké lesy. Naopak oblasti Českomoravské vrchoviny, Svitavské, Českotřebovské a Podorlické vrchoviny, Chřibů, severočeských pískovcových vrchovin a Podkrkonoší se vzhledem k okolí jeví s mírně vyšším ohrožením lesů. Výrazné horské masívy Vnějších Západních Karpat, Hrubého Jeseníku, Orlických hor, severozápadní Šumavy, Krušných hor, Jizerských hor a Krkonoš nabízejí nejméně příznivé růstové podmínky.

Stav lesů ve vymezených zónách ohrožení lesů

Zóna velmi silného ohrožení lesů

Zóna velmi silného ohrožení lesů zahrnuje horské kyselé až podmačené lesy včetně klečového stupně a horských rašelinišť. Byla vymezena ve vrcholových polohách krkonoško-jesenické soustavy, Krušných hor, Šumavy a Kladska. Zóna velmi silného ohrožení lesů pokrývá 1,14 % rozlohy státu. Její lesnatost přesahuje 90 %. Vyskytuje se zde přes 20 % lesů s významným půdoochranným potenciálem, více než 10 % lesů je poškozeno sněhem a námrazou, více než 5 % je poškozeno větrem a na 10 % rozlohy se vyskytují MZCHÚ (tab. 3). Vyskytují se zde jedny z největších úrovní CPKD. BS v lesních půdách je výrazně nižší oproti zónám se středním, mírným a slabým ohrožením lesů.

Zóna silného ohrožení lesů

Zóna silného ohrožení lesů zahrnuje převážně podhorské až horské polohy pod horní hranicí lesa, kde často obklopuje území zóny velmi silného ohrožení. Vyskytuje se i v nejvyšších částech Děčínské a Frýdlantské pahorkatiny a ve vrcholových částech Moravskoslezských Beskyd. Zóna silného ohrožení lesů pokrývá 1,87 % rozlohy České republiky. Její lesnatost dosahuje přes 80 %. Vyskytuje se zde již méně než 10 % lesů s významným půdoochranným potenciálem, více než 10 % lesů je poškozeno sněhem a námrazou, více než 5 % je poškozeno větrem a na více než 5 % rozlohy zóny se vyskytují MZCHÚ. Na více než 3 % rozlohy lesů se vyskytují genové základny.

Zóna středního ohrožení lesů

Zóna středního ohrožení lesů zahrnuje převážně podhorské polohy na okrajích horských celků nebo výrazných izolovaných terénních vyvýšenin převážně na nebo v kontaktu s mimořádně nepříznivými stanovišti. Hlavní výskyt zóny středního ohrožení lesů je roztroušený v Děčínské vrchovině, Lužických horách, Podještědí, Ralsku, Kokořínsku a ve středních částech Moravskoslezských Beskyd. Pokrývá 2,19 % rozlohy státu a její lesnatost přesahuje 70 % České republiky. Méně než 10 % lesů má významný půdoochranný potenciál, je poškozeno sněhem a námrazou a méně než 5 % lesů je poškozeno větrem. Více než 2,5 % rozlohy lesů představují genové základny, ale již méně než 5 % rozlohy zóny představují MZCHÚ. Díky vazbě na pískovce a jejich svahoviny zejména v severočeských lokalitách výskytu v této zóně dominují přirozená borová stanoviště.

Tab. 3 Stav lesů v jednotlivých zónách ohrožení na území České republiky (%).

1 – velmi silné ohrožení; 2 – silné ohrožení; 3 – střední ohrožení; 4 – mírné ohrožení; 5 – slabé ohrožení;
6 – pahorkatinné zonální podmínky; 7 – nívné podmínky.

Vlastnost	1	2	3	4	5	6	7
Zastoupení ZOL	1,14	1,87	2,19	8,81	23,66	48,65	13,67
Lesnatost	94,17	84,90	73,59	60,12	41,10	28,20	9,35
Celostátní podíl lesů	3,14	4,63	4,69	15,45	28,36	40,00	3,73
PUDOOCHRAN	22,35	8,32	9,29	8,38	5,38	5,10	5,58
BULDOZERKA	0,98	1,50	0,73	0,16	0,04	0,03	0,09
Poddolování	6,40	5,22	3,50	3,83	6,40	9,92	9,55
SNNA	19,90	14,45	7,89	7,92	5,25	1,54	0,44
VEPO	7,41	5,14	2,55	2,78	3,73	2,91	1,36
PHO 1	0,46	0,53	0,49	0,54	0,40	0,77	1,22
Genové základny	1,51	3,14	2,54	3,61	1,71	1,05	0,95
MZCHÚ	11,64	7,82	4,35	3,89	3,35	3,25	8,49

Zóna mírného ohrožení lesů

Zóna mírného ohrožení lesů zahrnuje převážně pahorkatinné až vrchovinné polohy, včetně azonálních borů v okrajových částech hlavních horských systémů. Tato zóna pokrývá zejména úpatí krkonošsko-jesenické soustavy, Krušných hor, Šumavy, většinu Severočeské pískovcové vrchoviny (Ralské pahorkatiny, Jičínské pahorkatiny a Jizerské tabule), Žďárských vrchů, Javoříčskou, Křemešnickou a Svitavskou pahorkatinu a Vnější Západní Karpaty (izolované Bílé Karpaty a dále od Vizovických vrchů po Slezské Beskydy). Pokrývá 8,81 % rozlohy státu a její lesnatost přesahuje 60 %. Zóna mírného ohrožení lesů většinou zahrnuje podobné znaky abiotického poškození a funkcí lesů jako zóna středního ohrožení, ale odlišuje se od ní především dominancí neexponovaných stanovišť a zonálních půd.

Zóna slabého ohrožení lesů

Zóna slabého ohrožení lesů zahrnuje reliéfy členitých pahorkatin až plochých vrchovin v nejnižších polohách Šumavy, Slavkovského lesa a Krušných hor. Významně pokrývá Šluknovský a Frýdlantský výběžek, východní Podkrkonoší, Českomoravskou vrchovinu, Chřiby, většinu Bílých Karpat, Hornomoravskou vrchovinu, vyšší polohy Železných hor, Zábřežskou vrchovinu, severovýchodní Předhoří Hrubého Jeseníku a Těšínskou pahorkatinu. Pokrývá 23,66 % rozlohy státu a její lesnatost přesahuje 40 %. Ve významnosti funkčních potenciálů lesů, zastoupení hlavních leso-typologických jednotek a abiotického poškození porostů se podobá zónám středního a mírného ohrožení lesů.

Zóna pahorkatinných zonálních stanovišť bez ohrožení lesů

Zóna pahorkatinných zonálních stanovišť představuje území bez ohrožení lesů a zahrnuje biogeograficky nejreprezentativnější podmínky hercynské podprovincie až po Karpatskou předhlubeň v polohách plochých pahorkatin. Téměř souvisle se vyskytuje v západních Čechách, středočeských pahorkatinách, v Českém středohoří, Jevišovské a Kyjovské pahorkatině, Křižanovské a Bobravské vrchovině, v Nížkém Jeseníku a v západní polovině Podbeskydské pahorkatiny. V Česku je územně nejvýznamnější, pokrývá přes 48 % území státu. Má lesnatost 28,2 %. Mezi její charakteristické znaky patří dominance dubo-bukového až bukového lesního vegetačního stupně na půdách převážně živné, kyselé a oglejené ekologické řady.

Zóna nivních stanovišť bez ohrožení lesů

Zóna nivních stanovišť představuje území bez ohrožení lesů a je lokalizována zejména do nížinných

poloh a na okraje pahorkatin, kde se významně vyskytují i azonální edafické kategorie. Charakteristická jsou velkoplošná lužní stanoviště. Pokrývá 13,67 % rozlohy státu. Její lesnatost dosahuje jen 9 %, ale s největším podílem přirozených lesů. Škody sněhem a námrazou zde jsou známy u méně než 1 % lesů. Podíl MZCHÚ dosahuje 8,5 %. Zóna nivních stanovišť zaujímá nejteplejší a nejsušší oblasti v ČR. BS lesních půd je významně vyšší vzhledem k zónám 1–5 a i minima poměru Bc/Al jsou > 1. Lesní půdy v nivní zóně na území Česka jsou významně odolné vůči acidifikaci.

Zastoupení zón ohrožení lesů v bioregionech

V různých velkoplošně vymezených zónách se charakteristicky vyskytují i plošně menší anomálie se zřetelně horšími podmínkami než v okolí. Mezi maloplošná ohniska s relativně více až výrazně horšími růstovými podmínkami pro některé lesní porosty patří přední hory Beskyd, Ondřejník, Palkovické hůrky, Žďárské vrchy, Zelený kopec na východě Dražanské vrchoviny, plošina Javoříčské vrchoviny, Čertův hrádek a Huťský vrch v Křemešnické vrchovině, Kokořínsko, Ještěd, Lužické hory, Děčínská vrchovina, Kladsko, Trojmezí hora a Vítkův kámen na Šumavě.

Skladba ZOL má v bioregionech ČR potenciální trend od dominance nepříznivých zón s minoritními příznivějšími zónami v územích s dominantně nepříznivými růstovými podmínkami lesů po dominantně mírně až jednoznačně příznivých zón s minoritními nepříznivými zónami v územích s dominantně příznivými nebo pestrými růstovými podmínkami lesů (tab. 4). Zalesněná území se vyznačují větším intervalem dominantních i minoritních zón než bezlesí. Lesy v územích dominantně nebo bodově nepříznivých podmínek výrazně více pokrývají horší skladbu zón než bezlesí. Příznivější skladbu zón pokrývají méně než ve 30 % bioregionů. Bioregiony s dominantně příznivými růstovými podmínkami nebo s pestrými podmínkami mají vyrovnanou skladbu zón v lesích i bezlesí. Bioregiony s nesouvisle příznivými růstovými podmínkami se vyznačují sice převažující stejnou skladbou zón v lesích i bezlesí, ale příznivější skladba zón v lesích relativně převažuje nad nepříznivou. Příznivější skladba zón v lesích se vyskytuje u více než 30 % bioregionů s nesouvisle příznivými růstovými podmínkami (tab. 5).

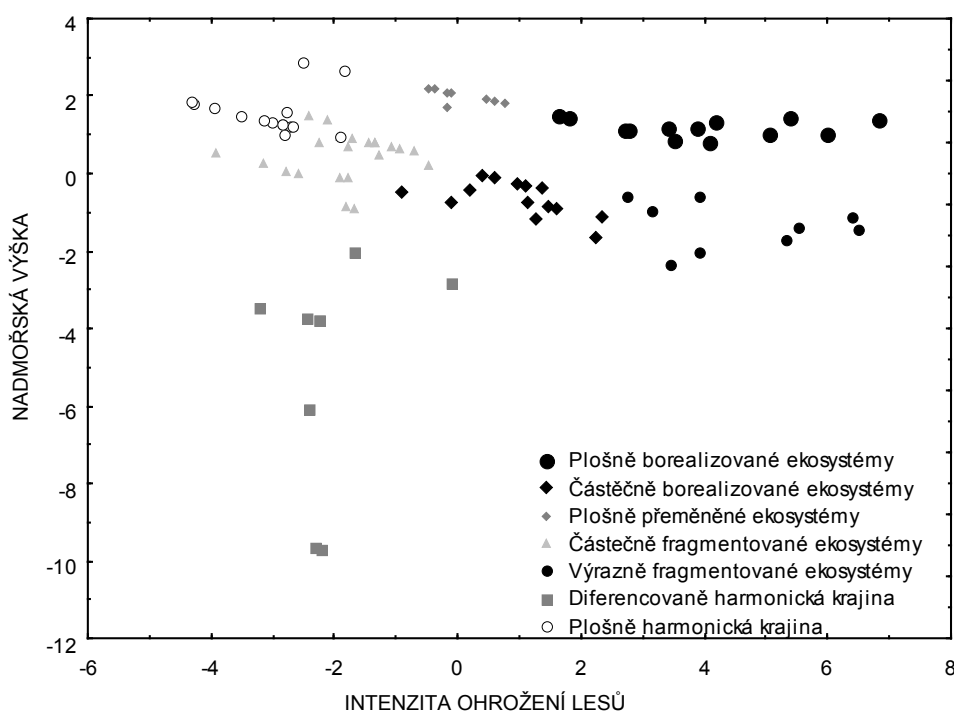
Zastoupení ZOL je v zalesněných částech bioregionů podobnější mozaice matrice a mnoha plošek než v odlesněných částech. Charakter výskytu ZOL v lesích a bezlesí je shodný ve 35 bioregionech (38,5 %). Z nich 80 % se vyznačuje dominantními příznivými růstovými podmínkami. Pestré růstové podmínky se v žádném bioregionu nevyskytují shodně v lesích i bezlesí. Vážené zastoupení ZOL v lesích

a bezlesí je shodné ve 13 bioregionech (14,3 %), ale pouze Branžovský a Bělokarpatký bioregion se zároveň vyznačují shodným zastoupením a výskytem ZOL v lesích i bezlesí. Shoda váženého zastoupení ZOL v lesích a bezlesí není spjata s harmonickou kulturní krajinou. Dominantní zóny zalesněných částí bioregionů mají zastoupení > 50 %, kodominantní zóny mají zastoupení < 30 % a minoritní většinou < 10 %, zatímco v odlesněných částech bioregionů mají dominantní zóny zastoupení zpravidla > 60 % a kodominantní < 35 %. Index v_{ZOL} v lesích vymezil oblasti intenzivně přeměněných a fragmentovaných lesů a oblasti nefragmentovaných lesů. V bezlesí v_{ZOL} vymezil intenzivní a extenzivní využívání krajiny. Lesy zůstaly zachovány více v ekologicky pestřejších podmínkách, jsou ale většinou vystaveny výrazně více horším predispozicím s výjimkou bioregionů s plošně borealizovanými ekosystémy.

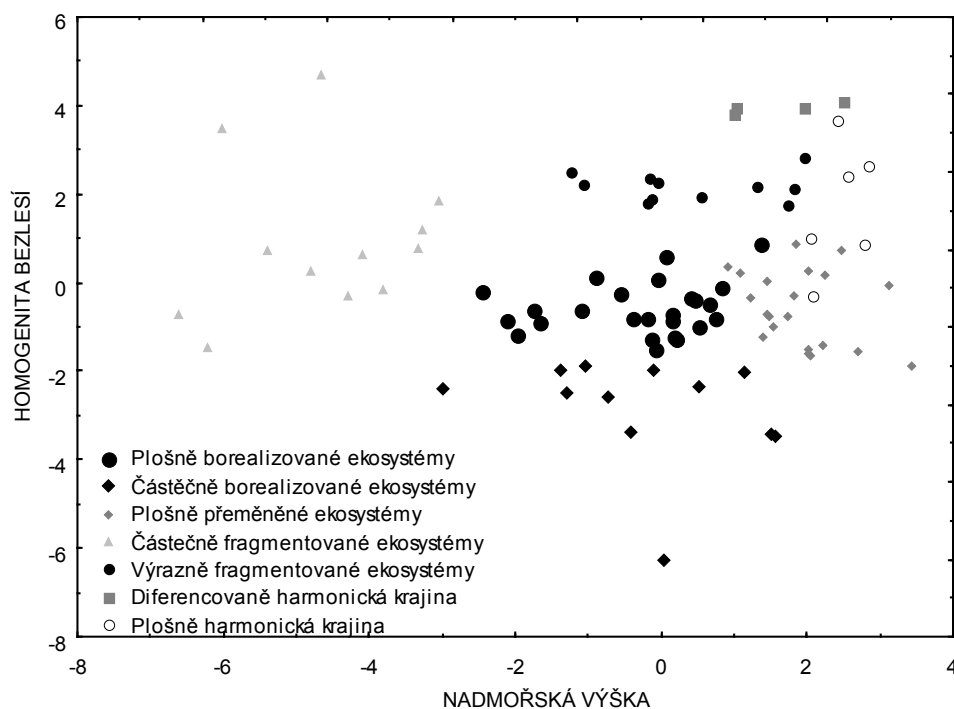
Diferenciace kulturní krajiny byla výrazně podmíněna přístupností terénu a nadmořskou výškou. Zastoupení zón ohrožení lesů má separabilitu většinou > 80 %. Zastoupení zón ohrožení potenciálních lesních ekosystémů v bezlesí je dobře vymežitelné pomocí kanonických kořenů homogenity bezlesí a nadmořské výšky. Pouze částečná borealizace je relativně méně spolehlivě vymežitelná (tab. 6). Míra fragmentace suchozemských ekosystémů je přímo závislá na nadmořské výšce. Intenzita přeměn lesů koresponduje s intenzitou ohrožení lesů. Lesy v neohrožené harmonické krajině tvoří protipól vysoce ohroženým fragmentovaným nebo borealizovaným

lesům (obr. 7). Zatímco zastoupení ZOL závisí na heterogenitě reliéfu, zastoupení zón ohrožení potenciálních lesních ekosystémů v bezlesí nezávisí na reliéfu. Homogenita bezlesí i přístupnost reliéfu korespondují s částečnou přeměnou ekosystémů. Plošně zachované ekosystémy a naopak přeměněné ekosystémy se na území ČR vyskytují v podobných nadmořských výškách. Výskyt plošně borealizovaných ekosystémů je nejméně podmíněn homogenitou bezlesí i nadmořskou výškou (obr. 8).

Analýza zastoupení ZOL vyžaduje znalostní bázi zastoupení přirozených společenstev, bez jejichž zohlednění může interpretace tohoto modelu vést k protichůdným závěrům. Lesnaté MZCHÚ v ČR zaujímají 740 km², zatímco nelesní MZCHÚ nebo jejich části zaujímají 230 km². Více než 733 km² (75,6 %) MZCHÚ je soustředěno v zóně mírného ohrožení lesů až úvalových polohách. Největší rozlohy MZCHÚ se sice nacházejí v plošně nejrozsáhlejší zóně pahorkatinných poloh, nicméně NPR a PR jsou rovněž významně zastoupeny v zóně mírného ohrožení lesů a NPR mají významný výskyt i v zóně velmi silného ohrožení lesů (tab. 7). Mírně vyšší hodnoty IPO se vyskytují v pahorkatinných bioregionech s fragmentovanými ekosystémy. Bezlesí má sice nepřímou úměru s KES, ale KES nevyjádřil druhovou skladbu lesů (tab. 8). Díky tomuto jevu průměrně vyšší hodnoty KES korespondují s borealizovanými vrchovinými až horskými lesy. Ve stejných oblastech se současně vyskytují i nepříznivé zóny ohrožení lesů a významné zastoupení MZCHÚ.



Obr. 7 Diskriminační analýza váženého zastoupení zón ohrožení lesů v biogeografických regionech na území ČR.



Obr. 8 Diskriminační analýza váženého zastoupení zón ohrožení potenciálních lesních ekosystémů v bezlesí biogeografických regionů na území České republiky.

Tab. 4 Přítomnost zón ohrožení lesů a potenciálních lesních ekosystémů v bezlesí a míra jejich podobnosti v oblastech s různým indexem výskytu ohrožení.

Index	Lesní ekosystémy			Bezlesí			Korespondence les-bezlesí (%)		
	ZOL _d	ZOL _k	ZOL _m	ZOL _d	ZOL _k	ZOL _m	nepříznivá	odpovídající	příznivá
1	1–5	2–3	5–7	1–5	1–4	6–7	71,43	-	28,57
2	(1)4–7	4–7	(2)5–7	4–7	3–7	5–7	62,86	22,86	14,29
3	4–7	3–7	2–5	5–7	4–7	3–6	47,73	52,27	-
4	4–6	5–7	2–3	3–7	3–7	2–3	16,67	50,00	33,33
5	4–5	4–5	1	(3–4)6–7	4–7	1–2	50,00	50,00	-

Tab. 5 Průměrné zastoupení charakteristických zón ohrožení lesů a v bezlesí a míra jejich podobnosti v oblastech s různým indexem váženého ohrožení.

Index	Lesní ekosystémy			Bezlesí			Korespondence les-bezlesí (%)		
	ZOL _d	ZOL _k	ZOL _m	ZOL _d	ZOL _k	ZOL _m	nepříznivá	odpovídající	příznivá
1	57,92	22,58	6,28	69,42	23,39	1,20	42,86	57,14	-
2	64,91	28,41	14,08	60,97	29,31	0,01	80,95	9,52	9,52
3	73,79	18,01	2,74	71,70	26,38	3,57	100,00	-	-
4	71,00	24,57	3,67	62,14	29,30	8,63	78,57	21,43	-
5	54,94	37,93	36,55	59,55	25,40	3,28	81,82	-	18,18
6	57,94	34,54	9,48	31,82	22,55	0,70	92,31	-	7,69
7	79,31	18,38	1,05	65,12	34,88	34,88	100,00	-	-

Tab. 6 Funkce diskriminační analýzy klasifikace váženého zastoupení zón ohrožení lesů a potenciálních lesních ekosystémů v bezlesí na území České republiky.

Skupina ekosystémů	Charakteristika indexu	Separabilita (%)	u_{zOL}	v_{zOL}	<i>IPO</i>
Lesní	Plošně borealizované ekosystémy	84,62	-5,86	-9,64	2,14
	Částečně borealizované ekosystémy	92,86	0,56	-3,22	0,45
	Plošně přeměněné ekosystémy	100,00	-4,45	1,69	-0,24
	Částečně fragmentované ekosystémy	91,30	0,36	5,52	-1,25
	Výrazně fragmentované ekosystémy	88,89	-0,85	-13,63	2,76
	Diferencovaně harmonická krajina	77,78	12,25	1,20	-0,19
	Plošně harmonická krajina	86,67	-1,14	9,76	-1,92
Nelesní	Plošně borealizované ekosystémy	96,00	1,59	0,05	0,59
	Částečně borealizované ekosystémy	75,00	1,44	5,46	0,63
	Plošně přeměněné ekosystémy	100,00	1,18	-0,88	-4,60
	Částečně fragmentované ekosystémy	100,00	0,35	0,36	10,83
	Výrazně fragmentované ekosystémy	100,00	-2,58	-2,85	-0,84
	Diferencovaně harmonická krajina	100,00	-6,17	-4,32	-3,42
	Plošně harmonická krajina	100,00	-5,51	-0,25	-5,33

Tab. 7 Zastoupení maloplošných zvláště chráněných území (MZCHÚ) v zónách ohrožení lesů na území ČR (%).
1 – velmi silné ohrožení; 2 – silné ohrožení; 3 – střední ohrožení; 4 – mírné ohrožení; 5 – slabé ohrožení;
6 – pahorkatinné zonální podmínky; 7 – nívní podmínky; NPR – národní přírodní rezervace; PR – přírodní rezervace;
NPP – národní přírodní památka; PP – přírodní památka.

Ekosystém	MZCHÚ	1	2	3	4	5	6	7
Lesní	NPR	22,60	13,01	5,80	18,61	9,51	25,82	4,64
	PR	5,91	4,60	8,87	17,42	22,14	35,72	5,33
	NPP	-	3,52	3,86	31,43	32,06	26,37	2,75
	PP	2,71	29,33	3,25	13,14	18,87	26,83	5,87
Nelesní	NPR	3,72	4,59	0,09	8,93	11,16	44,35	27,15
	PR	0,31	1,71	1,62	10,57	27,43	41,10	17,26
	NPP	-	-	0,93	6,76	32,28	32,84	27,19
	PP	1,44	4,06	2,60	9,96	33,75	34,53	13,67
Celkem	NPR	19,92	11,82	4,99	17,24	9,75	28,45	7,83
	PR	4,42	3,83	6,94	15,59	23,55	37,16	8,50
	NPP	-	1,97	2,56	20,53	32,16	29,23	13,55
	PP	2,37	22,70	3,08	12,30	22,78	28,85	7,92

Tab. 8 Průměrné zastoupení skupin hlavních biotopů (%), koeficient ekologické stability (KES) a index plochy a obvodu (IPO) v oblastech s různým indexem váženého ohrožení.

Index	Lesnatost	Orná půda	Louky	Vodní plochy	KES	IPO
1	51,83	25,36	14,14	1,30	7,00	0,01
2	39,83	33,11	14,50	1,30	3,02	0,01
3	36,26	35,71	11,71	2,21	2,09	0,01
4	28,78	47,29	9,57	1,48	1,16	0,02
5	40,54	36,73	9,91	3,06	3,80	0,02
6	32,95	41,54	10,38	1,88	2,61	0,01
7	21,34	50,07	10,57	2,88	1,01	0,01

5. KARTOGRAFICKÝ PROJEKT

Cíle map

Modelování zón ohrožení lesů je požadováno k vymezení trvalých abiotických predispozic ovlivňujících zdravotní stav lesních ekosystémů. Společná kartografické znázornění rozšíření zón ohrožení lesů s bioregiony a maloplošnými zvláště chráněnými územími České republiky na třech tematických mapách bylo provedeno s cílem znázornit základní prostorové vztahy mezi environmetálními stresy a výskytem přirozených společenstev.

Současná lesnatost České republiky dosahuje téměř 34 % (MZe ČR, 2014). Kartografické znázornění zón ohrožení lesů byla přizpůsobena rozdílné kvalitě interpretace fuzzy modelování v lesním prostředí a v bezlesí. Zóny v lesním prostředí indikují přímé predispozice zdravotního stavu lesů, ale v bezlesí indikují pouze potenciální omezení růstových podmínek pro ekologickou obnovu lesů. MZCHÚ představují ve středoevropské kulturní krajině oblasti stimulující přirozené zlepšování zdravotního stavu lesů. Druhovú skladbu lesů v MZCHÚ na území Česka zpravidla koresponduje se semikvantitativními rekonstrukcemi potenciální přirozené vegetace (Samec et al., 2012b). Lesní MZCHÚ v kulturní krajině zastupují refugia přirozené biodiverzity a ekologické stability. Představují přirozenou bázi usměrňování přeměn druhové skladby lesů v souladu s diferenciací predispozic v jednotlivých zónách ohrožení lesů (Purdon et al., 2004).

Mapa *ZÓNY OHROŽENÍ LESŮ ČESKÉ REPUBLIKY: fuzzy modelování depozice dusíku a trvalých vlastností ekotopu* je zaměřena na rozšíření zón ohrožení lesů a jejich interpolaci z lesních půd do bezlesí. Mapa znázorňuje výsledek interpolace a klasifikace fuzzy modelování ekologické zonace lesů na území Česka.

Mapa *RŮSTOVÉ PODMÍNKY LESŮ ČESKÉ REPUBLIKY na základě Likertova škálování výskytu zón ohrožení lesů v biogeografických regionech* je zaměřena na klasifikaci skladby ekologické zonace lesů a bezlesí v jednotkách přirozené ekologické diferenciaci krajiny. Mapa znázorňuje výsledky agregace a klasifikace výskytu zón ohrožení lesů v zobecněných biotopech na území České republiky.

Mapa *STAV EKOSYSTÉMŮ ČESKÉ REPUBLIKY na základě shlukové analýzy zón ohrožení lesů v biogeografických regionech* je zaměřena na klasifikaci korespondence skladby a poměrného zastoupení ekologické zonace lesů a bezlesí v jednotkách přirozené ekologické diferenciaci krajiny. Mapa znázorňuje prostorovou souvislost mezi zastoupením zón ohrožení lesů a fragmentací biotopů na území České republiky.

Názvy a tematické zaměření map

Názvy map zonací ohrožení lesů vycházejí z vyšetřování rozšíření různých měř trvale působících predispozic růstových podmínek lesů. Zjištěné rozšíření predispozic růstových podmínek lesů bylo rozčleněno do biogeografických regionů a maloplošných zvláště chráněných území. Názvy map se skládají z titulů a podtitulů. V titulech jsou uvedeny hlavní kategorie tématu, které byly předmětem modelování, výpočtů a zpracování tématu. V podtitulech jsou uvedeny metody modelování, výpočtů a zpracování tématu.

- *ZÓNY OHROŽENÍ LESŮ ČESKÉ REPUBLIKY: fuzzy modelování depozice dusíku a trvalých vlastností ekotopu*
- *RŮSTOVÉ PODMÍNKY LESŮ ČESKÉ REPUBLIKY na základě Likertova škálování výskytu zón ohrožení lesů v biogeografických regionech*

- *STAV EKOSYSTÉMŮ ČESKÉ REPUBLIKY na základě shlukové analýzy zón ohrožení lesů v biogeografických regionech.*

Tematicky se všechny mapy řadí k syntetickým tematickým mapám vzniklých prostorovou syntézou, konkrétně typizací.

Stanovení měřítka map

Měřítka mapy 1 : 500 000 bylo zvoleno s ohledem na snadnou čitelnost a praktickou využitelnost prezentovaných informací. Zvolené měřítko umožňuje společné znázornění výsledků modelování a analýz s průběhem hranic biogeografických regionů a dostatečně přehledného topografického podkladu. Mapy se řadí standardním měřítkem malých měřítek k velkému množství vědeckých tematických map České republiky, které byly sestavovány od 60. let 20. století jako výsledky geografických výzkumů na univerzitách a vědeckých ústavech.

Kartografické zobrazení

Mapa byla vytvořena v zobrazení UTM v souřadnicovém systému WGS84.

Kompozice map

Mapy obsahují všechny základní kompoziční prvky. Mapové pole vždy zaujímá ústřední prostor mapového listu o rozměru 1 000 × 700 mm. Názvy map jsou rozděleny na tituly a podtituly. Měřítka map je provedeno v grafické i číselné podobě. Legendy map jsou umístěny v pravém horním rohu mapové kompozice a obsahují hodnoty parametrů jednotlivých řešených témat uvedených v názvech map. Tiráž obsahuje všechny nezbytné autorské, sestavitelské a vydavatelské informace.

Nadstavbové kompoziční prvky mapy tvoří textová pole, schémata, tabulky a vedlejší mapy. Textová pole obsahuje vysvětlení nejdůležitějších pojmů, postupy vzniku map, základní údaje o výpočtech a modelech a výčty biogeografických regionů s uvedením jejich identifikátorů. Vedlejší mapy mají vlastní kompozici, rozdělenou podle tematického zaměření obsahu mapy.

Obsah map

Hlavním tematickým obsahem mapy *ZÓNY OHROŽENÍ LESŮ ČESKÉ REPUBLIKY: fuzzy modelování depozice dusíku a trvalých vlastností ekotopu* je zobrazení specifik omezení růstových podmínek lesů synergií depozice dusíku a trvalých vlastností ekotopu na území České republiky. Vedlejšími tematickými obsahem jsou biogeografické regiony s popisem jejich identifikátorů. Topografický podklad tvoří říční síť a hlavní vodní plochy, vybraná sídla se statutem města (hlavní město, krajská města a okresní města) a státní hranice a významné vrcholy.

Tematické obsahy map *RŮSTOVÉ PODMÍNKY LESŮ ČESKÉ REPUBLIKY na základě Likertova škálování výskytu zón ohrožení lesů v biogeografických regionech* a *STAV EKOSYSTÉMŮ ČESKÉ REPUBLIKY na základě shlukové analýzy zón ohrožení lesů v biogeografických regionech* tvoří zobecnění diverzity ZOL v jednotlivých bioregionech a jejich vztah s distribucí MZCHÚ. Zobecnění jsou zaměřeny na klasifikaci rozdílů výskytu různých ZOL a klasifikaci stavu ekosystémů ve fragmentované krajině. Topografický podklad tvoří říční síť a hlavní vodní plochy, vybraná sídla se statutem města (hlavní město, krajská města a okresní města) a státní hranice a významné vrcholy.

Výběr metod zpracování dat a znakový klíč

Pro prezentaci informací v mapě byly použity jednoduché a běžně používané metody tematické kartografie. V hlavní mapě byla pro vyjádření zón ohrožení lesů použita metoda plošných znaků, pro vyjádření hranic biogeografických regionů metody liniových znaků. Znakový klíč všech map byl zvolen s důrazem na uživatelskou srozumitelnost a přehlednost.

Topografický podklad je znázorněn tradičními metodami s ohledem na vžitě kartografické vyjadřovací metody pro jednotlivé jevy (vodstvo, státní hranice, sídla).

Použitá data

Přirozené množiny veličin ve všech analyzovaných sadách měly vždy stejné zdroje. Model zón ohrožení lesů byl sestaven z klimatických veličin, složek kyselé atmosférické depozice, chemických vlastností lesních půd a vlastností DMT. Vlastnosti modelu ZOL byly popsány pomocí vektorových vrstev z grafické databáze OPRL spravované informačním a datovým centrem Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem (ÚHÚL) podle vyhlášky MZe ČR 83/1996 Sb.

Zobecnění zón ohrožení lesů bylo provedeno v prostorových mezích vektorových vrstev hranic lesů/bezlesí spravovaných IDC ÚHÚL, biogeografických regionů a maloplošných zvláště chráněných území spravovaných Agenturou ochrany přírody a krajiny České republiky. Hranice lesů/bezlesí byly převzaty z grafické databáze OPRL, kde rozloha lesů byla zjištěna agregací lesních půd klasifikovaných do lesních typů metodikou lesnické typologie ÚHÚL (Průša, 2001). Tato vrstva rozlohy lesních půd je každoročně aktualizována v rámci uživatelské údržby dat OPRL pracovníky ÚHÚL v rozsahu jednotlivých lesních hospodářských celků, kde je plánována obnova lesního hospodářského plánu podle vyhlášky MZe ČR 84/1996 Sb. Polygony biogeografických regionů tvoří součást přírodních poměrů aplikace

T-MapServer z registru biogeografie jednotného informačního systému o životním prostředí (JISŽP) MŽP ČR (Vlčková, 2014). MZCHÚ tvoří soustavu polygonů v databázi ústředního seznamu ochrany přírody podle vyhlášky MŽP ČR 60/2008 Sb.

Klimatické veličiny byly získány modifikací IDW z hodnot měřených na stanicích Českého hydrometeorologického ústavu (Květoň, 1999). Interpolovány byly normálové sezónní hodnoty z období 1961–1990 a sezónní hodnoty jednotlivých let v období 1999–2008. Složky kyselé atmosférické depozice byly aproximovány základním krigingem z polí monitorovacích stanic spravovaných pracovišti v působnosti MŽP a MZe ČR (Zapletal, 1997, 1998, 2001). Interpolovány byly roční hodnoty 1998, 1999, 2000, 2003 a 2004. Půdní vlastnosti byly aproximovány z průměrných hodnot odpovídajících intervalů

růstových podmínek lesů základního souboru půdních sond z poloprovozních šetření ÚHÚL z let 1971–2008 transformovaných do rasterizovaných překryvů přírodních lesních oblastí a hospodářských souborů (Samec et al., 2012a). Vlastnosti DMT byly vypočítány z 3D projekce vrstevnic základní báze geografických dat ČR v situaci z roku 2007 spravované Českým úřadem zeměměřičským a katastrálním.

Použitá technologie

Pro tvorbu map byly zpracovávány a aktualizovány tematické vrstvy a atributy jednotlivých prvků v prostředí ArcGIS 10 for Desktop. V tomto prostředí byly připraveny i samotné mapové výstupy. Grafická úprava a finální příprava výstupu pro tisk proběhla v programech Adobe Illustrator CS6 a Adobe InDesign CS6.

6. DISKUSE

Ekologické zonace lesů jsou zpravidla zaměřeny na vyjádření prostorových závislostí trvalých stanovištních podmínek. Za trvalé stanovištní podmínky (prediktora) jsou označovány fyzické a zpravidla přirozené činitele, které podmiňují produkci a přirozenou skladbu lesů (Korpeľ, 1989). Do vlivů na stav lesů nebyly zahrnuty žádné socioekonomické aspekty ani změny ve státní lesnické politice. Autoři sestavili model pro vymezení zón ohrožení lesů trvalými abiotickými prediktory na území České republiky, jehož generalizací byly odvozeny modely celkového charakteru růstových podmínek a stavu fragmentovaných ekosystémů v jednotlivých bioregionech. Interpretace celkového charakteru růstových podmínek lesů a bezlesí byla odvozena pomocí neparametrické analýzy skladby nejvíce a nejméně zastoupených zón v lesích a bezlesí jednotlivých boregionů. Interpretace stavu lesních ekosystémů a bezlesí byla založena na vícerozměrném srovnání podobností mezi hodnotami neparametrického indexu skladby ZOL a parametrického indexu váženého zastoupení ZOL s mírou fragmentace biotopů. Nepříznivé růstové podmínky na území Česka zpravidla souvisejí s výskytem borealizovaných ekosystémů, zatímco v příznivých růstových podmínkách zůstaly zachovány větší podíly přirozených ekosystémů i navzdory fragmentaci.

Praktické využití ZOL v lesnictví se soustřeďuje na dva hlavní směry: koncepce monitoringu chřadnutí lesů a přeměny druhové skladby lesů. Během poválečného hospodářského rozvoje se v Československu dále uplatňovalo zavádění smrkových monokultur a současně rychlý rozvoj těžkého průmyslu závislého na využití a spalování

uhlí. Problémy s imisními škodami na smrkových porostech však nezasáhly jen ČSSR, nýbrž celou střední Evropu (Rehfuess, 1985). V ČR se současná druhová skladba zejména hospodářských lesů jeví jako jedna z příčin jejich neuspokojivého stavu (Šindelář, 1995). Hospodářské tlaky na těžby a změny skladby lesů podmiňovaly nejen citlivost současných lesů, ale celkově ovlivnily i jejich dynamiku včetně vztahů s půdou. Narušení vztahů dřevin a půdních mikrobiálních symbióz podpořilo aktivitu saprofytů a patogenů, které sice způsobily rychlejší uvolnění látek poutaných v biomase, ale zároveň bránily jejich opětovnému příjmu další generací (Nilsson et al., 1993). Například hospodářsky motivované rozhodnutí vybudovat na velkoplošných imisních holinách v Krušných horách soustavu valů zasáhlo ekologii lesů více než přímé působení kyselé depozice. Na valech došlo k blokačnímu stádiu sukcese, zatímco přírodě blízké lesy i na exponovaných lokalitách imisní kalamitu přežily (Balcar a Navrátil, 2006). Od úrovně rozdílů v biologické aktivitě půd po změny ekosystémových funkcí v souvislosti se způsoby udržení nebo obnovy ekologické stability a produkce se nepřírozené monokultury chovají hůře než smíšené porosty se stanovištně odpovídající skladbou (Poleno, 1996; Puhe a Ulrich, 2001; Hruška a Cienciala, 2005). Až do odsíření evropských elektráren se koncepty chřadnutí smrku ztepilého orientovaly na působení depozice síry. Dálkový přenos znečištění atmosféry sloučeninami síry byl prvním průmyslovým fenoménem, který globálně postihl ekologii krajiny. Mimo jiné se projevil ve změně chemického složení odtoku povrchových vod nejen v přímé souvislosti se spadem, ale rovněž

kvůli narušení přirozených cyklů rozkladu organické hmoty, tvorby humusu a jejich zpětných vazeb s primární produkcí ekosystému.

Během převažující imisní zátěže evropských lesů sírou se začal nejprve maloplošně (ve Schwarzwaldu) a posléze velkoplošně (od západoevropských variských pohoří po Beskydy) objevovat symptom nedostatečné výživy smrkového jehličí hořčíkem. Jeho projev závisel na přirozené dostupnosti hořčíku z půdního prostředí a na tom, že rychlost jeho vymývání při zrychleném rozkladu organické hmoty a snížené sorpční schopnosti kořenů nebyla stejně rychle vyrovnávána uvolňováním při zvětvávání. V přirozeně kyselém prostředí kyselá depozice dále snižovala poměr Mg/Al v půdním roztoku. Střídání klimatických epizod způsobovalo kolísání symptomů nedostatečné výživy lesů. Během suchých let 1975/1976 a 1981–1984 se výživa hořčíkem zhoršovala a naopak zdánlivě se zlepšovala během vlhkých let v mezidobí 1986–1988 (Roberts et al., 1989). V Krkonoších se během vrcholícího imisního zatížení v letech 1981–1988 zdravotní stav lesů různil zejména v závislosti na exponovanosti vůči spadům, druhové skladbě, přirozenosti i zvoleným hospodářským způsobům a ochranným opatřením. Ztráta asimilačního aparátu ročně dosahovala v nižších polohách Krkonoš 4,4 %, ve vyšších polohách 3,9 %. Při vyloučení vlivů kůrovců dosahovalo roční průměrné odlštění v nižších polohách 2,3 % a ve vyšších polohách 2,8 %. V přirozených lesích však bez ohledu na nadmořskou výšku nebyly zaznamenány žádné závažné změny zdravotního stavu lesů. Porosty s dominantním zastoupením buku lesního, javoru klenu a původního smrku ztepilého stále tvořily přirozenou ekologickou kostru ekosystému Krkonoš (Vacek et al., 2006).

Druhová skladba lesů ovlivňuje do značné míry objemovou, kvalitativní a celkovou hospodářskou hodnotu produkce lesů a stejně tak i ostatní funkce lesů. Vzhledem ke vztahům ZSL a hospodářským způsobům v lesích se jako nejvýhodnější jeví sblížení struktury hospodářských lesů se strukturou přirozených lesů. V nivních stanovištích se na charakteru ekotopu výrazně projeví vodohospodářské úpravy. Často znamenaly zánik pravidelných jarních povodní, čímž byly zasaženy i kompetiční vztahy mezi dřevinami. Na přechodech mezi zonálními stanovišti a nivami tyto rozdíly nejsou patrné, v tvrdém luhu se již projeví rozšířením nenáročných bylinných druhů a dřevin s širší ekovalencí (Unar a Šamonil, 2008). Přirozeně se rozšířil zejména dub letní (*Quercus robur*) a jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*). Změny v nivní dynamice po roce 1997 opět poukazují na trend rozšíření náplavů po velkých letních povodních a nik pro vrbiny, olšiny a smíšené porosty převážně měkkého luhu (Fenske et al.,

2001). V územích, kde se povodně na dolních tocích řek uplatňují pravidelně, se jako výhodný způsob obhospodařování lesů jeví jednak pěstování bohatě strukturovaných porostů, které mají velký retardační účinek na rychlost povodňové vlny, a pěstování středního lesa (Machar, 2008). Pro pěstování vrbiny je výhodné krátké obmýtí, které nabízejí stanoviště náplavů s velkou pravděpodobností opakování povodně, protože vyvrcholení přírůstu dosahují do 7 let (López et al., 2008).

V zónách parovinných stanovišť až slabého ohrožení byly zjištěny znaky chronického poškození porostů, které výrazně souvisejí s pěstováním monokultur a zřejmě i s výraznou fragmentací lesů. Tyto zóny zahrnují jak oblasti s živnými půdami, odolnými vůči acidifikaci, tak i půdy náchylné k acidifikaci. Fragmentace lesů se projevila ve zkreslení hodnot veličin DPZ, takže i u přirozeně zapojených lesů bylo vyhodnoceno porušení zápoje. Pěstování borových i smrkových monokultur je v těchto podmínkách nevýhodné nejen vzhledem ke zjištěnému významnému rozdílu ve vlastnostech humusu, ale protože zvláště smrkové porosty jsou více ohroženy suchem (Nosengo, 2003). Procesy útlumu biologického rozkladu jsou nejvýraznější na chudých půdách (západočeských a jihočeských podzolech, jihomoravských regozemích). Podmínky zón s nízkým ohrožením lesů jsou optimální pro smíšené listnaté víceetážové porosty, kde jako meliorační by měly být uplatňovány druhy preferující příjem NH_4^+ , a tak snižující potenciální vyšší půdní produkci NO_3^- (Gruber, Galloway, 2008).

Zóny mírného ohrožení lesů se vyskytují v územích s potenciálně velkou půdní heterogenitou. Homogenita především humusových poměrů bývá důsledkem hospodářských přeměn druhové skladby lesů. V diagnostických půdních horizontech však již vlivy obhospodařování lesů nebývají spolehlivě patrné, zato výrazně se uplatňují vlivy půdotvorného substrátu (Klimo, Vavříček, 1991). V zóně mírného ohrožení lesů rostou vlivy depozice dusíku, která vedle zvyšujících se nároků vegetace na vodu v těchto polohách znamená i vyšší rizika škod časnými nebo pozdními mrazy (Zapletal et al., 2000). V souvislosti s rostoucími teplotami a mírnými poklesy srážek došlo ve středních polohách k šíření listnáčů (zejména buku) a ústupu jedle bělokoré (*Abies alba*) (Sugiero et al., 2009). Zóny mírného a středního ohrožení společně zahrnují území vhodná k ekologicky výrazně rozrůzněnému pěstování listnatých a smíšených lesů; členité reliéfy nebo reliéfy náchylné k půdní erozi předznamenávají vhodné uplatnění podrostních hospodářských způsobů.

V zónách silného až velmi silného ohrožení lesů jsou vlastnosti nadložního humusu přirozeně zdánlivě více homogenní. Krátké vegetační období

a nízká biologická aktivita půdy snižují diverzitu humusu (Roscoe et al., 2000). Přesto i v horských podmínkách je celková diverzita půd velmi vysoká (Vavříček, 2008). Rozšíření zón vysokého ohrožení lesů souvisle v horských oblastech naznačilo, že zjištěné znaky homogenity mohou být druhotným jevem pěstování monokultur i sanace imisních škod (Hruška, Cienciala, 2005; Vacek, Lepš, 1991; Svoboda, Podrázský, 2005). Nejzávažnějšími lesnickými

problémy těchto zón jsou velmi omezená přirozená obnova lesů, velkoplošné imisní holiny a ztráty organické hmoty z půdy (Schwarz, 1997). Pro ekologickou obnovu horských lesů v zónách silného až velmi silného ohrožení lesů je optimální zavádění a ochrana smíšených lesů a uplatnění ekologicky únosných hospodářských způsobů zahrnujících i ochranu tlející dřevní hmoty v ekosystémech (Vacek et al., 2007).

7. SHRNUTÍ

Trvalé abiotické predispozice ohrožení lesů jsou na území České republiky podmiňovány jarními teplotami, mimovegetačními teplotami, podzemními atmosférickými srážkami, atmosférickými srážkami ve vegetačním období, depozicí oxidovaných forem dusíku, depozicí redukovaných forem dusíku, půdní bazickou saturací, celkovým nesilikátovým obsahem hořčíku a expozicí reliéfu stanoviště. Depozice dusíku zastoupila depozici síry. Oxidované a redukované formy depozičního dusíku ovlivňují zdravotní stav lesů odlišně v závislosti na distribuci zdrojů znečištění, distribuci a ročnímu rozložení atmosférických srážek a teplot. Depozice dusíku se v současnosti stává stále výraznějším činitelem zhoršujícím zdravotní stav lesů.

Na území České republiky se vyskytuje sedm různých zón ohrožení lesů trvale působícími abiotickými prediktory. Největšího zastoupení dosahují zóny s nezřetelným ohrožením lesů zaujímající dohromady 62,3 % území státu a zahrnující 43,7 % lesů. Naopak zóny silného až velmi silného ohrožení lesů zaujímají sice jen 3 % území ČR a zahrnují přibližně 7,8 % lesů, ale jejich lesnatost je >90 %. Obě exponované zóny zahrnují 23,7 % maloplošných zvláště chráněných území. Soustředění přirozených ekosystémů a současně vysokého ohrožení lesů ve stejných oblastech klade značné nároky na výběr vhodného citlivého managementu krajiny. Lesy zpravidla zůstaly zachovány ve výrazně horších podmínkách, než jaké poskytují ekosystémy kulturního bezlesí. Tento jev předznamenává, že ekologická obnova lesů přeměnou ohrožených ekosystémů

na stabilnější tvar může být trvale limitována nepříznivými podmínkami, než zalesňování nebo sukcese lesů v kulturním bezlesí.

Přírodě blízké způsoby obhospodařování kulturní krajiny jsou založeny na stanovištní diferenciaci. Integrovaný management opatření ochrany lesů a ochrany zvláště chráněných území má potenciální společný základ ve sledování přirozeného biogeografického členění ekosystémů. Zóny ohrožení lesů v bioregionech na území ČR nejčastěji vytvářejí mozaiky dominantní a kodominantní zóny s okrajovými výskyty jiných zón. Některé menší bioregiony však sestávají pouze z jedné zóny nebo jen dvou zón. Souborné hodnocení zastoupení zón ohrožení lesů mezi jednotlivými bioregiony bylo provedeno s pomocí zobecňujících indexů výskytu ZOL (u_{ZOL}) a váženého zastoupení ZOL (v_{ZOL}). Tyto indexy umožnily jednoduchým způsobem porovnat shody a neshody v míře ohrožení jednotlivých bioregionů i mezi lesy a bezlesím na jejich území. V harmonické kulturní krajině se současně nevyskytuje shoda zastoupení zón ohrožení lesů s bezlesím. Vážené zastoupení ZOL a zón ohrožení potenciálních lesních ekosystémů v bezlesí je shodné ve 13 bioregionech (14,3 %). Charakter výskytu ZOL a zón ohrožení potenciálních lesních ekosystémů v bezlesí je shodný ve 35 bioregionech (38,5 %). Z nich 80 % se vyznačuje dominantními příznivými růstovými podmínkami. Pouze ve dvou bioregionech se současně vyskytují shoda výskytu zonace lesů a bezlesí a shoda váženého zastoupení ZOL.

PODĚKOVÁNÍ

Autorský kolektiv předloženého mapového souboru děkuje za podporu projektu „Budování výzkumně-vzdělávacího týmu v oblasti modelování přírodních jevů a využití geoinformačních systémů, s vazbou

na zapojení do mezinárodních sítí a programů“ OPVK Evropského sociálního fondu (CZ.1.07/2.3.00/20.0170 Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky).

SUMMARY

The permanent abiotic forest vulnerability predispositions are conditioned by spring temperatures, non-vegetation seasonal temperatures, autumnal annual precipitations, vegetation seasonal temperatures, oxidized nitrogen form deposition, reduced nitrogen form deposition, soil base saturation, total non-silicate magnesium and by site relief exposure in the Czech Republic. Nitrogen deposition replaced sulfur deposition. Oxidized and reduced forms of nitrogen deposition influence forest health status differently depending on the distribution of pollution sources, distribution and annual fluctuation of precipitation and temperatures. Nitrogen deposition is currently becoming an increasingly significant factor deteriorating the forest health status.

In the Czech Republic there are seven different forest vulnerability zones (FVZ) according to the permanently influencing abiotic predictors. The zones with indicting forest vulnerability covering totally 62.3% of the state area and containing 43.7% of forests achieve the greatest composition. Conversely, zones of strong to very strong forest vulnerability occupy while only 3% of the territory of the Czech Republic and include approximately 7.8% of the forests, but their forest cover is > 90%. Both the exposed zones include 23.7% of small-areal specially protected territories. Concentration of natural ecosystems and simultaneously a high forest vulnerability in the regions places considerable demands on the selection of an appropriate sensitive landscape management. Forests generally retained in much worse conditions than those provided by ecosystems cultural timberline. This phenomenon foreshadows that the ecological restoration of vulnerable forest ecosystems by conversion to a more stable form may be permanently limited by

unfavorable conditions, than reforestation or forest succession in the cultural timberline.

Close-to-natural ways of cultural landscape management are based on habitat differentiation. Integrated forest protection management measures and the conservation of specially protected territories have the potential common basis in monitoring of natural biogeographic division of the ecosystems. The forest vulnerability zones at biogeographical regions in the Czech Republic more common mosaic dominant and codominant zones with marginal occurrences of other zones. Some smaller bioregions, however, consist of only one zone or two zones only. Comprehensive evaluation of the forest vulnerability zone composition among particular bioregions was carried out with the help of generalizing indexes of the occurrence of FVZ (u_{ZOL}) and the weighted representation of FVZ (v_{ZOL}). These indexes allow simple way to compare the similarities and discrepancies in the at-risk individual biogeographical regions and between forests and timberline on their territory. The consensus at composition between forest and timberline vulnerability zones does not occur in the harmonious cultural landscape. The weighted representation of FVZ and potential forest ecosystem vulnerability zones at timberline is same at 13 biogeographical regions (14.3%). The character of the occurrence of FVZ and potential forest ecosystem vulnerability zones at timberline is identical at 35 biogeographical regions (38.5%). Of these 80% is characterized by dominant favorable growth conditions. The consensus between occurrence of the forest and timberline zonation and consensus between weighted representation of FVZ simultaneously occur only at two biogeographical regions.

LITERATURA

- AKGÖZ E., HÄUSLER T., HENŽLÍK V., JAAKOLA S., KENNEWEG H., REUTHER M., ROCK B., SCHARDT M., STOKLASA M., ZAWILA-NIEDZWIECKI T. (1995): Forest Damage in Central European Mountains – Final Report of a Large Area Experiment for Forest Damage Monitoring in Europe Using Satellite Remote Sensing. UNEP, Geneva.
- ALDERS J.G.M. (1991): Council directive 91/676/EEC of concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Official Journal L375: 1–14.
- BALCAR V., LOCHMAN V., NEHYBA J., TESAR V. (eds.) (2004): Přestavba lesa postiženého imisemi. MZLU v Brně.
- BALCAR V., NAVRÁTIL P. (2006): Význam, postavení a druhové složení porostů náhradních dřevin v Krušných horách. In: SLODIČÁK M., NOVÁK P. (eds.), Lesnický výzkum v Krušných horách v roce 2005. Recenzovaný sborník z celostátní vědecké konference. VÚLHM Opočno – Teplice: 91–110.
- BUČEK A., VLČKOVÁ V. (2011): Soubor map s prognózou možných důsledků globálních klimatických změn na přírodu České republiky. Acta Pruhoniciaca 98: 83–97.
- BURROUGH P.A., van GAANS P.F.M., HOOTSMANS R. (1997): Continuous classification in soil survey: spatial correlation, confusion and boundaries. Geoderma 77: 115–138.
- COX B.C., MOORE P.D. (2005): Biogeography: An Ecological and Evolutionary Approach. John Wiley & Sons, New York – Toronto – London.
- CULEK M. (2013): Biogeographical provinces, subprovinces and bioregions of the Czech Republic. Journal of Landscape Ecology 6: 5–16.
- CULEK M., BUČEK A., GRULICH V., HARTL P., HRABICA A., KOCIÁN J., KYJOVSKÝ Š., LACINA J. (2005): Biogeografické členění České republiky II. díl. AOPK ČR, Praha.
- ERISMAN J. W., VERMEULEN A., HENSEN A., FLECHARD C., DÄMMGEN U., FOWLER D., SUTTON M., GRÜNHAGE L., TUOVINEN J.-P. (2005): Monitoring and modelling of biosphere/atmosphere exchange of gases and aerosols in Europe. Environmental Pollution 133: 403–413.
- FENSKE C., WESTPHAL H., BACHOR A., BREITENBACH E., BUCHHOLZ W., JÜLICH W.-D., HENSEL P. (2001): The consequence of the Odra flood (summer 1997) for the Odra lagoon and the beaches of Usedom: What can be expected under extreme conditions? International Journal of Hygiene and Environmental Health 203: 417–433.
- FINSTAD K. (2010): Response Interpolation and Scale Sensitivity: Evidence Against 5-Point Scales. Journal of Usability Studies 5: 104–110.
- FLÜCKIGER W., BRAUN S., LEONARDI S., ASCHE N., FLÜCKIGER-KELLER H. (1986): Factors contributing to forest decline in northwestern Switzerland. Tree Physiology 1: 177–184.
- GAUGER T., ANSHELM F., SCHUSTER H., ERISMAN J. W., VERMEULEN A. T., DRAAIJERS G.P.J., BLEEKER A., NAGEL H. D. (2002): Mapping of ecosystem specific long-term trends in deposition loads and concentrations of air pollutants in Germany and their comparison with Critical Loads and Critical Levels. Umweltbundesamt, Berlin.
- GRUBER N., GALLOWAY J.N. (2008): An Earth-system perspective of the global nitrogen cycle. Nature 451: 293–296.
- HLÁSNÝ T., VIZI L., TURČÁNI M., KOREŇ M., KULLA L., SITKA Z. (2009): Geostatistical simulation of bark beetle infestation for forest protection purposes. Journal of Forest Science 55: 518–525.
- HOLUŠA J. (2004): Health condition of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. Stands in the Beskid Mts. Dendrobiology 51 Supplement: 11–15.

- HOLUŠA J., LIŠKA J. (2002): Hypotéza chřadnutí a odumírání smrkových porostů ve Slezsku (Česká republika). Zprávy lesnického výzkumu 47: 9–15.
- HRUŠKA J., CIENCIALA E. (eds.) (2005): Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd - limitující faktor současného lesnictví. MŽP ČR, Praha.
- HRUŠKA J., CUDLÍN P., KRÁM P. (2001): Relationship between Norway spruce status and soil water base cations/aluminium ratios in the Czech Republic. Water, Air, and Soil Pollution 130: 983–988.
- KLIMO E., VAVŘÍČEK D. (1991): Acidifikace a vápnění lesních půd v Beskydech. Lesnictví 37: 61–72.
- KORPEL Š. (1989): Pralesy Slovenska. Veda, Bratislava.
- KRUMMEL J.R., GARDNER R.H., SUGIHARA G., O'NEILL R.V., COLEMAN P.R. (1987): Landscape patterns in a disturbed environment. Oikos 48: 321–324.
- KULLA L., PETRÁŠ R., TUTKA J., ŠTEFANČÍK I., TUČEKOVÁ A., KAMENSKÝ M., VAKULA J. (2009): Návrh vybraných zložiek modelov hospodárenia pre nepôvodné smreciny a rekonštruované lesné porasty (ciele, základné rámce a zásady hospodárenia). In: ŠEBEN V. (ed.), Rekonštrukcie nepôvodných lesných spoločenstiev ohrozených zmenou prírodných podmienok (najmä klímy) na ekologicky stabilnejšie ekosystémy. NLC–LVÚ Zvolen: 1–27.
- KVĚTOŇ V. (1999): Algoritmus analýzy hodinových a denních úhrnů srážek. ČHMÚ, Praha.
- LEPŠ J., VACEK S. (1986): Mathematical Models of Forest Stand Development and their Application. Lesnictví 32: 687–706.
- LIKENS G.E., BORMANN F.H. (1995): Biogeochemistry of a forested ecosystem. Springer-Verlag, New York.
- LÓPEZ D., RYCHTECKÁ P., MADĚRA P., PACKOVÁ P. (2008): Ecological productivity of *Salicaceae* species in the early succession stages in the Czech Republic. In: Proceedings of the 16th European Biomass Conference & Exhibition. From Research to Industry and Markets, Valencia: 136–138.
- MACKŮ J. (ed.) (1996): Metodika zpracování oblastních plánů rozvoje lesů. ÚHÚL Brandýs nad Labem.
- MACHAR I. (2008): Floodplain forests of Litovelské Pomoraví and their management. Journal of Forest Science 54: 355–369.
- MARTÍNKOVÁ M., MADĚRA P., ÚRADNÍČEK L. (2000): Příčiny zhoršené vitality porostů břízy (*Betula* L.) v Krušných horách. In: SLODIČÁK M., NOVÁK J. (eds.), Výsledky a postupy výzkumu v imisní oblasti SV Krušnohoří. VÚLHM – VS Opocno: 21–24.
- MZe ČR (2014): Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2013. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha.
- NILSSON M.-C., HÖGBERG P., ZACKRISSON O., FENGYOU W. (1993): Allelopathic effects by *Empetrum hermaphroditum* on development and nitrogen uptake by roots and mycorrhizae of *Pinus silvestris*. Canadian Journal of Botany 71: 620–628.
- NOSENGO N. (2003): Fertilized to death. Nature 425: 894 – 895.
- POLENO Z. (1996): Princip trvalosti v lesním hospodářství a jeho vývoj. Lesnictví-Forestry 42: 136–142.
- PRACH K. (2006): Příroda pracuje zadarmo. Technické nebo přírodní rekultivace? Vesmír 85: 272–277.
- PRŮŠA E. (2001): Pěstování lesů na typologických základech. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.
- PUHE J., ULRICH B. (2001): Global climate change and human impacts on forest ecosystems: postglacial development, present situation, and future trends in Central Europe. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- PURDON M., CIENCIALA E., METELKA V., BERANOVÁ J., HUNOVÁ I., ČERNÝ M. (2004): Regional variation in forest health under long-term air pollution mitigated by lithological conditions. *Forest Ecology and Management* 195: 355–371.
- REHFUESS K.E. (1985): On the causes of decline of Norwa spruce (*Picea abies* Karst.) in Central Europe. *Soil Use and Management* 1: 30–31.
- RIPA J., LUNDBERG P., KAITALA V. (1998): A General Theory of Environmental Noise in Ecological Food Webs. *The American Naturalist* 151: 256–263.
- ROBERTS T. M., SKEFFINGTON R. A., BLANK L. W. (1989): Causes of Type 1 Spruce Decline in Europe. *Forestry* 62: 179–222.
- ROSCOE R., VASCONCELLOS C. A., NETO A. E. F., GUEDES G. A. A., FERNANDES L. A. (2000): Urease activity and its relation to soil organic matter, microbial biomass nitrogen and urea-nitrogen assimilation by maize in a Brazilian Oxisol under no-tillage and tillage systems. *Biology and Fertility of Soils* 32: 52–59.
- ROSEN B.R. (1988): Biogeographic patterns: a perceptual overview. In: MYERS A.A., GILLER P.S. (eds.), *Analytical Biogeography*. Chapman & Hall, London: 23–55.
- RYCHTECKÁ P., URBAŇCOVÁ N. (2008): Škodliví činitelé lesa v letech 1996–2006 – I. část: Abiotičtí a antropogenní činitelé. *Lesnická práce* 87: 14–16.
- SAMEC P., TUČEK P., BOJKO J., JANOŠKA Z., RYCHTECKÁ P., HÁJEK F., ZAPLETAL M., SIROTA I., MIKLOŠ L., MLČOUŠKOVÁ P., ZEMAN M., SMEJKAL J., MACH S., PODRÁCKÁ O. (2012a): Modelování růstových podmínek lesů v České republice. Univerzita Palackého v Olomouci.
- SAMEC P., RYCHTECKÁ P., HORÁČEK M., TUREK K., VLČKOVÁ V. (2012b): Geoinformační model rizikových růstových podmínek pro smrkové porosty v Podbeskydském a Beskydském bioregionu (Česká republika). *Acta Musei Beskidensis* 4: 1–22.
- SAMEC P., VRANOVÁ V., FORMÁNEK P. (2004): Problems of the statistical evidence of feedbacks between forest herb phytocoenoses and soil acidity at pollution load. *Journal of Forest Science* 50: 478–488.
- SCHWARZ O. (1995): Application of geographical information system on analysis of natural environment and forest stand as a precondition for regeneration of forests in the National Park Krkonoše Mts. In: *Workshop Investigation of the Forest Ecosystems and of Forest Damage*. VÚLHM, Opočno: 68–77.
- SCHWARZ O. (1997): Rekonstrukce lesních ekosystémů Krkonoš. Správa KRNAP, Vrchlabí.
- SILVERT W. (1997): Ecological impact classification with fuzzy sets. *Ecological Modelling* 96: 1–10.
- SLABÝ R. (ed.) (2013): Závěry a doporučení Koordinační rady k realizaci Národního lesnického programu II. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem.
- SMIDT S., HERMAN F. (2004): Evaluation of air pollution-related risks for Austrian mountain forests. *Environmental Pollution* 130: 99–112.
- SMITH R.I., DICK J.M.C.P., SCOTT E.M. (2011): The role of statistics in the analysis of ecosystem services. *Environmetrics* 22: 608–617.
- SUGIERO D., JASZCZAK R., RĄCZKA G., STRZELINSKI P., WĘGIEL A., WIERZBICKA A. (2009): Species composition in low mountain beech (*Fagus sylvatica*) stands in the Bieszczady National Park under the global warming. *Journal of Forest Science* 55: 244–250.
- SVOBODA M., PODRÁZSKÝ V. (2005): Forest decline and pedobiological characteristics of humus forms in the Šumava National Park. *Journal of Forest Science* 51: 141–146.
- ŠKVARENINA J., TOMLAIN J., KRIŽOVÁ E. (2002): Klimatická vodní bilance vegetačních stupňů na Slovensku. *Meteorologické zprávy* 55: 103–109.

THALIB L., KITCHING R.L., BHATTI M.I. (1999): Principal component analysis for grouped data—a case study. *Environmetrics* 10: 565–574.

TROCHIM W. (2000): The Research Methods Knowledge Base. Atomic Dog Publishing, Cincinnati, Ohio.

ULRICH B. (1983): Soil acidity and its relations to acid deposition. In: Ulrich B., Pankrath J. (eds.), *Effects of Accumulation of Air Pollutants on Forest Ecosystems*. Reidel, Boston: 127–146.

UNAR P., ŠAMONIL P. (2008): The evolution of natural floodplain forests in South Moravia between 1973 and 2005. *Journal of Forest Science* 54: 340 – 354.

VACEK S., LEPŠ J. (1991): Analýza vegetačních změn v bukových porostech Orlických hor. *Lesnictví* 37: 993–1007.

VACEK S., MATĚJKA K., SIMON J., MALÍK V., SCHWARZ O., PODRÁZSKÝ V., MINX T., TESAR V., ANDĚL P., JANKOVSKÝ L., MIKESKA M. (2007): Zdravotní stav a dynamika lesních ekosystémů Krkonoš pod stresem vyvolaným znečištěním ovzduší. *Folia Forestalia Bohemica* 4: 1–216.

VACEK S., PODRÁZSKÝ V., MIKESKA M., SCHWARZ O., SIMON J., BOČEK M., MINX T. (2006): Lesy a ekosystémy nad horní hranicí lesa v národních parcích Krkonoš. *Folia Forestalia Bohemica* 2: 1–112.

VAVŘÍČEK D. (2008): Stav půd vybraných území Krkonoš a Kněhyně v Moravskoslezských Beskydech. In: SAMEC P. (ed.), *Metody zpracování dat v lesnickém monitoringu*. *Folia Forestalia Bohemica* (Proceedings) 2: 33–47.

VLČKOVÁ V. (2014): Systémový charakter modelování možných trendů důsledků klimatických změn nástroji geografických informačních systémů. *Acta Informatica Pragensia* 3: 70–88.

VRUBEL J., ZAPLETAL M., BIRGUSOVÁ E., CHROUST P., SÁŇKA M., HON J. (2009): Návrh nového systému kompenzace imisních škod vlastníkům lesa. *Ekotoxa*, Brno – Opava.

WESTLING O., FAGERLI H., HELLSTEN S., KNULST J. C., SIMPSON D. (2005): Comparison of modelled and monitored deposition fluxes of sulphur and nitrogen to ICP – forest sites in Europe. *Biogeosciences Discussions* 2: 933–975.

ZAPLETAL M. (1997): Atmosférická depozice acidifikačních činitelů na území České republiky. *Ochrana ovzduší* 9: 12–20.

ZAPLETAL M. (1998): Atmospheric deposition of nitrogen compounds in the Czech Republic. *Environmental Pollution* 29: 305–311.

ZAPLETAL M. (2001): Atmospheric deposition of nitrogen and sulphur compounds in the Czech Republic. *The Scientific World* 1: 294–303.

ZAPLETAL M., CHROUST P., KUŇÁK D. (2003): The relationship between Norway spruce defoliation and atmospheric deposition of sulphur and nitrogen compounds in the Hrubý Jeseník Mts. (Czech Republic). *Ekológia (Bratislava)* 22: 337–347.

ZAPLETAL M., SKOŘEPOVÁ I., CHROUST P., HŘIVNÁČOVÁ G. (2000): Multikriteriální vyhodnocování negativních vlivů látek znečišťujících ovzduší se zaměřením na acidifikaci, eutrofizaci a desikaci přírodních ekosystémů založené na principu kritických prahů dle metodologii EHK OSN. *Ekotoxa*, Opava.

PŘÍLOHY

Příloha 1. Celkové zastoupení zón ohrožení lesů v jednotlivých biogeografických regionech na území ČR (%).

1 – velmi silné ohrožení; 2 – silné ohrožení; 3 – střední ohrožení; 4 – mírné ohrožení; 5 – slabé ohrožení;

6 – pahorkatinné zonální podmínky; 7 – nívné podmínky.

Podprovincie	Kód	Bioregion	Rozloha (km ²)	Lesnatost (%)	1	2	3	4	5	6	7
Hercynská	1.1	Mostecký	1305	8,30	-	0,00	0,01	1,75	13,24	47,85	37,14
	1.2	Řípský	1643	5,73	-	0,09	0,32	1,59	9,91	62,35	25,73
	1.3	Úštěcký	136	18,94	-	-	2,92	12,62	28,15	49,91	6,40
	1.4	Benátský	650	17,14	-	-	0,28	4,59	18,54	54,26	22,33
	1.5	Českokobrodský	1171	4,39	-	-	-	0,06	2,61	45,94	51,40
	1.6	Mladoboleslavský	1010	20,73	-	-	0,00	0,17	2,79	50,36	46,67
	1.7	Polabský	1188	13,34	-	-	-	0,15	5,07	35,82	58,97
	1.8	Pardubický	578	18,68	-	-	-	-	5,82	37,33	56,85
	1.9	Cidlinský	1985	14,93	-	0,00	0,05	1,89	11,65	57,92	28,49
	1.10	Třebechovický	374	63,61	-	-	-	0,51	37,02	57,31	5,16
	1.11	Prostějovský	691	0,52	-	-	-	-	1,77	27,36	70,86
	1.12	Litovelský	641	10,01	-	-	-	-	3,05	55,59	41,35
	1.13	Doupovský	647	29,15	-	-	-	0,87	11,17	58,71	29,25
	1.14	Milešovský	658	19,82	-	-	0,02	1,21	16,32	72,71	9,74
	1.15	Verneřický	673	30,49	-	0,03	0,18	3,47	10,43	79,44	6,46
	1.16	Rakovnicko-žlutický	762	33,03	-	-	-	-	6,26	83,20	10,54
	1.17	Džbánský	420	38,43	-	-	-	0,05	27,17	65,98	6,80
	1.18	Karlštejnský	447	17,92	-	-	0,01	0,16	6,02	70,94	22,87
	1.19	Křivoklátský	1253	48,25	-	-	-	0,08	4,88	90,42	4,63
	1.20	Slapský	1716	31,63	-	-	-	-	2,38	85,98	11,64
	1.21	Bechyňský	1585	37,67	-	-	-	-	4,69	89,74	5,58
	1.22	Posázavský	1911	30,49	-	-	-	0,31	17,46	76,70	5,53
	1.23	Jevišovický	1819	29,55	-	-	-	0,02	11,99	78,19	9,80
	1.24	Brněnský	807	42,35	-	-	-	-	20,47	73,23	6,30
	1.25	Macošský	84	61,47	-	-	-	-	14,83	79,41	5,76
	1.26	Chebsko-sokolovský	652	15,57	-	-	0,00	3,38	39,88	53,45	3,28
	1.27	Tachovský	760	19,80	-	-	-	0,00	2,70	95,58	1,73
	1.28	Plzeňský	2883	33,59	-	-	0,00	0,17	4,31	85,07	10,45
	1.29	Blatenský	751	23,20	-	-	-	-	0,25	84,41	15,34
	1.30	Českobudějovický	729	12,68	-	-	-	0,03	2,81	70,31	26,85
	1.31	Třeboňský	1752	37,80	-	-	0,01	0,37	27,85	71,76	0,00
	1.32	Děčínský	285	77,63	-	9,50	38,80	50,27	1,43	-	-
	1.33	Kokořínský	307	51,43	-	0,12	35,07	40,45	21,25	3,12	-
	1.34	Ralský	1097	43,96	-	1,63	14,53	64,75	16,64	2,43	0,01
	1.35	Hruboskalský	372	28,82	-	2,03	9,09	39,80	35,82	13,11	0,15
	1.36	Železnobrodský	446	34,35	-	1,58	21,66	66,85	9,90	0,01	-
	1.37	Podkrkonošský	968	34,54	-	-	0,32	30,01	65,35	4,32	-
	1.38	Broumovský	566	38,45	-	0,02	1,22	28,54	48,67	21,54	-
	1.39	Svitavský	2106	29,89	-	0,01	0,31	15,17	53,66	30,86	-
	1.40	Branžovský	314	37,73	-	-	-	-	4,20	79,50	16,30
	1.41	Plánický	552	33,14	-	-	-	0,10	0,29	93,83	5,78
	1.42	Sušický	998	26,19	-	-	-	0,31	19,14	70,99	9,57
	1.43	Českokrumlovský	1653	37,98	-	-	-	2,19	53,75	42,82	1,24
	1.44	Brdský	846	68,92	-	-	-	0,01	20,86	78,41	0,72

Podprovincie	Kód	Bioregion	Rozloha (km ²)	Lesnatost (%)	1	2	3	4	5	6	7
Hercynská	1.45	Votický	422	27,15	-	-	-	-	3,27	95,76	0,97
	1.46	Pelhřimovský	2124	32,60	-	-	0,10	6,95	74,13	18,82	-
	1.47	Novobystřický	229	39,83	-	-	-	-	48,15	51,85	-
	1.48	Havlíčkobrodský	1500	27,35	-	-	-	7,23	51,90	35,26	5,61
	1.49	Železnohorský	735	39,60	-	0,00	0,04	1,47	34,16	62,33	2,01
	1.50	Velkomeziříčský	2542	28,30	-	-	0,01	8,46	68,59	22,83	0,12
	1.51	Sýkořský	675	40,97	-	-	-	8,35	87,25	4,40	-
	1.52	Drahanský	1309	53,86	-	0,00	0,14	1,40	52,15	45,66	0,64
	1.53	Šumperský	912	43,21	0,01	1,68	1,85	9,30	43,77	41,51	1,89
	1.54	Nízkojesenický	2427	43,53	-	-	0,01	1,16	17,61	70,61	10,61
	1.55	Krnovský	309	22,69	-	-	-	0,00	2,26	41,46	56,27
	1.56	Žitavský	454	22,42	-	0,63	6,56	21,13	51,78	19,90	-
	1.57	Šluknovský	232	42,09	-	-	0,18	5,38	85,02	9,41	-
	1.58	Ašský	489	56,67	-	-	0,02	11,05	48,96	39,97	-
	1.59	Krušnohorský	1261	73,41	14,26	25,99	14,60	25,10	18,56	1,49	-
	1.60	Hornoslavkovský	1109	47,27	0,47	2,20	2,30	11,21	30,95	52,43	0,45
	1.61	Českoleský	862	66,20	-	-	-	1,22	28,61	67,63	2,54
	1.62	Šumavský	2115	67,53	1,65	17,13	5,47	28,96	45,14	1,64	0,00
	1.63	Novohradský	171	80,02	-	-	-	52,89	47,11	-	-
	1.64	Javoříčský	374	63,71	-	-	0,04	33,66	63,06	3,23	-
	1.65	Žďárský	689	51,87	-	0,02	3,26	58,43	38,13	0,16	-
	1.66	Lužickohorský	199	77,31	-	16,79	59,02	22,01	2,17	0,01	-
	1.67	Jizerskohorský	526	74,34	21,96	37,27	27,76	9,85	3,15	0,00	-
	1.68	Krkonošský	426	80,83	55,03	27,23	8,95	7,71	1,08	-	-
	1.69	Orlickohorský	591	52,31	16,03	18,76	17,53	32,54	13,95	1,18	-
	1.70	Jesenický	1254	77,97	18,59	15,81	17,15	31,49	13,25	3,60	0,11
	1.71	Chrudimský	683	8,65	-	-	-	0,04	2,35	58,85	38,76
Polonská	2.1	Vidnavský	214	19,17	-	-	0,29	1,35	20,54	75,24	2,53
	2.2	Opavský	563	9,65	-	-	-	-	-	25,22	74,78
	2.3	Ostravský	779	12,73	-	-	-	0,01	4,19	92,92	2,88
	2.4	Pooderský	141	6,79	-	-	-	-	11,21	88,79	-
Západokarpatská	3.1	Ždánicko-litenčický	917	20,85	-	-	-	-	7,99	75,22	16,79
	3.2	Chřibský	259	73,23	-	-	-	-	73,20	26,76	0,04
	3.3	Hlucký	507	7,31	-	-	-	-	-	39,74	60,26
	3.4	Hranický	1042	12,97	-	-	-	-	4,44	61,66	33,90
	3.5	Podbeskydský	873	17,59	-	0,11	1,06	6,97	47,55	44,23	0,08
	3.6	Bělokarpatký	530	45,21	-	-	-	12,44	37,47	36,66	13,43
	3.7	Zlínský	631	43,90	-	-	0,00	2,77	9,93	73,44	13,85
	3.8	Hostýnský	417	70,23	-	-	-	46,45	40,60	12,94	-
	3.9	Vsetínský	796	55,93	-	-	0,00	50,08	37,46	12,45	0,00
	3.10	Beskydský	827	79,49	0,03	3,48	17,72	65,80	12,45	0,53	-
	3.11	Kojetínský	307	16,69	-	-	-	-	-	35,73	64,27
Severopanonská	4.1	Lechovický	1085	5,99	-	-	-	-	-	30,45	69,55
	4.2	Mikulovský	289	20,95	-	-	-	-	0,43	21,92	77,65
	4.3	Hustopečský	1088	4,67	-	-	-	0,04	0,79	66,52	32,65
	4.4	Hodonínský	225	47,92	-	-	-	-	13,44	80,95	5,61
	4.5	Dyjsko-moravský	547	27,16	-	-	-	0,00	0,32	29,68	69,99

*Příloha 2. Zastoupení zón ohrožení pozemků určených k plnění funkcí lesů (%) a jejich zobecňující indexy výskytu (u_{ZOL}) a váženého zastoupení (v_{ZOL}) v jednotlivých biogeografických regionech na území ČR.
IOL – intenzita ohrožení lesů; H – nadmořská výška.*

Podprovincie	Kód	Bioregion	1	2	3	4	5	6	7	u_{ZOL}	v_{ZOL}	IOL	H
Hercynská	1.1	Mostecký	-	-	-	3,43	11,76	29,69	55,12	2,21	4,70	-1,92	-0,12
	1.2	Řípský	-	-	-	4,44	11,74	66,08	17,74	2,21	4,09	-0,92	-0,46
	1.3	Úštěcký	-	-	2,00	11,19	43,23	43,58	-	4,08	4,34	-2,46	-3,72
	1.4	Benátský	-	-	-	3,12	20,84	43,02	33,01	3,11	4,19	-1,69	-2,02
	1.5	Českobrodský	-	-	-	0,26	5,98	45,55	48,20	2,21	5,95	-3,93	0,56
	1.6	Mladoboleslavský	-	-	0,58	-	3,13	56,02	40,28	1,67	5,90	-3,52	1,51
	1.7	Polabský	-	-	-	-	4,61	36,66	58,73	1,67	4,81	-1,72	0,91
	1.8	Pardubický	-	-	-	-	16,02	22,38	61,59	1,67	2,08	2,76	-0,60
	1.9	Cidlinský	-	-	-	3,85	24,29	47,24	24,62	2,21	3,59	-0,11	-0,73
	1.10	Třebechovický	-	-	-	-	13,72	79,45	6,83	0,81	3,01	1,82	1,44
	1.11	Prostějovský	-	-	-	-	-	48,49	51,51	1,64	6,47	-4,29	1,83
	1.12	Litovelský	-	-	-	-	4,46	64,31	31,23	1,67	4,62	-1,36	0,78
	1.13	Doupovský	-	-	-	10,03	16,42	42,20	31,35	2,21	2,77	1,27	-1,19
	1.14	Milešovský	-	-	-	0,16	17,63	78,60	3,61	1,79	5,42	-2,80	1,02
	1.15	Verneřický	-	-	-	6,77	7,30	83,20	2,73	0,81	4,16	-0,09	2,09
	1.16	Rakovnicko-žlutický	-	-	-	-	3,82	83,45	12,73	1,67	4,65	-1,46	0,82
	1.17	Džbánský	-	-	-	-	17,03	76,58	6,39	0,81	3,12	1,63	1,51
	1.18	Karlštejnský	-	-	-	-	5,62	69,43	24,95	1,67	4,20	-0,72	0,57
	1.19	Křivoklátský	-	-	-	-	1,26	91,87	6,87	1,67	5,49	-2,85	1,28
	1.20	Slapský	-	-	-	-	1,33	89,99	8,68	1,67	5,48	-2,84	1,28
	1.21	Bechyňský	-	-	-	-	7,12	89,78	3,10	0,81	4,38	-0,46	2,21
	1.22	Posázavský	-	-	-	-	21,96	73,60	4,45	0,81	3,74	0,59	1,86
	1.23	Jevišovický	-	-	-	-	15,08	75,89	9,03	0,81	2,39	2,79	1,12
	1.24	Brněnský	-	-	-	-	11,09	85,46	3,45	0,81	4,20	-0,16	2,11
	1.25	Macošský	-	-	-	-	13,26	86,74	-	2,27	2,24	2,24	-1,63
	1.26	Chebsko-sokolovský	-	-	-	21,79	41,06	36,75	0,39	0,81	3,85	0,46	1,90
	1.27	Tachovský	-	-	-	-	2,23	97,34	0,43	0,81	5,65	-2,52	2,90
	1.28	Plzeňský	-	-	-	0,39	6,70	83,29	9,62	2,21	5,44	-3,14	0,29
	1.29	Blatenský	-	-	-	-	-	86,14	13,86	1,46	1,44	3,92	-0,59
	1.30	Českobudějovický	-	-	-	-	1,67	64,60	33,73	1,67	5,61	-3,03	1,35
	1.31	Třeboňský	-	-	-	-	35,05	64,95	-	1,50	5,51	-2,78	1,60
	1.32	Děčínský	-	-	11,29	71,21	17,50	-	-	2,00	2,21	2,35	-1,14
	1.33	Kokořínský	-	4,12	40,88	30,52	22,63	1,86	-	0,47	1,70	4,18	1,33
	1.34	Ralský	-	1,28	8,35	70,76	15,65	3,96	-	3,25	3,17	-0,11	-2,83
	1.35	Hruboskalský	-	-	5,10	37,41	43,51	13,99	-	2,00	2,76	1,45	-0,83
	1.36	Železnobrodský	-	8,32	25,30	61,82	4,56	-	-	0,67	2,12	3,40	1,20
	1.37	Podkrkonošský	-	-	1,37	36,49	51,02	11,12	-	2,00	3,53	0,19	-0,41
	1.38	Broumovský	-	-	4,63	30,99	51,72	12,65	-	2,00	2,95	1,13	-0,73
	1.39	Svitavský	-	0,10	0,55	6,26	64,31	28,78	-	4,08	4,72	-3,21	-3,47
	1.40	Branžovský	-	-	-	-	4,32	89,41	6,26	1,67	4,44	-1,07	0,69
	1.41	Plánický	-	-	-	-	0,65	93,51	5,84	1,67	5,71	-3,16	1,39
	1.42	Sušický	-	-	-	-	11,73	77,32	10,95	0,81	1,96	3,51	0,87
	1.43	Českokrumlovský	-	-	-	0,10	58,52	38,94	2,44	1,79	5,06	-2,23	0,83
	1.44	Brdský	-	-	-	-	23,53	71,74	4,73	0,81	3,62	0,78	1,79

Podprovincie	Kód	Bioregion	1	2	3	4	5	6	7	u_{ZOL}	v_{ZOL}	IOL	H
Hercynská	1.45	Votický	-	-	-	-	1,85	98,15	-	2,27	5,20	-2,57	-0,01
	1.46	Pelhřimovský	-	-	0,33	9,07	74,84	15,77	-	2,56	4,40	-1,66	-0,91
	1.47	Novobystřický	-	-	-	-	66,83	33,17	-	1,50	5,16	-2,10	1,38
	1.48	Havlíčkovobrodský	-	-	-	5,77	38,91	46,99	8,33	1,79	3,45	0,41	-0,07
	1.49	Železnohorský	-	-	-	1,19	34,83	58,52	5,45	1,79	4,80	-1,79	0,68
	1.50	Velkomeziříčský	-	-	-	9,65	71,73	18,30	0,32	0,81	4,33	-0,39	2,19
	1.51	Sýkořský	-	-	-	7,61	83,90	8,48	-	1,79	3,11	0,98	-0,26
	1.52	Drahanský	-	-	-	9,90	58,78	31,31	-	1,79	2,86	1,39	-0,39
	1.53	Šumperský	-	0,48	11,49	6,40	39,46	41,12	1,05	4,08	4,13	-2,24	-3,79
	1.54	Nízkojesenický	-	-	-	2,18	26,35	63,57	7,89	1,79	4,47	-1,27	0,50
	1.55	Krnovský	-	-	-	-	3,03	71,08	25,89	1,67	5,04	-1,91	0,97
	1.56	Žitavský	-	-	17,94	11,58	62,73	7,74	-	0,61	1,83	3,88	1,15
	1.57	Šluknovský	-	-	-	6,41	81,33	12,26	-	1,79	3,38	0,59	-0,12
	1.58	Ašský	-	-	-	4,50	60,41	35,09	-	1,79	4,00	-0,46	0,23
	1.59	Krušnohorský	18,12	23,75	10,65	21,33	25,55	0,59	-	0,47	1,15	5,05	1,03
	1.60	Hornoslavkovský	2,24	1,01	3,93	11,48	38,79	42,54	-	4,08	4,14	-2,25	-3,79
	1.61	Českoleský	-	-	-	-	27,99	63,52	8,49	0,81	2,45	2,71	1,14
	1.62	Šumavský	1,14	18,55	7,30	18,83	52,66	1,52	-	7,00	2,97	-2,32	-9,65
	1.63	Novohradský	-	-	-	53,37	46,63	-	-	1,00	4,21	-0,16	1,73
	1.64	Javoříčský	-	-	-	36,94	52,40	10,66	-	0,75	1,67	4,08	0,80
	1.65	Žďárský	-	-	9,87	40,09	50,04	-	-	2,00	2,65	1,59	-0,88
	1.66	Lužickohorský	-	20,94	28,45	50,61	-	-	-	2,42	1,37	3,44	-2,34
	1.67	Jizerskohorský	24,86	34,11	29,19	7,34	4,49	-	-	0,33	0,65	5,98	1,00
	1.68	Krkonošský	47,55	26,76	23,33	-	2,35	-	-	0,00	0,27	6,84	1,39
	1.69	Orlickohorský	28,96	8,38	21,99	23,23	17,43	-	-	1,58	0,42	5,52	-1,36
	1.70	Jesenický	8,24	26,29	20,68	26,98	9,35	8,39	0,07	0,21	1,04	5,39	1,44
	1.71	Chrudimský	-	-	-	-	2,38	57,83	39,79	1,67	5,41	-2,68	1,23
Polonská	2.1	Vidnavský	-	-	-	1,35	19,66	78,40	0,59	0,81	5,30	-1,85	2,68
	2.2	Opavský	-	-	-	-	-	37,98	62,02	1,31	0,03	6,40	-1,10
	2.3	Ostravský	-	-	-	-	5,74	93,52	0,74	1,33	3,83	-1,91	0,99
	2.4	Pooderský	-	-	-	-	1,23	98,77	-	2,27	5,43	-2,79	0,06
Západokarpatská	3.1	Ždánicko-litenčický	-	-	-	-	3,04	81,50	15,46	1,67	4,94	-1,90	0,97
	3.2	Chřibský	-	-	-	-	47,99	52,01	-	1,50	5,37	-2,43	1,49
	3.3	Hlucký	-	-	-	-	-	47,21	52,79	1,64	6,48	-4,34	1,85
	3.4	Hranický	-	-	-	-	1,91	73,76	24,34	1,67	5,43	-2,72	1,24
	3.5	Podbeskydský	-	-	1,58	9,68	36,92	51,83	-	2,56	4,49	-1,80	-0,86
	3.6	Bělokarpatký	-	-	-	12,71	38,40	32,06	16,84	1,79	1,83	3,13	-0,98
	3.7	Zlínský	-	-	-	-	3,58	91,06	5,36	1,67	4,66	-1,35	0,78
	3.8	Hostýnský	-	-	-	30,57	38,54	30,89	-	1,79	0,51	5,32	-1,72
	3.9	Vsetínský	-	-	-	41,53	49,15	9,32	-	1,79	3,04	1,09	-0,29
	3.10	Beskydský	4,34	8,85	8,32	47,38	31,11	-	-	7,00	2,93	-2,21	-9,69
	3.11	Kojetínský	-	-	-	-	-	-	100,00	5,33	7,00	-2,42	-6,10
Severopanonská	4.1	Lechovický	-	-	-	-	-	18,76	81,24	2,18	1,34	3,92	-2,01
	4.2	Mikulovský	-	-	-	-	-	5,12	94,88	2,18	4,67	-1,76	-0,11
	4.3	Hustopečský	-	-	-	-	5,82	45,06	49,12	1,67	4,34	-0,95	0,65
	4.4	Hodonínský	-	-	-	-	-	72,80	27,20	1,46	0,00	6,50	-1,45
	4.5	Dyjsko-moravský	-	-	-	-	-	39,43	60,57	1,64	6,57	-3,94	1,73

Příloha 3. Zastoupení zón ohrožení potenciálních lesních ekosystémů v bezlesí a jejich zobecňující indexy výskytu (u_{ZOL}) a váženého zastoupení (v_{ZOL}) v jednotlivých biogeografických regionech na území ČR.
 H – nadmořská výška; HBL – Homogenita bezlesí.

Podprovincie	Kód	Bioregion	1	2	3	4	5	6	7	u_{ZOL}	v_{ZOL}	IOL	H
Hercynská	1.1	Mostecký	-	0,00	0,04	2,61	11,42	69,37	16,56	5,61	6,53	1,51	-3,44
	1.2	Řípský	-	0,33	1,16	6,48	3,59	43,98	44,46	5,61	3,46	1,57	-3,49
	1.3	Úštěcký	-	-	3,04	4,73	50,00	21,01	21,21	3,30	2,53	0,85	-0,12
	1.4	Benátský	-	-	1,08	5,70	8,58	43,93	40,70	3,61	2,84	1,40	-1,23
	1.5	Českokobrodský	-	-	-	0,35	4,23	42,50	52,92	2,61	4,11	2,03	-1,60
	1.6	Mladoboleslavský	-	-	1,88	0,72	1,59	30,02	65,80	2,61	5,06	0,53	-2,36
	1.7	Polabský	-	-	-	0,72	6,86	32,52	59,90	2,61	4,60	2,70	-1,54
	1.8	Pardubický	-	-	-	-	34,20	51,08	14,72	1,06	1,16	2,26	0,19
	1.9	Cidlinský	-	0,01	0,14	4,88	31,61	45,02	18,34	4,69	3,01	-0,42	-3,38
	1.10	Třebechovický	-	-	-	1,07	48,93	46,49	3,51	2,15	2,60	-3,82	-0,17
	1.11	Prostějovský	-	-	-	-	3,96	1,25	94,79	1,45	7,00	-0,40	-0,81
	1.12	Litovelský	-	-	-	-	0,53	39,92	59,56	2,01	4,58	-0,56	-0,27
	1.13	Doupovský	-	-	-	27,65	15,72	50,72	5,91	0,92	2,22	-0,19	-0,81
	1.14	Milešovský	-	-	0,20	10,62	4,71	21,52	62,94	3,61	4,95	1,53	-1,02
	1.15	Verneřický	-	0,21	1,33	24,38	24,21	21,49	28,37	4,69	2,18	-2,99	-2,40
	1.16	Rakovnicko-žlutický	-	-	-	-	52,05	1,95	46,00	1,45	2,57	0,06	0,60
	1.17	Džbánský	-	-	-	0,20	54,26	37,66	7,89	2,15	3,00	0,47	-0,38
	1.18	Karlštejnský	-	-	0,17	3,55	9,79	44,26	42,24	3,61	2,94	-1,38	-1,98
	1.19	Křivoklátský	-	-	-	0,60	29,81	56,76	12,83	2,15	3,73	-1,08	-0,60
	1.20	Slapský	-	-	-	-	12,12	48,82	39,07	2,01	1,74	-2,44	-0,18
	1.21	Bechyňský	-	-	-	-	47,13	4,36	48,51	1,45	2,91	2,02	0,26
	1.22	Posázavský	-	-	-	1,63	2,99	85,48	9,90	2,61	5,44	0,67	-0,46
	1.23	Jevišovický	-	-	-	0,07	2,55	85,22	12,16	2,61	5,78	0,42	-0,36
	1.24	Brněnský	-	-	-	-	38,70	49,56	11,74	1,06	1,40	0,54	1,93
	1.25	Macošský	-	-	-	-	10,67	50,00	39,33	2,01	1,92	1,73	1,75
	1.26	Chebsko-sokolovský	-	-	0,01	26,50	16,93	50,61	5,95	2,99	3,40	0,52	-1,01
	1.27	Tachovský	-	-	-	0,00	13,49	48,77	37,74	2,61	3,27	0,76	-0,82
	1.28	Plzeňský	-	-	0,00	0,60	4,08	83,05	12,26	3,61	5,64	-0,09	-2,00
	1.29	Blatenský	-	-	-	-	1,33	77,08	21,60	2,01	4,89	0,16	-0,84
	1.30	Českokobudějovický	-	-	-	0,23	8,18	46,76	44,83	2,61	3,10	2,21	-1,42
	1.31	Třeboňský	-	-	0,05	1,36	8,65	89,94	0,00	1,06	6,12	1,10	0,21
	1.32	Děčínský	-	12,81	37,05	28,43	21,71	-	-	2,84	0,89	-1,23	2,51
	1.33	Kokořínský	-	17,96	24,75	46,12	5,39	5,78	-	0,90	1,52	2,06	1,02
	1.34	Ralský	-	2,83	36,21	38,40	19,17	3,33	0,06	0,53	1,66	-1,06	2,24
	1.35	Hruboskalský	-	12,02	24,05	17,48	41,57	3,98	0,90	0,66	2,15	-0,04	2,27
	1.36	Železnobrodský	-	32,18	17,12	24,98	25,66	0,06	-	0,99	1,74	-0,15	2,38
	1.37	Podkrkonošský	-	-	0,70	22,06	74,88	2,36	-	2,38	4,13	-0,90	0,14
	1.38	Broumovský	-	0,11	19,24	13,52	16,71	50,41	-	3,76	3,38	-4,30	-0,28
	1.39	Svitavský	-	0,33	0,59	47,39	13,80	37,89	-	4,23	2,07	-1,04	-1,88
	1.40	Branžovský	-	-	-	-	0,57	48,70	50,74	2,01	3,88	-4,79	0,27
	1.41	Plánický	-	-	-	8,24	29,56	59,12	3,09	1,06	3,19	-0,13	-1,29
	1.42	Sušický	-	-	-	2,54	72,02	25,01	0,42	1,06	3,93	1,82	-0,30
	1.43	Českokrumlovský	-	-	-	18,69	24,71	46,64	9,95	1,06	1,50	1,86	0,87
	1.44	Brdský	-	-	-	0,03	6,28	80,55	13,14	2,61	5,47	0,14	-0,71

Podprovincie	Kód	Bioregion	1	2	3	4	5	6	7	u_{ZOL}	v_{ZOL}	IOL	H
Hercynská	1.45	Votický	-	-	-	-	4,48	93,72	1,80	1,06	5,61	0,92	0,36
	1.46	Pelhřimovský	-	-	0,42	1,89	71,84	25,86	-	2,99	3,99	1,49	-0,74
	1.47	Novobystřický	-	-	-	-	50,10	49,90	-	1,30	0,04	2,41	3,68
	1.48	Havlíčkobrodský	-	-	-	9,06	68,15	20,58	2,21	1,06	3,26	1,82	2,13
	1.49	Železnohorský	-	0,01	0,44	3,36	5,22	50,27	40,70	5,61	3,37	-0,72	-2,59
	1.50	Velkomeziříčský	-	-	0,03	5,42	60,21	33,95	0,39	2,99	3,36	1,47	-0,73
	1.51	Sýkořský	-	-	-	9,05	42,18	48,77	-	2,15	2,24	-0,12	1,91
	1.52	Drahanský	-	0,00	0,31	12,22	29,06	56,92	1,49	4,69	3,84	-1,29	-2,49
	1.53	Šumperský	0,03	6,15	49,61	15,01	22,55	2,33	4,32	7,00	1,61	0,04	-6,27
	1.54	Nízkojesenický	-	-	0,03	1,43	5,63	77,34	15,56	3,61	5,24	-1,67	-0,89
	1.55	Krnovský	-	-	-	0,01	1,26	48,76	49,97	2,61	3,93	2,04	-1,67
	1.56	Žitavský	-	1,45	25,39	22,27	22,79	28,10	-	3,76	1,78	2,09	-0,31
	1.57	Šluknovský	-	-	2,04	10,36	57,60	30,00	-	2,99	3,02	-1,73	-0,64
	1.58	Ašský	-	-	0,10	28,49	50,52	20,89	-	2,38	2,80	1,74	-0,77
	1.59	Krušnohorský	17,77	10,35	18,23	17,38	32,16	4,12	-	0,84	1,34	1,95	3,94
	1.60	Hornoslavkovský	7,64	5,25	6,94	0,57	32,29	45,36	1,95	1,06	2,91	-3,27	1,21
	1.61	Českoleský	-	-	-	10,11	5,59	35,10	49,20	2,01	2,90	1,22	-0,34
	1.62	Šumavský	4,13	8,38	4,40	78,31	2,64	2,12	0,01	0,40	3,51	1,32	2,18
	1.63	Novohradský	-	-	-	1,90	98,10	-	-	1,68	5,14	-3,34	0,79
	1.64	Javoříčský	-	-	0,21	14,11	51,40	34,29	-	2,99	2,84	1,44	0,02
	1.65	Žďárský	-	0,07	15,02	71,77	12,67	0,46	-	2,84	3,20	-2,12	-0,85
	1.66	Lužickohorský	-	5,06	50,06	41,46	3,42	0,01	-	0,68	1,63	1,98	2,84
	1.67	Jizerskohorský	24,82	29,27	11,64	22,52	11,71	0,03	-	0,07	0,57	1,04	3,95
	1.68	Krkonošský	24,41	1,90	45,24	24,45	4,00	-	-	2,84	1,40	-4,65	4,70
	1.69	Orlickohorský	29,89	25,95	9,57	24,23	7,46	2,90	-	0,07	0,18	1,00	3,83
	1.70	Jesenický	27,63	27,66	9,21	12,25	10,48	12,66	0,10	0,00	0,53	2,50	4,11
	1.71	Chrudimský	-	-	-	1,62	0,38	64,45	33,55	2,01	4,27	2,02	-1,52
Polonská	2.1	Vidnavský	-	0,81	5,12	0,28	19,16	40,47	34,16	5,61	2,68	0,19	-1,23
	2.2	Opavský	-	-	-	-	-	18,31	81,69	1,61	2,09	2,57	2,39
	2.3	Ostravský	-	-	0,06	-	24,13	52,23	23,58	2,15	4,01	3,12	-0,06
	2.4	Pooderský	-	-	-	-	49,86	50,14	-	1,64	0,18	2,78	0,85
Západokarpatská	3.1	Ždánicko-litenčický	-	-	-	-	29,73	47,65	22,62	1,06	0,57	1,37	0,86
	3.2	Chřibský	-	-	-	-	49,92	50,00	0,08	1,06	3,34	-5,40	0,73
	3.3	Hlucký	-	-	-	-	-	19,71	80,29	1,61	1,88	-1,97	-1,17
	3.4	Hranický	-	-	-	0,02	10,75	47,87	41,36	2,61	3,21	-0,04	0,09
	3.5	Podbeskydský	-	0,53	2,35	12,40	50,14	34,21	0,37	1,06	2,71	2,49	0,71
	3.6	Bělókarpatský	-	-	-	11,09	32,88	55,02	1,01	1,06	3,44	-0,18	1,81
	3.7	Zlínský	-	-	0,01	5,51	16,18	56,07	22,23	3,61	3,78	-6,22	-1,48
	3.8	Hostýnský	-	-	-	45,06	7,88	47,06	-	1,45	2,09	-6,01	3,46
	3.9	Vsetínský	-	-	0,00	39,01	47,04	13,93	0,01	2,38	2,61	-4,10	0,65
	3.10	Beskydský	3,14	0,95	22,09	69,96	3,01	0,85	-	0,68	2,96	1,15	-2,04
	3.11	Kojetínský	-	-	-	-	-	36,54	63,46	1,61	0,47	0,22	-1,26
Severopanonská	4.1	Lechovický	-	-	-	-	-	51,83	48,17	1,32	0,01	2,85	2,64
	4.2	Mikulovský	-	-	-	-	1,30	51,07	47,64	2,01	3,21	-6,61	-0,72
	4.3	Hustopečský	-	-	-	0,09	11,02	57,17	31,73	2,61	3,84	-0,07	-1,49
	4.4	Hodonínský	-	-	-	-	20,27	68,00	11,73	1,06	1,97	-3,04	1,83
	4.5	Dyjsko-moravský	-	-	-	0,01	0,46	25,48	74,06	2,61	5,88	3,43	-1,90

ZÓNY OHROŽENÍ LESŮ V ČESKÉ REPUBLICE

Ing. Pavel Samec
RNDr. Alena Vondráková, Ph.D.
Mgr. Jan Caha, Ph.D.
Mgr. Zbyněk Janoška
Mgr. Ivo Sirota
doc. Dr. Ing. Miloš Zapletal
doc. Mgr. Pavel Tuček, Ph.D.
prof. RNDr. Vít Voženílek, Ph.D.

Recenzenti:
doc. RNDr. Pavel Cudlín, CSc.
doc. RNDr. Jaromír Kaňok, CSc.
Ing. Aleš Kučera, Ph.D.

EDICE M·A·P·S

Ediční řada M·A·P·S (Map and Atlas Product Series) je určena k podpoře publikační činnosti pracovníků a studentů Katedry geoinformatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. V rámci ediční řady je možné prezentovat výsledky dosažené při vědecké činnosti a studiu na PřF UP ve formě mapy, souboru map nebo atlasu (v analogové či digitální formě). Všechny tituly vydává Univerzita Palackého v Olomouci prostřednictvím svého vydavatelství. Rukopisy procházejí oponentním řízením dvěma nezávislými oponenty.

Publikace jsou k dispozici na e-shopu www.evup.upol.cz



Katedra geoinformatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci je ve svém oboru známým a uznávaným subjektem. Tento kredit získala především aktivní účastí na vrcholných odborných akcích, řešení odborných studií a grantů, bohatou publikační činností a řadou odborných aktivit (pořádáním konferencí, vydáváním vědeckých monografií, map a atlasů, členstvím ve vrcholných orgánech odborných společností geografů, kartografů a geoinformatiků).

Katedra se odborně profiluje zejména v oblasti kartografické tvorby map (Klimatické oblasti Česka podle Quitta, Obce České republiky: příslušnost k venkovskému a městskému prostoru aj.) a atlasů (Atlas podnebí Česka, Hranicko – atlas rozvoje mikroregionu, Atlas fenologických poměrů Česka, Atlas činnosti speciálně pedagogických center v ČR aj.) a v oblasti geoinformačních technologií. Vedle vědecko-výzkumných grantů a kartografických projektů byly na Katedře geoinformatiky řešeny projekty věnované pokročilým výpočetním metodám při odhalování prostorových vazeb v přírodních a socioekonomických systémech.

Katedra aktivně spolupracuje s celou řadou významných domácích pracovišť (např. Český hydrometeorologický ústav, Český statistický úřad, Český úřad zeměměřický a katastrální, Státní zdravotní ústav, Krajský úřad Olomouckého kraje, Magistrát města Olomouce) a mnoha zahraničními univerzitami (např. v Londýně, Bochumi, Salzburgu, Krakově, Budapešti, Vídni, Paříži, Valencii, Istanbulu).



Ing. Pavel Samec vystudoval Mendelovu zemědělskou a lesnickou univerzitu v Brně. Dlouhodobě studuje geologické příčiny podoby recentních přírodních společenstev. V současnosti se zaměřuje zejména na čtvrtohorní environmentální změny, evoluční ekologii krajiny, pedogeografii a ekologii lesů.

Předložené výsledky dosažené pomocí pokročilých statistických metod přinášejí nové informace o lesních ekosystémech a mohou proto poskytnout inspiraci odborníkům z celé řady oborů, zájímajících se o stav a prognózu dalšího vývoje lesa v ČR. Předložené práce se jeví jako přínosný podklad pro rozvoj studia stavu lesů na území České republiky.

(z posudku doc. RNDr. Pavla Cudlína, CSc.)

Podle tematického zaměření map ale hlavně podle způsobů zpracování, to je integrací, regionalizací, typizací, za pomoci metod modelování (fuzzy modelování, shlukové analýzy) a dalšího třídění, zařazování výskytu jevu do skupin, lze zařadit všechny tři mapy mezi mapy s vyšším stupněm zpracování, to je mezi mapy syntetické.

Měřítko map (1 : 500 000) byla zvolena z praktického, to je především srovnávacího hlediska, velmi vhodně. Dřívější geografický ústav ČSAV v Brně totiž vydával celou řadu map doplněnou textem v sérii zvané STUDIA GEOGRAPHICA, a to v měřítku pro ČR nejvhodnější, 1 : 500 000. Mapy se samozřejmě lišily od současných nejen obsahem, ale i způsoby zpracování. Přesto existuje možnost komplexního srovnávání.

(z posudku doc. RNDr. Jaromíra Kaňoka, CSc.)

Nespornou hodnotou publikace je její multidisciplinární pojetí, kdy jsou využity tradiční metody sběru dat i pokročilé postupy jejich zpracování. Dílo je hodnotné z hlediska věcného i metodického; lze konstatovat originální přístupy k práci s rozsáhlými datábázemi, což umožňuje zhodnotit nákladně a dlouhodobě získávaná data o klimatu, antropogenní zátěži, stavu půdního prostředí i nadzemní části lesních ekosystémů. Dílo evokuje další otázky ve věci využití výsledků v badatelských i aplikačních aktivitách, např. v poslední době pro zpracování aktuálních témat chřadnutí lesů vlivem klimatických změn a možné predikce rizik spojených s přírůsky, obecně nedostatkem vláhy v průběhu vegetační doby a dopad změn v distribuci srážek v průběhu roku. Může tak být podkladem pro tvorbu koncepce a strategie ve věci ochrany lesních porostů, predikce rizik napadení škůdci a patogeny i ochrany půdy jako klíčové složky lesního hospodaření, pro tvorbu legislativních opor ve správě lesů a ochraně přírody a krajiny.

(z posudku Ing. Aleše Kučery, Ph.D.)