

Marek Turčáni¹ - Tomáš Hlásny² - Vladimír Kalina¹ - Miloslav Vach¹

¹FLE ČZU Praha, ²Národní lesnické centrum, LVÚ

MODELOVÁNÍ GRADAČNÍHO AREÁLU PÍĎALKY PODZIMNÍ (*OPEROPHTERA BRUMATA* L. 1758) PŘI PŘEDPOKLÁDANÝCH ZMĚNÁCH KLIMATU NA SLOVENSKU

The simulation of outbreak area of winter moth (*Operophtera brumata* L. 1758) in predicted weather change in Slovakia

Abstract

Spatial distribution of winter moth (*Operophtera brumata* L.) in relation to climatic conditions has been studied in Slovakia. Previous gradient analyses defined soil moisture, temperature/elevation, and presence of *Quercus petraea* and absence of *Q. cerris* as key factors which influence spatial distribution of this moth species. Algorithm model which synthesized individual parameters was used to calculate probability of outbreaks. The GIS interpretation of models suggested that size of optimum area (where defoliation might occur) was inversely related to simulated temperature. The largest optimum area (83,352 ha) resulted from model with long-term normal temperatures (calculated from temperatures prior the temperature increase in the 1980s). The temperature increased by 1 °C resulted to decrease of potential optimal area by 75% (optimum only at 22,217 ha). Increase of temperature by 2 °C (from normal) led to almost the diminishing of outbreak area (optimum only at 2,129 ha). The results found are discussed.

Klíčová slova: píďalka podzimní, oblasti přemnožení, změny klimatu, prostorový model rozšíření

Key words: winter moth, outbreak areas, climate change, spatial distribution model

Úvod

Prostorové rozšíření přemnožení hmyzích druhů je jedním z parametrů důležitých při vyhodnocení potřeby obranného zásahu, jeho plánování a provedení. Přemnožení defoliátorů dosahují výměr několika tisíc až několika deseti tisíc hektarů a na základě historických údajů je známo, že gradace se v určitých územích vyskytují s větší, jinde s menší pravděpodobností.

Preference biotopů a struktura společenstev motýlích defoliátorů dubů na Slovensku byla v předcházejícím období studovaná PATOČKOU et al. (1962, 1999) a STOLINOU et al. (1985), ale jejich hodnocení se více opírá o přímé pozorování a kvalitativní charakteristiky než o kvantitativní statistické analýzy. Preference biotopů byla na základě dlouholetých přímých zkušeností a údajů o gradačních výskytech vyjádřena pomocí „skupin lesních typů“. Klasifikace lesních typů vychází z primárního vegetačního krytu (na základě poznání historického vývoje lesních stanovišť a též na základě přítomnosti specifických rostlin) a jsou změněny předcházejícím hospodařením v lesích v různém rozsahu. Na základě těchto poznatků je známa preference biotopů nejvýznamnějších defoliátorů, jako jsou: *Lymantria dispar* L. 1758, *Operophtera brumata* L. 1758, *Tortrix viridana* L. 1758, *Aleima loeflingiana* L. 1758 a *Archips xylosteana* H 1799, orientačně i pro další druhy. Preferované biotopy byly vybrány primárně na základě prevalence gradací výše uvedených druhů (gradace je v tomto kontextu považována za takovou početnost hmyzu, která způsobuje ekonomicky významné defoliace). Uvedené hodnocení založené na výskytu gradací a vyjádřené skupinami lesních typů nepostihuje celé gradační území a je poměrně statické – při změně podmínek prostředí je značně obtížné předpokládat, jak budou jednotlivé druhy reagovat a jaké bude prostorové rozšíření defoliací při změnách podmínek (např. klimatických).

Dopady změn klimatu na prostorové rozšíření populací hmyzu se pokoušeli zhodnotit autoři ve světě (WILLIAMS et al. 2000, WILLIAMS, LIEBHOLD 2002, JOHNSON et al. 2006), ale i na Slovensku (MINDÁŠ et al. 2000) a v ČR (ŠEFROVÁ 2006, ŠEFROVÁ, LAŠTŮVKA 2006). Tyto potenciální změny jsou samozřejmě výrazně závislé na použitých scénářích vývoje změn klimatu, které jsou poměrně různorodé; z toho pak vyplývají i rozdíly v dosažených výsledcích. Co se však často opomíjí, či podceňuje, jsou nároky jednotlivých druhů na prostředí a jejich plasticita. Abychom pochopili mechanismus působení změn klimatu na jednotlivé druhy hmyzu, je nevyhnutelné v první řadě zohlednit základní parametry prostředí, které ovlivňují prostorové rozšíření hmyzu v současnosti a pokusit se pochopit i zákonitosti, které vedou k jejich fluktuaci.

Jako modelový druh pro prostorové analýzy byla vybrána píďalka podzimní (*O. brumata*). Tento druh má specifické nároky na životní podmínky (TURČÁNI 2006) a lze předpokládat, že případná změna klimatu jeho vývoj výrazně ovlivní.

V článku je uveden příklad využití poznatků z bionomie a ekologie druhu pro modelování změn v gradačním areálu. Uvádíme mapové výstupy prostorového rozšíření *O. brumata* syntetizované uplatněním rozdílných klimatických scénářů. Vzhledem k předpokládanému zvyšování teploty v nejbližších desetiletích je gradační areál modelován pouze pro případ zvyšování průměrných teplot. Potřebné databáze porostů s přiřazenými parametry prostředí pocházejí z archivu NLC Zvolen (Slovensko).

Metodika

V případě výše uvedeného modelového druhu, který může sloužit jako příklad i pro další defoliátory, byl nejprve připraven primární model prostorového rozšíření před začátkem působení klimatických změn a to na základě dlouholetých systematických pozorování (TURČÁNI 2006) a tento model byl převeden do prostředí GIS. Při definování vstupních parametrů modelů byly využity výsledky statistických analýz z práce TURČÁNIHO (2006). Následně byl na základě poznatků o nárocích druhu na prostředí odvozen idealizovaný model „vah“ faktorů, které se na prostorovém rozšíření druhů podílejí. Kvantifikovanými váhami byly testovány pomocí algoritického řešení individuální jednotky prostorového rozdělení lesa v počtu několika set tisíc porostů.

Součástí modelů byly i prostorově definované parametry prostředí (teplotní model Slovenska, digitální model terénu a modely rozšíření živých rostlin). Prostorové rozšíření *O. brumata* je v tomto případě vyjádřením vztahu druhu k prostředí, ve kterém nachází optimální, sub-optimální či pesimální podmínky. Vzhledem k tomu, že při vzniku gradací spolupůsobí i další faktory (bioregulační komplex, náhodné klimatické epizody zabraňující vzniku přemnožení i v optimu atd.), předpokládá se, že výměra individuálních gradací bude menší než modelem vyvozená plocha.

Vybudování modelu – algoritické řešení

Vstupní parametry modelu byly rozděleny na pozitivní anebo negativní limitující kritéria a na kritéria vyjadřující potenciál pro dosažení vysoké početnosti ve spojitě škále. Pozitivní limitující kritéria udávají, že při hodnotě tohoto kritéria 1, je hodnota výsledného prediktivního modelu 1, bez ohledu na strukturu dalších podmiňujících

faktorů. Negativní limitující kritéria znamenají, že při hodnotě 0 je výsledná hodnota 0, bez ohledu na ostatní faktory.

Pro vybudování kritérií podmiňujících dosažení vysoké početnosti v spojité škále bylo třeba provést transformaci původních hodnot jednotlivých proměnných (výška, teplota, půdní vlhkost) na tzv. skóre vhodnosti, čili do číselného rozsahu vyjadřujícího vhodnost pro *O. brumata*, standardně ve škále 0 – 1. Tímto způsobem transformované proměnné byly syntetizovány na základě vztahu:

$$P = \sum_{i=1}^n w_i x_i \prod_{j=1}^m c_j$$

kde:

P – je výsledná pravděpodobnost výskytu vysoké početnosti *O. brumata*;

c – jsou limitující kritéria nabývající hodnoty 0/1;

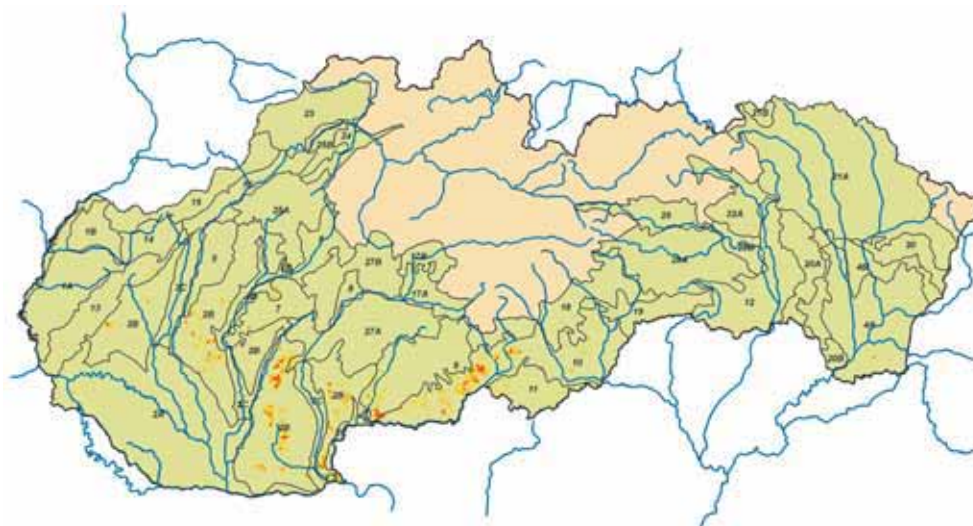
x – jsou kritéria vyjadřující pravděpodobnost narůstání početnosti *O. brumata* v spojité škále;

w – jsou váhy vyjadřující relativní příspěvek jednotlivých kritérií stanovených na základě provedených analýz (TURČÁNI 2006).

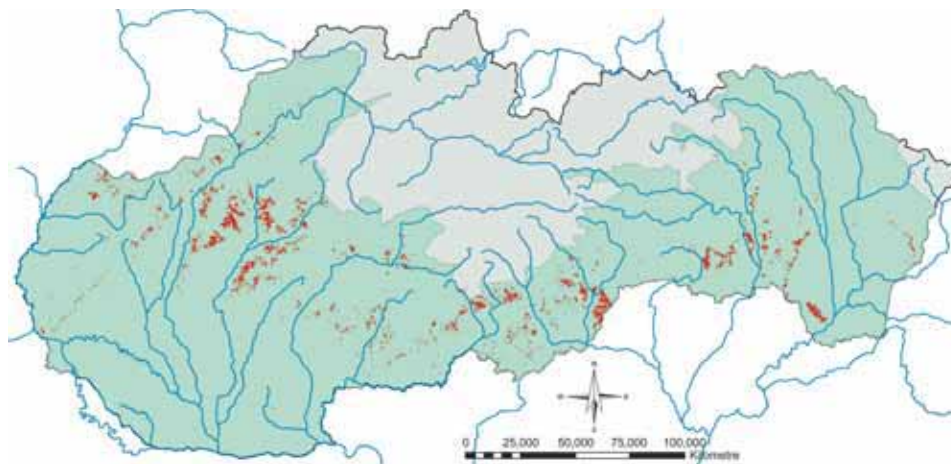
Z těchto analýz je zřejmé, že četnosti ovlivňuje nadmořská výška, a to následovně: Optimum tohoto druhu leží mezi 280 – 350 m, suboptimum je od 100 – 280 a 350 – 600 m, a pesimum je výše než 600 m (pravděpodobně vzhledem k dřevinnému složení, kdy ve vyšších nadmořských výškách je již více buku). Třídění porostů v databázi bylo provedeno na základě následujících kritérií: Byl-li v porostu výskyt

Q. petraea s. l. větší než 60 %, porost byl považován za optimální, byl-li výskyt *Q. petraea* s. l. v rozmezí 40 – 60 %, byl hodnocen jako suboptimální. Klasické pesimum v tomto případě neexistuje vzhledem k široké polyfagii. Související analýzy (TURČÁNI 2006) však ukázaly, že nejvýznamnějším parametrem ovlivňujícím prostorové rozšíření *O. brumata* je půdní vlhkost. V tomto případě nastal problém, protože tento parametr se v databázích nenachází, a bylo třeba ho nahradit jiným, v současnosti dostupným parametrem, který by alespoň přibližně požadovanou informaci obsahoval.

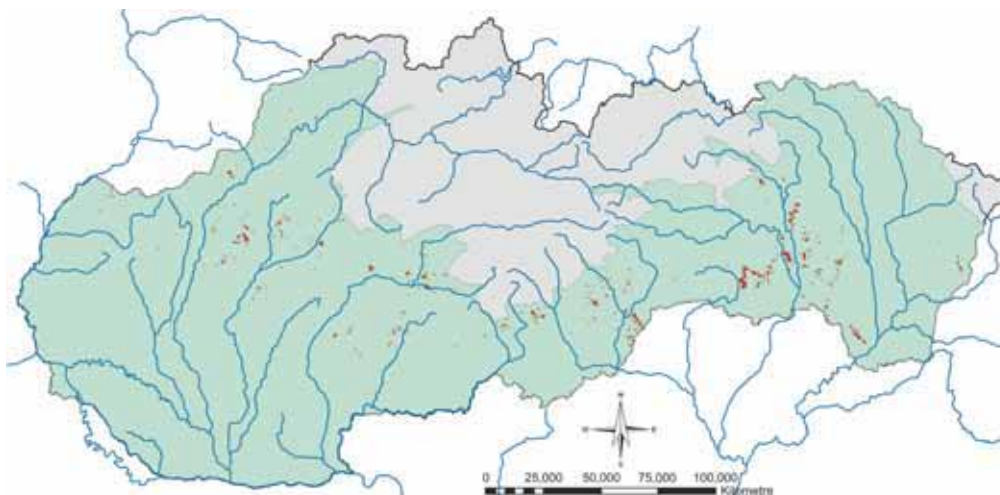
K tomuto účelu byla využita klasifikace lesních typů (LT) a skupin lesních typů (SLT). Tyto prostorové typologické jednotky jsou definovány jako zjednodušení „gradientové“ prostorové struktury, jelikož aplikace gradientů je v praxi složitá. Lesní typy a skupiny lesních typů vyjadřují kromě jiného i typ půdy a obsah vody v půdě. Do modelu jsme proto zavedli i tuto prostorovou charakteristiku. Informace o SLT a LT, které jsou z hlediska *O. brumata* optimální, byly získány z literatury (STOLINA et al. 1985). Za optimální SLT byly považovány FQ, Ufr, a QFr, za suboptimum byly uváděny SLT QF a Fq. Z provedených analýz dále vyplynulo, že prostorové rozšíření (vyjádřené rozdíly v početnosti) ovlivňuje i teplota (TURČÁNI 2006): Optimální průměrná roční teplota, kde druh dosahuje nejvyšší četnosti, je 8,3 °C, optimální rozpětí 7,8 – 8,8 °C a teplotní pesimum začíná přibližně při 6,5 °C v minimu a při 10 °C v maximu. Poslední indikací, která vyplynula z kanonické korespondenční analýzy (TURČÁNI 2006), je přítomnost *Q. cerris*. Tento druh dubu preferuje sušší půdy, které většinou zname-



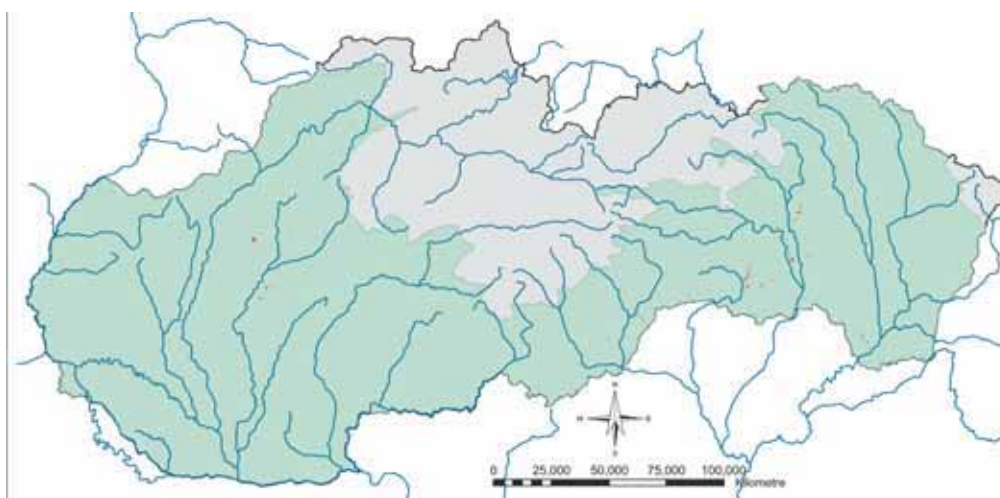
Obr. 1. Vylišení lesních oblastí Slovenska (světlezelená část), pro které byly zpracovány analýzy
Definition of forest units in Slovakia (bright-green portion), where analyses were processed



Obr. 2. Lesní porosty s optimálními podmínkami pro *O. brumata* při normální teplotě
Forest stands with optimal conditions for *O. brumata* in standard temperature



Obr. 3. Lesní porosty s pravděpodobností přemnožení *O. brumata* při teplotně mírně nadnormálním průběhu počasí
Forest stands with optimal conditions for *O. brumata* at temperature increased slightly compared with standard



Obr. 4. Lesní porosty s pravděpodobností přemnožení *O. brumata* při teplotně výrazně nadnormálním průběhu počasí
Forest stands with optimal conditions for *O. brumata* at temperature increased markedly compared with standard

nají horší podmínky pro *O. brumata*. Tuto nevýhodu znásobuje fakt, že pupeny tohoto druhu raší pozdě a je troficky nevhodný pro *O. brumata*. Čím je *Q. cerris* v porostech více zastoupen, tím je porost více mimo optimum, a to i v případě, že byl prostřednictvím LT k optimu přiřazen. Jak silně tento parametr ovlivňuje početnost *O. brumata*, je složité odhadnout. Pro analýzu byly zvoleny tyto hodnoty: 50% zastoupení ceru indikovalo pesimum, méně než 5 % indikovalo ještě optimum.

Váhy, které byly následně zvoleny pro model *O. brumata*, jsou na základě uvedených informací následující (obecně se váha přiřazovala na základě korelace faktorů s ordinačními osami a jejich součet je 1,0): Půdní vlhkost (vyjádřena skupinami lesných typů) = 0,4; Průměrná roční teplota = 0,4 (odvozeno z teplotního modelu Slovenska pro každý studovaný porost); Preferovaná živná dřevina – *Q. petraea* s. l. = 0,1 (z porostních databází NLC Zvolen); a nepreferovaná živná dřevina *Q. cerris* = 0,1 (z porostních databází NLC Zvolen).

Výsledky a diskuse

Prostorová rozšíření modelového druhu závisí na přírodních podmínkách, které splňují jeho nároky na perzistentní přežívání. Popsat celkový areál rozšíření druhu je složité. Pro účely ochrany lesa je účelnější zpracovat „optimální areál prostorového rozšíření“, který indikuje místa, kde ten který druh nachází nejlepší podmínky pro svůj vývoj a kde je tedy nejvyšší pravděpodobnost, že jeho četnost

dosáhne tak vysokých hodnot, že způsobí významné defoliace. Dopad klimatických změn však nelze chápat jako mechanické uplatňování zvyšování teploty v schématu „Čím tepleji – tím lépe“. K takovému chápání změny klimatu svádějí výsledky laboratorních pokusů, při kterých je zvyšování teploty až po určitou hranici pozitivní prvek. Možný vliv změny klimatu tedy bude spíše komplexní reakcí na změnu přírodních podmínek, vyjádřenou zjednodušeně rovnicí:

$$A(x) = f(1_x, 2_x, \dots, z_x) \pm e_x$$

kde:

$A(x)$ – je velikost optimální prostorové rozšíření druhu x ;

f – je funkce velikostí optimální prostorového rozšíření druhu x ;

1 – je statisticky významný faktor prostředí č. 1 podílející se (nejvýznamněji) na definování funkce optima prostorového rozšíření druhu x ;

2 – je statisticky významný faktor prostředí č. 2 podílející se (méně významně než předcházející faktor) na definování funkce optima prostorového rozšíření druhu x ;

z – je statisticky významný faktor prostředí č. 3 podílející se (nejméně ze statisticky významných faktorů) na definování funkce optima prostorového rozšíření druhu x ; a

e – je entropie prostředí/adaptační schopnost druhů definující prostorové rozšíření druhu (ve většině případů tuto veličinu neznáme, jedná se například o definování konkurenčních vztahů a vztahů predátor – kořist a parazit – kořist... atd.).

Pro píďalku podzimní byla prostorová analýza zpracována pro lesní oblasti Slovenska, v nichž se vyskytují preferované živné rostliny (v tomto případě duby) (obr. 1). Model č. 1 představoval situaci, kdy teploty před gradací a v průběhu gradace odpovídaly dlouhodobému normálu z období 1950 - 1980. Stanovení hodnoty pravděpodobnosti, která odpovídá historickým údajům o známých gradacích, bylo optimalizováno jejich vizuálním porovnáním a za rizikové oblasti byly považovány oblasti, kde pravděpodobnost v modelu překročila hodnotu 0,7. Model definoval jako potenciálně vhodné pro přemnožení 83 352 ha dubových porostů (obr. 2). Tyto porosty jsou soustředěny do 3 hlavních oblastí:

1. Oblast Považského Inovce, jižní části Strážovských vrchů a Tríbeče
2. Oblast Revúckych vrchů na východ po Bodviansku pahorkatinu
3. Oblast mezi Turňou nad Bodvou, Košicemi po Zemplínske vrchy

Kromě těchto hlavních oblastí existují optimální podmínky na méně kompaktních územích na předhořích pahorkatin Slovenska. Při „normálním“ průběhu počasí model indikuje možnost defoliací i na vlhčích lokalitách Malých Karpat, Štiavnických vrchů, Krupinské planiny a Cerové vrchoviny. Mezi lokality s možností přemnožení patří v této variantě i některé lokality v nížinné geografické oblasti jako Devínská Kobyla a izolované ostrovy dubin v Západoslovenské nížině (okolí Bátorových Kosih a Svodína). Na těchto lokalitách bývá přemnožení píďalek lokální a ojedinělé (pozorováno v roce 1996 – TURČÁNI, nepublikovaná data). Je samozřejmé, že přemnožení píďalek bývají zaznamenána i v jiných oblastech; v těchto případech jsou defoliace v převažující míře tvořeny jinými druhy – jako jsou tmavoskvrnáč dubový (*Agriopsis leucophaeria* D. a SCHIFF. 1775) a hedvábnice podzimní (*Alsophila aceraria* D. a SCHIFF. 1775), eventuálně komplex jiných teplomilných píďalek.

Zvýšením teploty o 1 °C dochází k zmenšení modelového gradačního areálu oproti situaci při teplotně normálním modelu. Výměra porostů v optimu píďalky podzimní dosahuje v tomto případě 22 217 ha porostů. Situaci znázorňuje obr. 3, z něhož je zřejmé zmenšení optima hlavně na západním Slovensku, ale i na jihu středního a východního Slovenska, a to ve všech sušších a níže položených porostech (lesní oblasti 2B, 4A, 4B, 5, 9, 10, 13 19 a 25A). Za této situace by nejrozsáhlejší gradace tohoto druhu postihovaly vyšší polohy jihu východní části Slovenska.

Při zvýšení teploty o další 1 °C, představované modelem 3, se modelovaná výměra porostů s optimem pro *O. brumata* ještě sníží

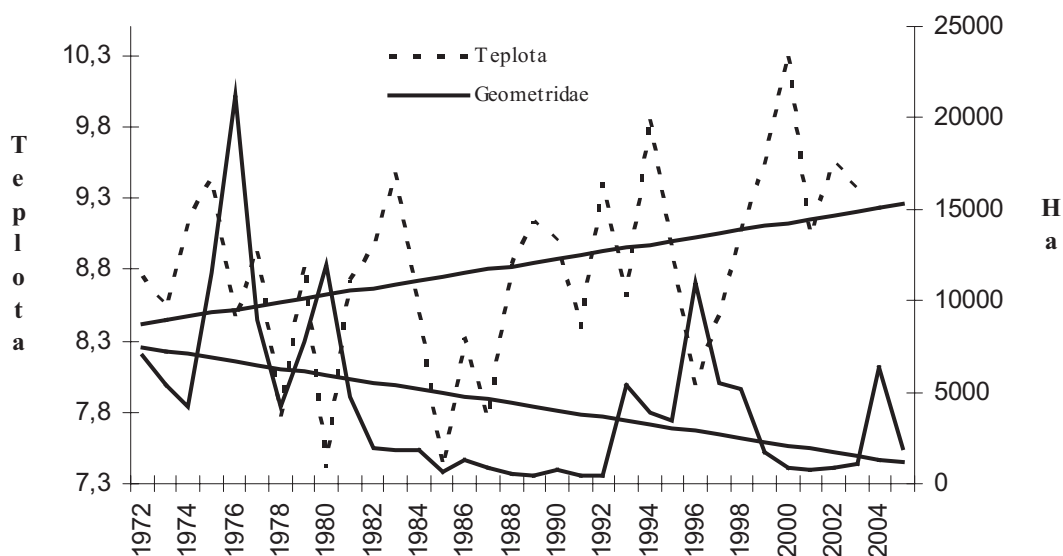
a model definoval jako ohroženou výměru pouhých 2 129 ha. Situaci znázorňuje obr. 4. Ve všech třech uvedených situacích je třeba si uvědomit, že vysoké hodnoty pravděpodobnosti nemusí zákonitě znamenat přemnožení. Indikují však porosty/oblasti, kde s nejvyšší pravděpodobností dojde k přemnožení, nastanou-li vhodné podmínky. Pro další upřesnění těchto porostů je třeba pokračovat ve zkoumání dalších parametrů - vnitro- a mezipopulačních vztahů a rovněž přesněji kvantifikovat nároky píďalky podzimní a možnosti její adaptace na změnu podmínek. Další výzkum, který by přispěl ke zpřesnění výsledků, spočívá i v přesnějším definování klimatických modelů v podmínkách střední Evropy.

V další práci jsme se zaměřili na vymezení výměry porostů s optimem pro píďalku podle jednotlivých lesních oblastí na Slovensku (tab. 1). Obecně lze konstatovat, že největší výměry porostů optimálních pro píďalku podzimní při normálním průběhu počasí jsou na okrajích nížin, kde tento druh nachází vhodné podmínky. Výměra právě těchto porostů je extrémně redukována v případě zvýšení průměrné roční teploty o 1°C (pokles až o 90 %). Původní optima ve výše položených oblastech jsou vyšší teplotou redukována méně, přičemž zde může lokálně docházet i ke zvýšení jejich výměry (Šarišská vrchovina a Čierna hora na východním Slovensku – tab. 1).

Modelovým zvýšením teploty o 2 °C v porovnání s normálem model indikuje výraznou redukci výměry porostů s optimem pro píďalku podzimní, kdy rozsáhlejší optimální oblasti zůstávají pouze v Košické kotlině. Na zbývajícím území zůstávají z optimálního areálu jen fragmenty. Tento proces lze vysvětlit nízkou adaptací kukel píďalky podzimní na nízkou půdní vlhkost při vyšší průměrné teplotě.

Aplikace výsledků analýzy prostorového rozšíření *O. brumata* v prostředí GIS při modelování změn klimatických podmínek naznačila možné dopady změn klimatu na gradační areál tohoto modelového druhu. Uvedené modely je třeba považovat za předběžné – spíše za metodický návod, jak přistupovat k řešení dopadů změny klimatu na některé druhy hmyzu. Předkládaná analýza rovněž upozorňuje na fakt, že v případě některých druhů hmyzu se areál rozšíření v souvislosti se zvyšováním teploty může i významně zmenšit. Výzkum se v dalším období zaměří na zpřesnění scénářů a zohlednění dalších faktorů, jejichž studium v současnosti probíhá (změny v bioregulačním komplexu, v kompetici, oligofagii, atd. v důsledku klimatických změn).

Značnou výhodou takto koncipovaných kvantitativních analýz v prostředí GIS je fakt, že vybrané klíčové faktory lze měnit – modelovat. Výsledkem je možnost výstupy dynamicky měnit podle scénářů klimatických změn. Další výhodou je fakt, že prezentované mapy



Obr. 5.

Porovnání výměry porostů defoliováných *Geometridae* (hlavně píďalkou podzimní) v období 1972 - 2005 (podle hlášení L 116) s průměrnými ročními teplotami na meteorologické stanici Beluša

The comparison of acreage of stands defoliated by loopers (mainly by winter moth) in the period of 1972 - 2005 (according to statistical forms L 116) with the average temperatures on meteorology station Beluša

Tab. 1.

Výměra porostů optimálních pro *O. brumata* dle jednotlivých lesních oblastí Slovenska při různých klimatických scénářích (v ha)
Acreage of forest stands optimal for *O. brumata* according to individual forest areas in Slovakia at various climatic scenarios (in ha)

Lesní oblast/Forest territory	Scénář T+0 ScenarioT+0	Scénář T+1 ScenarioT+1	Scénář T+2 Scenario T+2
1 – Záhorská nížina/Záhorská lowland	1 454	49	36
2 – Podunajská nížina/Podunajská lowland	19 304	1 900	434
4 – Východoslovenská nížina/Východoslovenská lowland	9 022	1 013	3
5 – Považský Inovec/Považský Inovec Mt.	11 509	874	36
6 – Hornonitrianska kotlina/Hornonitrianska fold	3 004	511	26
7 – Tríbeč/Tríbeč Mt.	7 452	298	214
8 – Žiarska kotlina/Žiarska fold	301	3	0
9 – Krupinská planina, Ostrôžky/Krupinská planina Mt., Ostrôžky Mt.	4 849	379	0
10 – Juhoslovenská kotlina, Gemerská pahorkatina/ Juhoslovenská fold, Gemerská pahorkatina Mt.	14 170	2 017	104
11 – Cerová vrchovina/Cerová vrchovina Mt.	2 247	10	0
12 – Košická kotlina, Abovská pahorkatina Košická fold, Abovská pahorkatina Mt.	9 391	7 031	929
13 – Malé Karpaty/Malé Karpaty Mt.	3 056	65	16
14 – Myjavská pahorkatina/Myjavská pahorkatina Mt.	1 586	3	0
15 – Biele Karpaty/Biele Karpaty Mt.	3 351	702	29
16 – Považské podolie/Považské valley	2 978	696	29
17 – Zvolenská kotlina/Zvolenská fold	1 868	1 239	29
18 – Revúcka vrchovina, Rožňavská kotlina Revúcka vrchovina Mt., Rožňavská fold	8 100	2 295	32
19 – Slovenský kras/Slovenský karst	5 332	635	6
20A – Slanské vrchy/Slanské vrchy Mt.	3 428	1 823	39
20B – Zemplínske vrchy/Zemplínske vrchy Mt.	2 723	923	159
21A – Nízke Beskydy/Nízke Beskydy Mt.	223	32	0
22A – Šarišská vrchovina, Spišskošarišské medzihorie/ Šarišská vrchovina Mt., Spišskošarišské medzihorie Mt.	256	702	6
23 – Javorníky/Javorníky Mt.	343	236	0
25A – Strážovské vrchy, Súľovské vrchy/ Strážovské vrchy Mt., Súľovské vrchy Mt.	5 944	356	52
27A – Štiavnické vrchy, Javorie, Pliešovská kotlina/ Štiavnické vrchy Mt., Javorie Mt., Pliešovská fold	3 215	1 094	0
27B – Pohronský Inovec, Vtáčnik, Kremnické vrchy/ Pohronský Inovec Mt., Vtáčnik Mt., Kremnické vrchy Mt.	1 803	654	0
28A – Volovské vrchy/Volovské vrchy Mt.	2 836	2 392	62
28B – Čierna hora/Čierna hora Mt.	1 292	1 389	117
30 – Vihorlatské vrchy/Vihorlatské vrchy Mt.	851	382	13
Celkem* Total **	131 887	29 705	2 369

* Rozdíly ve výměře v celkovém součtu porostů v tabulce a v komentářích k mapovým podkladům byly způsobeny rozdílnou technologií zpracování výměr porostů (vektor vs. rastr).

** *The differences in total acreage of forest stands in the Table and in the text originated from various technologies of acreages processing (vector vs. raster)*

poskytují nejen zjednodušený grafický výstup, ale lze je propojit i na databáze, což následně nabídne přesný seznam porostů, ve kterých může dojít ke zvýšení četnosti píďalky podzimní. Může tedy posloužit i jako vhodný nástroj pro lesního hospodáře tím, že indikuje, na které lesní celky se má zaměřit při kontrole četnosti škůdce a přípravě obranných opatření.

Analýza časové řady defoliací porostů za posledních 35 let naznačila, že cyklus napadení porostů píďalkou podzimní na Slovensku je téměř přesně 10letý (TURČÁNI 2006), i když analýza nedokázala statistickou významnost cyklu. V průběhu tohoto období počasí podléhalo různým změnám a teplota v posledních 2 desetiletích vykazuje výrazný trend oteplování (obr. 5). Zatímco trend výměry napadených porostů je výrazně klesající, pravidelnost gradačního cyklu se podstatně nemění (TURČÁNI 2006). Je to další indikace, že hypotéza vlivu počasí jako hlavního faktoru cyklických přemnožení píďalky podzimní není zcela správná. Tyto předpoklady podporují i výsledky analýz populací bekyně velkohlavé (*Lymantria dispar* L. 1758) z rozdílných klimatických podmínek publikované JOHNSONEM et al. (2006). Podle těchto údajů je délka gradačního cyklu v podmínkách Slovenska, Maďarska a Chorvatska identická a odpovídá 9,83 roku. V Rumunsku je perioda o něco kratší, na Ukrajině naopak delší. Pro budoucnost gradací na Slovensku je zajímavý fakt, že v Maďarsku je gradační perioda stejná i přes celkově teplejší podnebí. Lze tedy předpokládat, že současná hodnota oteplení obecně nezpůsobuje v periodicitě gradací motýlích defoliátorů tak výrazné změny jako v prostorovém rozšíření jejich gradací.

Závěr

- Model č. 1 znázorňující situaci, kdy teploty před gradací a v průběhu gradace odpovídaly dlouhodobému normálu z období 1950 - 1980, definoval jako potenciálně vhodné pro přemnožení píďalky podzimní dubové porosty o výměře 83 352 ha.
- Zvýšením teploty o 1 °C oproti dlouhodobému normálu dochází k zmenšení modelového gradačního areálu. Výměra porostů s optimem pro píďalku podzimní dosahuje v tomto případě 22 217 ha porostů.
- Při zvýšení teploty o další stupeň v porovnání s dlouhodobým průměrem se předpokládaná výměra porostů s optimem pro píďalku podzimní ještě snížila a model definoval ohrožení píďalkou podzimní na výměře pouze 2 129 ha.

Literatura

- JOHNSON, D. M., LIEBHOLD, A. M., BJORNSTAD, O. N., MCMANUS, M. L.: Circumpolar variation in periodicity and synchrony among gypsy moth populations. *Journal of Animal Ecology*, 74, 2006, s. 882-892
- MINĐÁŠ, J., TURČÁNI, M., ZÚBRIK, M., KONÓPKA, B.: Dôsledky zmeny klímy v oblasti ochrany lesa – abiotické škodlivé činitele a hmyzí škodcovia. [The results of climate change in forest protection – abiotic injurious factors and insect pests.] *Bulletin SMP pri SAV*, 9, 2000, č. 3, s. 11-15
- PATOČKA, J., ČAPEK, M., CHARVÁT, K.: Príspevok k poznaniu korunovej fauny hmyzu na duboch Slovenska so zvláštnym zreteľom na motýle. [Contribution to research of canopy fauna of insects on oaks in Slovakia with special regard to Lepidoptera.] *Biologické práce VIII/5*, SAV Publisher, Bratislava 1962. 154 s.
- PATOČKA, J., KULFAN, J., TURČÁNI, M.: Schmetterlinge (Lepidoptera) als Eichenschädlinge. In: Patočka, J., Krištín, A., Kulfan, J., Zach, P. (eds.): *Die Eichenschädlinge und ihre Feinde*. Zvolen, Institute for Forest Ecology of SAV 1999, s. 152-250.
- STOLINA, M. (ed.): *Ochrana lesa*. [Protection of Forest.] Bratislava, Príroda 1985. 480 s.
- ŠEFROVÁ, H.: Noví škůdci - hmyzí invaze a expanze. [New pests – insect invasions and expansions.] *Agromanuál*, 2006, č. 9, s. 44-47
- ŠEFROVÁ, H., LAŠTŮVKA, Z.: Povedou klimatické zmeny k šíreniu škůdců a nárastu jejich početnosti? [Will the climatic changes mean the spreading of pests and increase of their abundance?] *Agromanuál*, 2006, č. 1, s. 23-25
- TURČÁNI, M.: Vybrané aspekty abundančnej dynamiky modelových motýlích defoliátorov a ich možného ovplyvnenia klimatickými zmenami na juhozápadnom Slovensku. [Selected aspects of the abundance dynamics of model moth defoliators and their possible influence by the climatic change on the southwest Slovakia.] *Habilitačná práca*. Praha/CZU, Zvolen/NLC 2006. 139 s.
- WILLIAMS, D. W., LIEBHOLD, A. M.: Climate change and the outbreak ranges of two North American bark beetles. *Agricultural and Forest Entomology*, 4, 2002, s. 87-100.
- WILLIAMS, D. W., LONG, R. P., WARGO, P. M., LIEBHOLD, A. M.: Effects of climate change on forest insect and disease outbreaks. In: Mickler, R. A., Birdsey, R. A., Hom, J., (eds.): *Responses of northern U.S. forests to environmental change*. Ecological Studies, 139. New York, Springer New York Verlag 2000, s. 455-494.

The simulation of outbreak area of winter moth (*Operophtera brumata* L. 1758) in predicted weather change in Slovakia

Summary

Spatial distribution of insect pests is one of the parameters which are necessary for evaluation of needs for treatment, its planning and treatment itself. Outbreaks of defoliators are known on territory from several thousands to several ten thousands hectares in central Europe based on historical records. It is also known, that outbreaks are more common on some areas whereas quite rare on the others. Preference of habitats and communities structure of Lepidoptera defoliators on oaks in Slovakia has been previously evaluated on the base of direct observations and qualitative parameters than on quantitative statistics. The outbreak areas are known for: *Lymantria dispar* L. 1758, *Operophtera brumata* L. 1758, *Tortrix viridana* L. 1758, *Aleimma loeflingiana* L. 1758 and *Archips xylosteana* H 1799, and approximately also for other species. Preferred habitats were selected on the base of historical outbreak distribution. This type of outbreak area, expressed by the groups of forest types, does not cover whole potential outbreak area and it is not dynamic. It is difficult to predict how will change individual species their spatial distribution in relation to climate change. The paper presents the results of study of spatial distribution of winter moth (*Operophtera brumata*) in relation to climatic conditions in Slovakia. Previous gradient analyses suggested soil moisture, temperature/elevation, and presence of *Quercus petraea* and absence of *Q. cerris* as key factors which influence spatial distribution of this moth species. The GIS models indicated that size of optimum area (where defoliation might occur) was inversely related to simulated temperature. The largest optimum area (83,352 ha) resulted from model with long-term normal temperatures (calculated from temperatures prior to the temperature increase in the 1980s). The temperature increased by 1 °C resulted to decrease of potential optimal area by 75% (optimum only at 22,217 ha). Increase of temperature by 2 °C (from normal) led to almost the diminishing of outbreak area (optimum only at 2,129 ha). The results also show the potential changes of outbreak areas in individual forest territories in the Slovak Republic. The results found are discussed.

Recenzenti: RNDr. J. Kulfan, CSc., Ing. J. Holuša, Ph.D.