

HODNOTENIE DYNAMIKY VÝVOJA POPULÁCIE PODKÔRNEHO HMYZU INDEXNOU ANALÝZOU NA PRÍKLADE ODCHYTOV IMÁG *IPS DUPLICATUS* SAHLBERG ZO SEVEROZÁPADNÉHO SLOVENSKA

ANDREJ KUNCA, MILAN ZÚBRIK

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, SK–960 92 Zvolen, email: kunca@nlcsk.org, zubrik@nlcsk.org

KUNCA, A., ZÚBRIK, M.: Evaluation of Bark Beetles Population Dynamics by Index Analysis on Example of Caught *Ips duplicatus* Sahlberg Beetles from North-Eastern Slovakia. Lesn. Čas. – Forestry Journal, **54**(2): 127 – 139, 2008, 1 fig., 2 tab., 22 ref. Original paper. ISSN 0323–10468

Number of beetles caught into pheromone traps is often used to express the strength of bark beetles populations. It was used to describe the population of *Ips duplicatus* in north-western Slovakia as well. However, comparison of both arithmetic averages of caught bark beetles and sum of bark beetles do not properly consider the number of pheromone traps. That was the reason we used the index method, which takes into account also the number of used traps. Data were obtained from the monitoring performed from 2001 until 2007.

Key words: population dynamics, bark beetles, *Ips duplicatus*, individual index, aggregate index

Počet odchytených imág do feromónových lapačov je často používanou veličinou pre vyjadrenie populačnej hustoty podkôrneho hmyzu. Používa sa aj pri hodnotení početnosti lykožrúta severského *Ips duplicatus*, jedného z najvýznamnejších invázných druhov škodcov na Slovensku. Štatistické zhodnotenie a porovnanie pomocou aritmetického priemeru odchytovej alebo sumy odchytovej do feromónových lapačov vo väčšine prípadov však neberie do úvahy údaj o počte použitých lapačov. Populácia lykožrúta severského bola hodnotená štatistickou indexnou metódou, ktorá využíva schopnosť indexov zohľadniť aj vplyv počtu lapačov na výsledné hodnoty. Pre analýzu sa použili údaje o početnosti lykožrúta severského získané z monitoringu Lesníckej ochrannárskej služby v Banskej Štiavnici v rokoch 2001 – 2007 (VAKULA a kol. 2008). Pre tieto údaje sa vypočítal I_H – index hodnotový, i_{pz} – index premenlivého zloženia, i_{szf} – Fisherov index stáleho zloženia a i_{strf} – Fisherov index štruktúry. Predložená analýza dokumentuje, že index premenlivého zloženia je objektívnym nástrojom na hodnotenie dynamiky vývoja populácie lykožrúta severského, ktorý umožní objektívne porovnanie rôznych populácií z priestorového a časového hľadiska.

Kľúčové slová: populačná dynamika, podkôrny hmyz, *Ips duplicatus*, individuálny index, agregatívny index

1. Úvod a problematika

Lykožrút severský *Ips duplicatus* Sahlberg sa v Európe vyskytoval až do polovice 20. storočia len jednotlivo napr. vo Švédsku, Poľsku, Rakúsku, atď. Koncom 20. storočia začal expandovať do rozsiahlych smrekových monokultúr v centrálnej časti Európy (PFEFFER, KŇÍŽEK 1995). Na Slovensku bol preukázateľne objavený až v roku 1996 Ing. Brutovským, CSc. vo Zvolene (BRUTOVSKÝ – personálna komunikácia). Už v roku 1997 sa začal realizovať feromónový monitoring s cieľom zmapovať jeho rozšírenie (TURČÁNI 2000). Bol zaznamenaný hojne najmä na severozápade Slovenska a ojedinele aj v centrálnej časti krajiny. Jeho rozšírenie sa od roku 1997 pravidelne zväčšuje a intenzita výskytu zosilňuje (VAKULA

a kol. 2008). Pôvodne sa predpokladalo, že sa tento druh vyskytuje len v nadmorských výškach do 800 m n. m., ale výskumy dokázali, že je schopný osídľovať aj lokality v nadmorských výškach 900 – 1 000 m n. m. (HOLUŠA 2003, KNÍŽEK, HOLUŠA 2001).

Hodnotenie dynamiky vývoja odchytých chrobákov podkôrných druhov hmyzu má so stúpajúcimi škodami na porastoch (KUNCA a kol. 2007) rastúci význam. Keďže na základe poznania stavu populácie je možné prognózovať jej budúci vývoj, kvantifikovanie stavu populácie a jeho porovnanie so stavom v prechádzajúcich obdobiach má zásadný význam pre ochranu lesa.

Modely vývoja populácií sú veľmi často aplikované na populácie hmyzu (LIEBHOLD 1994). Známe sú modely pre *Choristoneura fumiferana* Clem. (MORRIS 1963), pre mnišku veľkohlavú (CAMPBELL, SLOAN 1978), *Dendroctonus frontalis* Zimmermann (MAWBY a kol. 1989) a pre podkôrny hmyz (STENSETH 1989). Niektoré modely sú síce komplexné, ale aj komplikované. Naplnenie všetkých parametrov modelu sa stáva nezvládnuteľné a praktické použitie takýchto modelov je nízke (SHEEHAN a kol. 1989, SHEEHAN 1989, SHAROV, COLBERT 1994, JAKUŠ a kol. 2005). V modeloch s mniškou veľkohlavou sa napr. uvažuje so 40 parametrami (SHEEHAN 1989, SHAROV, COLBERT 1994). BERRYMEN (1991) tvrdí, že jednoduché modely sú často efektívnejšie pri predpovedaní medzročného vývoja. Komplexné modely zas dokážu zohľadniť mnohé aspekty, napríklad aj vplyv manažmentu na dlhodobý vývoj populácie.

V poslednom období sa najviac používajú priestorové modely s využitím GIS, ktoré zohľadňujú schopnosť hmyzu rozširovať sa v priestore. Mnohé druhy hmyzu dokážu prekonať počas jednej sezóny značné vzdialenosti (WESTBROOK a kol. 1992), ale aj v tých populáciách, kde sa nepočíta stakou disperznou aktivitou hmyzu, je potrebné ju v priestorových modeloch zohľadniť (CAMPBELL, SLOAN 1978, GOULD a kol. 1990, ZÚBRIK a kol. 2005b).

V práci použitá štatistická metóda bola vyvinutá a zdokonaľovaná pre hodnotenie dynamiky vývoja finančno-ekonomických ukazovateľov (KANDEROVÁ, ÚRADNÍČEK 2006). V kombinácii s inými štatistickými metódami (ŠMELKO 1998) bola modifikovaná a použitá pre hodnotenie populácie lykožrúta severského na základe odchytov imág na severozápade Slovenska za roky 2001 až 2007.

2. Materiál a metodika

Údaje o odchytch chrobákov do feromónových lapačov a počtoch lapačov (tab. 1) boli získané z monitoringu lykožrúta severského (VAKULA a kol. 2008).

Dynamika vývoja populácie podkôrneho hmyzu bola analyzovaná tzv. zloženými individuálnymi indexmi, kde patria „index hodnotový“, „index premenlivého zloženia“, „index stáleho zloženia“ a „index štruktúry“. Zložené individuálne indexy analyzujú dynamiku vývoja „celkovej priemernej intenzitnej veličiny“ (KANDEROVÁ, ÚRADNÍČEK 2006).

1. Prvým indexom počítaným pre zhodnotenie dynamiky vývoja populácia bol „index hodnotový“, ktorý udáva, ako sa v porovnávaných obdobiach zmenila „zložená extenzitná veličina“. Porovnáva celkový odchyt imág do všetkých lapačov na určitom území v dvoch rokoch.

$$I_H = \frac{\sum_{i=1}^n p_{i1} * q_{i1}}{\sum_{i=1}^n p_{i0} * q_{i0}} \quad [1]$$

kde

I_H – index hodnotový;

p_1 a p_0 – priemerný počet odchytených imág v určitom regióne do 1 lapača za 1 rok;

q_1 a q_0 – sú jednoduchou extenzitnou veličinou, ktorá vyjadruje určitý objem, množstvo, napr. počet inštalovaných feromónových lapačov. Rovnorodé extenzitné veličiny sa zhrňujú sčítavaním, úhrny nerovnorodých extenzitných veličín sa nemôžu zhrňovať sčítavaním.

dolný index „0“ – symbol pre tzv. základné obdobie (vzdialenejšie obdobie na časovej osi);

dolný index „1“ – symbol pre tzv. bežné obdobie (bližšie obdobie na časovej osi).

$p_{i1} * q_{i1}$ resp. $p_{i0} * q_{i0}$ – agregátna veličina (zložená extenzívna veličina) v bežnom resp. základnom období a vzniká ako súčin dvoch činiteľov, napr. priemerného počtu odchytených chrobákov na 1 feromónový lapač a počtu feromónových lapačov.

2. „Index premenlivého zloženia“ udáva, aká bola v porovnávaných obdobiach dynamika vývoja „celkovej priemernej intenzitnej veličiny“, ktorá je konštruovaná v tvare váženého aritmetického priemeru, kde váhami je jednoduchá extenzitná veličina alebo váženého harmonického priemeru, kde váhami je zložená extenzitná veličina.

$$i_{pz} = \frac{\bar{p}_1}{\bar{p}_0} \quad [2]$$

kde

i_{pz} – index premenlivého zloženia;

\bar{p}_1 resp. \bar{p}_0 – celková priemerná intenzitná veličina v bežnom období resp. základnom období.

$$\bar{p}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{i1}}{\sum_{i=1}^n q_{i1}} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{i1} * q_{i1}}{\sum_{i=1}^n q_{i1}} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{i1} * q_{i1}}{\sum_{i=1}^n \frac{p_{i1} * q_{i1}}{p_{i1}}} \quad [3]$$

$$\bar{p}_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{i0}}{\sum_{i=1}^n q_{i0}} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{i0} * q_{i0}}{\sum_{i=1}^n q_{i0}} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{i0} * q_{i0}}{\sum_{i=1}^n \frac{p_{i0} * q_{i0}}{p_{i0}}} \quad [4]$$

kde

p_i a p_0 – sú intenzitnou veličinou, ktorá vyjadruje nejakú úroveň, hladinu, intenzitu, napr. priemerný počet odchytených imág podkôrneho hmyzu za sezónu v regióne alebo v poraste. Intenzitné veličiny sa zhrňujú priemerovaním;

q_1 a q_0 – sú jednoduchou extenzitnou veličinou, ktorá vyjadruje určitý objem, množstvo, napr. počet inštalovaných feromónových lapačov. Rovnorodé extenzitné veličiny sa zhrňujú sčítavaním, úhrny nerovnorodých extenzitných veličín sa nemôžu zhrňovať sčítavaním.

$p * q = Q$ – agregátna veličina (zložená extenzívna veličina). Vzniká ako súčin dvoch alebo viacerých činiteľov, napr. priemerný počet odchytených chrobákov na 1 feromónový lapač a počtu feromónových lapačov.

Súčasťou analyzovania dynamiky vývoja je aj sledovanie parciálnych vplyvov zmien jednotlivých veličín na zmenu „celkovej priemernej intenzitnej veličiny – \bar{p}_1 alebo \bar{p}_0 “.

Podľa toho, či sa bude sledovať vplyv „individuálnej intenzitnej veličiny – p “, alebo vplyv „extenzitnej veličiny – q “, sa konštruuje „index stáleho zloženia – i_{SZ} “ alebo „index štruktúry – i_{STR} “. Pri ich tvorbe je možné používať konštantnú „individuálnu intenzitnú veličinu – p “ (resp. „extenzitnú veličinu – q “) a to zo základného obdobia alebo bežného obdobia, podľa toho sa tieto vzorce koncipujú v tzv. Laspeyresovom tvare (fixovaná je veličina zo základného obdobia) alebo v tzv. Paascheho tvare (fixovaná je veličina z bežného obdobia).

3. *Index stáleho zloženia* (i_{SZL} resp. i_{SZP}) informuje, ako by sa bola zmenila celková priemerná intenzitná veličina (\bar{p}) vplyvom zmeny individuálnych intenzitných veličín (p) za predpokladu, že v bežnom období by bola rovnaká štruktúra extenzitnej veličiny (q) ako v základnom období (Laspeyresove tvary), resp. v základnom období by bola rovnaká štruktúra extenzitnej veličiny (q) ako v bežnom období (Paascheho tvary).

$$i_{SZL} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n p_{i1} * q_{i0}}{\sum_{i=1}^n q_{i0}}}{\frac{\sum_{i=1}^n p_{i0} * q_{i0}}{\sum_{i=1}^n q_{i0}}} \quad [5] \quad \text{resp.} \quad i_{SZP} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n p_{i1} * q_{i1}}{\sum_{i=1}^n q_{i1}}}{\frac{\sum_{i=1}^n p_{i0} * q_{i1}}{\sum_{i=1}^n q_{i1}}} \quad [6]$$

4. *Index štruktúry* (i_{STRL} resp. i_{STRP}) udáva, ako by sa bola zmenila celková priemerná intenzitná veličina (\bar{p}) vplyvom zmeny príslušnej extenzitnej veličiny za predpokladu, že v bežnom období by bola rovnaká štruktúra individuálnej intenzitnej veličiny ako v základnom období (Laspeyresove tvary), resp. v základnom období by bola rovnaká štruktúra individuálnej veličiny ako v bežnom období (Paascheho tvary).

$$i_{STRL} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n p_{i0} * q_{i1}}{\sum_{i=1}^n q_{i1}}}{\frac{\sum_{i=1}^n p_{i0} * q_{i0}}{\sum_{i=1}^n q_{i0}}} \quad [7] \quad \text{resp.} \quad i_{STRP} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n p_{i1} * q_{i1}}{\sum_{i=1}^n q_{i1}}}{\frac{\sum_{i=1}^n p_{i1} * q_{i0}}{\sum_{i=1}^n q_{i0}}} \quad [8]$$

Pre objektívne zhodnotenie sa vypočítali oba možné tvary vzorcov (Laspeyresove a Paascheho tvary) a z nich tzv. *ideálny Fisherov index*, ktorý je geometrickým priemerom Laspeyresovho a Paascheho tvaru indexu stáleho zloženia a štruktúry:

$$i_{SZF} = \sqrt{(i_{SZL} * i_{SZP})} \quad [9] \quad \text{resp.} \quad i_{STRF} = \sqrt{(i_{STRL} * i_{STRP})} \quad [10]$$

3. Výsledky

Údaje získané z monitoringu lykožrúta severského (VAKULA a kol. 2008) boli spracované deskriptívnymi štatistickými metódami (tab. 1). Za intenzitnú veličinu „ p “ sme zvolili „Priemerný počet odchytených imág *Ips duplicatus* na 1 feromónový lapač“ a za jednoduchú extenzitnú veličinu „ q “ – „Počet feromónových lapačov“ (tab. 2).

Tabuľka 1 Výsledky z monitoringu lykožrúta severského podľa rokov za obdobie 2001-2007 (VAKULA a kol. 2008) upravené pre štatistickú analýzu

Table 1 Results from Ips duplicatus monitoring spanning from 2001 through 2007 (VAKULA et al. 2008) adjusted for statistical analysis

Rok ¹⁾	Región ²⁾	p ³⁾	q ⁴⁾	p*q ⁵⁾
2001	Javorníky	2,74	102	279
	Kysuce	2,9	60	174
	Orava+Turiec+Liptov	0,63	113	71
	Spolu⁶⁾	×	275	524
2002	Javorníky	0,51	39	20
	Kysuce	5,16	180	929
	Orava+Turiec+Liptov	0,29	169	49
	Spolu⁶⁾	×	388	998
2003	Javorníky	87,9	49	4 307
	Kysuce	54,5	96	5 232
	Orava+Turiec+Liptov	27,76	127	3 526
	Spolu⁶⁾	×	272	13 065
2004	Javorníky	59,74	39	2 330
	Kysuce	32,03	96	3 075
	Orava+Turiec+Liptov	30,67	150	4 601
	Spolu⁶⁾	×	285	10 006
2005	Javorníky	35,88	75	2 691
	Kysuce	203,22	135	27 435
	Orava+Turiec+Liptov	95,72	256	24 505
	Spolu⁶⁾	×	466	54 631
2006	Javorníky	144,47	90	13 002
	Kysuce	309,96	120	37 195
	Orava+Turiec+Liptov	50,82	208	10 571
	Spolu⁶⁾	×	418	60 768
2007	Javorníky	146,04	83	12 121
	Kysuce	414,03	160	66 245
	Orava+Turiec+Liptov	217,10	191	41 467
	Spolu⁶⁾	×	434	119 833

¹⁾Year; ²⁾Region; ³⁾Priemerný počet odchytených imág Ips duplicatus na 1 feromónový lapač [ks] – Average Number of Caught Ips duplicatus Beetles per 1 Pheromone Trap; ⁴⁾Počet feromónových lapačov [ks] – Number of Pheromone Traps; ⁵⁾Počet odchytených imág Ips duplicatus [ks] – Number of Caught Ips duplicatus beetles; ⁶⁾Total

Tabuľka 2 Analýza dynamiky vývoja odchytovej hodnoty niektorými indexmi

Table 2 Analysis of population dynamics development evaluated by statistical indexes

Porovnávané roky ¹⁾	I_H ²⁾	i_{pz} ³⁾	i_{sz} ⁴⁾	i_{STR} ⁵⁾
2002/2001	1,90	1,35	1,01	1,34
2003/2002	13,09	18,67	20,52	0,91
2004/2003	0,77	0,73	0,77	0,95
2005/2004	5,46	3,34	3,40	0,98
2006/2005	1,11	1,24	1,24	1,00
2007/2006	1,97	1,90	1,73	1,10

¹⁾Compared years; ²⁾ I_H – index hodnotový – agregátna veličina (zložená extenzívna veličina) – porovnáva celkové odchyty za 1 rok – value index; ³⁾ i_{pz} – index premenlivého zloženia – porovnáva odchyty váženým aritmetickým priemerom, kde váhami je počet inštalovaných lapačov – index of floating composition; ⁴⁾ i_{sz} – Fisherov index stáleho zloženia – charakterizuje vplyv priemerných odchytovej hodnoty do feromónových lapačov na celkovú zmenu odchytovej hodnoty imág ID – Fisher's index of constant composition; ⁵⁾ i_{STR} – Fisherov index štruktúry – charakterizuje vplyv počtu lapačov na celkovú zmenu odchytovej hodnoty imág ID – Fisher's index of structure

V roku 2002 sa oproti roku 2001 zvýšil počet inštalovaných lapačov (q), priemerné odchyty do 1 lapača (p) boli približne na tej istej úrovni, zvýšil sa celkový počet odchytených chrobákov v regiónoch (p*q) (tab. 1). Celkový priemerný ročný odchyt imág lykožrúta severského do jedného lapača hodnotený indexom premenlivého zloženia i_{pz} sa v roku 2002 oproti roku 2001 zvýšil 1,35-krát, resp. o 35 % ($i_{pz}=1,35$; $135\% - 100\% = 35\%$). Ak by v roku 2002 bol taký istý počet a štruktúra rozmiestnenia inštalovaných lapačov (q) ako v roku 2001 (resp. v roku 2001 ako v roku 2002), potom vplyvom individuálnych priemerných ročných odchyto v jednotlivých regiónoch (p) v roku 2002 by sa celkový priemerný ročný odchyt do jedného lapača hodnotený i_{SZF} zvýšil 1,01-krát, resp. o 1 % ($i_{SZF}=1,01$; $101\% - 100\% = 1\%$). Ak by v roku 2002 boli také isté individuálne priemerné ročné odchyty do jedného lapača ako v roku 2001 (resp. v roku 2001 ako v roku 2002), potom vplyvom skutočného zvýšenia počtu inštalovaných lapačov by celkový priemerný ročný odchyt do jedného lapača hodnotený i_{STRF} sa zvýšil 1,34-krát, resp. o 34 % ($i_{STRF}=1,34$; $134\% - 100\% = 34\%$). Porovnaním hodnoty 1 % s 34 % je zrejmé, že vplyv počtu a rozmiestnenia inštalovaných lapačov (q) na zvýšení celkového priemerného ročného odchytu do jedného lapača i_{pz} bol v roku 2002 ďaleko väčší ako vplyv individuálnych priemerných ročných odchyto do jedného lapača (p).

V roku 2003 sa oproti roku 2002 znížil počet inštalovaných lapačov (q), výrazne sa však zvýšili priemerné odchyty do 1 lapača (p) a zvýšil sa aj celkový počet odchytených chrobákov v regiónoch (p*q) (tab. 1). Celkový priemerný ročný odchyt imág lykožrúta severského do jedného lapača hodnotený indexom premenlivého zloženia i_{pz} sa v roku 2003 oproti roku 2002 zvýšil 18,67-krát, resp. o 1 767 % ($i_{pz}=18,67$; $1\ 867\% - 100\% = 1\ 767\%$). Ak by v roku 2003 bol taký istý počet inštalovaných lapačov (q) ako v roku 2002 (resp. v roku 2002 ako v roku 2003), potom vplyvom zaznamenaného zvýšenia individuálnych priemerných ročných odchyto v jednotlivých regiónoch (p) v roku 2003 by sa celkový priemerný ročný odchyt do jedného lapača hodnotený i_{SZF} zvýšil až 20,52-krát, resp. o 1 952 % ($i_{SZF}=20,52$; $2\ 052\% - 100\% = 1\ 952\%$). Ak by v roku 2003 boli také isté individuálne priemerné ročné odchyty do jedného lapača ako v roku 2002 (resp. v roku 2002 ako v roku 2003), potom vplyvom skutočného zníženia a prerozdelenia počtu inštalovaných lapačov by celkový priemerný ročný odchyt do jedného lapača hodnotený i_{STRF} klesol 0,91-krát, resp. o 9 % ($i_{STRF}=0,91$; $91\% - 100\% = -9\%$). Porovnaním hodnoty 1 952 % s 9 % je zrejmé, že vplyv individuálnych priemerných ročných odchyto do jedného lapača (p) na zvýšení celkového priemerného ročného odchytu do jedného lapača i_{pz} bol v roku 2003 ďaleko väčší ako vplyv počtu a rozmiestnenia inštalovaných lapačov (q).

V roku 2004 sa mierne zvýšil počet inštalovaných feromónových lapačov (q), priemerné (p) ako aj celkové počty odchytených chrobákov v regiónoch (p*q) do feromónových lapačov sa však znížili (tab. 1). Celkový priemerný ročný odchyt imág lykožrúta severského do jedného lapača hodnotený indexom premenlivého zloženia i_{pz} sa v roku 2004 oproti roku 2003 znížil 0,73-krát, resp. o 27 % ($i_{pz}=0,73$; $73\% - 100\% = -27\%$). Ak by v roku 2004 bol taký istý počet inštalovaných lapačov (q) ako v roku 2003 (resp. v roku 2003 ako v roku 2004), potom vplyvom zaznamenaného zníženia individuálnych priemerných ročných odchyto v jednotlivých regiónoch (p) v roku 2004 by sa celkový priemerný ročný odchyt do jedného lapača hodnotený i_{SZF} znížil 0,77-krát, resp. o 23 % ($i_{SZF}=0,77$; $77\% - 100\% = -23\%$). Ak by v roku 2004 boli také isté individuálne priemerné ročné odchyty do jedného lapača ako v roku 2003 (resp. v roku 2003 ako v roku 2004), potom vplyvom skutočného mierneho zvýšenia počtu a prerozdelenia inštalovaných lapačov by celkový priemerný ročný odchyt do jedného lapača hodnotený i_{STRF} klesol 0,95-krát, resp. o 5 % ($i_{STRF}=0,95$; $95\% - 100\% = -5\%$). Porovnaním hodnoty -23 % s -5 % je zrejmé, že vplyv individuálnych priemerných ročných odchyto do jedného lapača (p) na znížení celkového priemerného

ročného odchyty do jedného lapača i_{pz} bol väčší ako vplyv počtu a rozmiestnenia inštalovaných lapačov (q).

V roku 2005 sa výrazne zvýšil počet inštalovaných feromónových lapačov (q), rovnako sa výrazne zvýšil aj priemerný počet odchytených chrobákov (p) a stúpili aj celkové odchyty v regiónoch (p*q) (tab. 1). Celkový priemerný ročný odchyt imág lykožrúta severského do jedného lapača hodnotený indexom premenlivého zloženia i_{pz} sa v roku 2005 oproti roku 2004 zvýšil 3,34, resp. sa zvýšil o 234 % ($i_{pz} = 3,34$; $334 \% - 100 \% = 234 \%$). Ak by v roku 2005 bol taký istý počet inštalovaných lapačov (q) ako v roku 2004 (resp. v roku 2004 ako v roku 2005), potom vplyvom zaznamenaného zvýšenia individuálnych priemerných ročných odchyto v jednotlivých regiónoch (p) v roku 2005 by sa celkový priemerný ročný odchyt do jedného lapača hodnotený i_{SZF} zvýšil 3,40-krát, resp. o 240 % ($i_{SZF} = 3,40$; $340 \% - 100 \% = 240 \%$). Ak by v roku 2005 boli také isté individuálne priemerné ročné odchyty do jedného lapača ako v roku 2004 (resp. v roku 2004 ako v roku 2005), potom vplyvom skutočného výrazného zvýšenia počtu a prerozdelenia inštalovaných lapačov by celkový priemerný ročný odchyt do jedného lapača hodnotený i_{STRF} klesol 0,98-krát, resp. o 2 % ($i_{STRF} = 0,98$; $98 \% - 100 \% = -2 \%$). Porovnaním hodnoty 240 % s -2 % je zrejmé, že vplyv individuálnych priemerných ročných odchyto do jedného lapača (p) na zvýšení celkového priemerného ročného odchyty do jedného lapača i_{pz} bol väčší ako vplyv počtu a rozmiestnenia inštalovaných lapačov (q).

V roku 2006 mierne klesol počet inštalovaných feromónových lapačov (q), stúpol však priemerný počet odchytených imág (p) a stúpili aj celkové počty odchytených chrobákov v regiónoch (p*q) (tab. 1). Celkový priemerný ročný odchyt imág lykožrúta severského do jedného lapača hodnotený indexom premenlivého zloženia i_{pz} sa v roku 2006 oproti roku 2005 zvýšil 1,24-krát, resp. o 24 % ($i_{pz} = 1,24$; $124 \% - 100 \% = 24 \%$). Ak by v roku 2006 bol taký istý počet inštalovaných lapačov (q) ako v roku 2005 (resp. v roku 2005 ako v roku 2006), potom vplyvom zaznamenaného zvýšenia individuálnych priemerných ročných odchyto v jednotlivých regiónoch (p) v roku 2006 by sa celkový priemerný ročný odchyt do jedného lapača hodnotený i_{SZF} zvýšil 1,24-krát, resp. o 24 % ($i_{SZF} = 1,24$; $124 \% - 100 \% = 24 \%$). Ak by v roku 2006 boli také isté individuálne priemerné ročné odchyty do jedného lapača ako v roku 2005 (resp. v roku 2005 ako v roku 2006), potom vplyvom skutočného zvýšenia počtu a prerozdelenia inštalovaných lapačov by sa celkový priemerný ročný odchyt do jedného lapača hodnotený i_{STRF} nezmenil, keďže $i_{STRF} = 1,00$; $100 \% - 100 \% = 0 \%$. Porovnaním hodnoty 24 % s 0 % je zrejmé, že vplyv individuálnych priemerných ročných odchyto do jedného lapača (p) na zvýšení celkového priemerného ročného odchyty do jedného lapača i_{pz} bol v roku 2006 väčší ako vplyv počtu a rozmiestnenia inštalovaných lapačov (q).

V roku 2007 stúpol počet inštalovaných feromónových lapačov (q), výrazne stúpol priemerný počet odchytených imág (p) a stúpili aj celkové počty odchytených chrobákov v regiónoch (p*q) (tab. 1). Celkový priemerný ročný odchyt imág lykožrúta severského do jedného lapača hodnotený indexom premenlivého zloženia i_{pz} sa v roku 2007 oproti roku 2006 zvýšil 1,90, resp. sa zvýšil o 90 % ($i_{pz} = 1,90$; $190 \% - 100 \% = 90 \%$). Ak by v roku 2007 bol taký istý počet inštalovaných lapačov (q) ako v roku 2006 (resp. v roku 2006 ako v roku 2007), potom vplyvom zaznamenaného zvýšenia individuálnych priemerných ročných odchyto v jednotlivých regiónoch (p) v roku 2007 by sa celkový priemerný ročný odchyt do jedného lapača hodnotený i_{SZF} zvýšil 1,73-krát, resp. o 73 % ($i_{SZF} = 1,73$; $173 \% - 100 \% = 73 \%$). Ak by v roku 2007 boli také isté individuálne priemerné ročné odchyty do jedného lapača ako v roku 2006 (resp. v roku 2006 ako v roku 2007), potom vplyvom skutočného zvýšenia počtu a prerozdelenia inštalovaných lapačov by sa celkový priemerný ročný odchyt do jedného lapača hodnotený i_{STRF} zvýšil 1,10-krát, resp. o 10 % ($i_{STRF} = 1,10$; $110 \% - 100 \%$

= 10 %). Porovnaním hodnoty 73 % s 10 % je zrejme, že vplyv individuálnych priemerných ročných odchytoch do jedného lapača (p) na zvýšení celkového priemerného ročného odchytu do jedného lapača i_{pz} bol v roku 2007 väčší ako vplyv počtu a rozmiestnenia inštalovaných lapačov (q).

V rokoch 2003 až 2007 mali na zmenu celkového priemerného odchytu oproti predchádzajúcemu roku väčší vplyv individuálne priemerné odchyty v jednotlivých regiónoch ako počet inštalovaných lapačov ($|i_{SZF}| - 1,00 > |i_{STRF}| - 1,00$), v roku 2002 to bolo naopak.

Hodnotový index I_H sa v ani jednom prípade nezhodoval s indexom premenlivého zloženia i_{pz} . Svojimi hodnotami kolísal okolo hodnôt i_{pz} (tab. 2). Keďže I_H nezohľadňuje počet inštalovaných lapačov, považujeme tieto hodnoty za menej presné pre charakterizovanie populačnej hustoty hodnoteného lykožrúta severského.

4. Diskusia

Pre porovnanie početnosti populácie podkôrníkov rôznych území alebo období sa používa najčastejšie množstvo napadnutého dreva a býva vyjadrené jeho celkovým objemom (KUNCA a kol. 2007) alebo priemerom na 1 ha (JAKUŠ a kol. 2003). Často sa používa aj údaj o počte odchytených imág lykožrútoch (VAKULA a kol. 2008). Používa sa v podstate jednoduchý individuálny index (i_p), keď sa porovnávajú aritmetické priemery odchytoch v porovnateľných regiónoch, alebo hodnotový index (I_H), keď sa porovnávajú celkové odchyty (ZÚBRIK a kol. 2005 A). Počet odchytených chrobákov na jeden lapač je jedným zo základných hodnotiacich kritérií pre početnosť populácie v STN 48 2711 „Ochrana lesa proti hlavným druhom podkôrneho hmyzu na ihličnatých drevinách“. Počet lapačov, z ktorých boli údaje získané, sa pritom prakticky zanedbáva.

Hodnota hodnotového indexu (I_H) nie je vážená počtom inštalovaných lapačov a teda tento faktor ani nezohľadňuje. Cieľom tohto článku je nahradiť často používaný hodnotový index, aj keď sa v praxi takto nenazýva, indexom premenlivého zloženia (i_{pz}), ktorý berie do úvahy v prvom rade počet inštalovaných lapačov, naviac však aj rozmiestnenie inštalovaných lapačov v regiónoch. Navrhovaný index premenlivého zloženia (i_{pz}) poskytuje v tomto prípade údaj, ktorý lepšie vyjadruje početnosť populácie, jej dynamiku vývoja a vhodný aj pre porovnanie dvoch časových období rovnakých území.

Sledovaním vývoja populácie lykožrúta severského od roku 2001 do 2007 (obr. 1) sa potvrdil rastúci trend početnosti a rozšírenia populácie lykožrúta severského na Slovensku. V procese analýzy dynamiky vývoja populácie je však dôležité poznať aj parciálne vplyvy zmien jednotlivých veličín (v našom prípade priemerného počtu odchytených chrobákov v jednotlivých regiónoch a počtu inštalovaných lapačov) na index premenlivého zloženia (i_{pz}).

Index štruktúry (i_{STRF}) hodnotí vplyv počtu inštalovaných lapačov na celkový priemerný odchyt, pričom vplyv priemerných odchytoch v regiónoch (resp. porastoch) je vylúčený. V našich prípadoch sa hodnoty i_{STRF} pohybovali od 0,91 do 1,34 (tab. 2). V rokoch 2003, 2004 a 2005 počet a štruktúra rozmiestnenia inštalovaných lapačov (vplyv meraný indexom štruktúry i_{STRF}) znižoval celkový priemerný odchyt ($i_{STRF} = 0,91$ až $0,98$). Znamená to, že rozmiestnenie daného počtu lapačov (nie vždy nižšieho) bolo horšie, resp. menej účinné z hľadiska počtu odchytených chrobákov ako porovnávané roky predtým. Pravdepodobne bolo treba v prvom rade výraznejšie zvýšiť počet lapačov tam, kde boli odchyty vyššie, a prípadne znížiť počet lapačov tam, kde boli odchyty nižšie. Tým by sa dosiahol väčší vplyv lapačov na celkový priemerný odchyt. To by malo byť aj cieľom každého hospodára, t.j. udržať účinnosť lapačov aspoň na takej úrovni ako rok predtým.

V roku 2006 vplýval počet lapačov rovnakou mierou ako rok predtým ($i_{STRF} = 1,00$), aj keď došlo k zníženiu počtu inštalovaných lapačov. Z tohto príkladu je zrejme, že aj znížením

počtu inštalovaných lapačov, avšak vhodným prerozdelením zostávajúceho počtu, je možné udržať vplyv lapačov na celkový priemerný odchyt na rovnakej úrovni (t.j. kde boli väčšie odchty došlo k zvýšeniu lapačov a naopak).

V rokoch 2002 a 2007 počet a rozmiestnenie feromónových lapačov bolo lepšie ako rok predtým a zvyšovali celkový priemerný odchyt meraný indexom premenlivého zloženia (i_{pz}). Týmto spôsobom hospodári zabezpečili lepšie využitie lapačov ako rok predtým a teda aj relatívne lacnejšiu ochranu pred podkôrnym hmyzom.

Ak dokážeme predpokladať, o koľko sa zvýšia resp. znížia priemerné odchty v jednotlivých regiónoch resp. porastoch v roku 2008, potom, aby sme mohli zaistiť aspoň rovnaký vplyv lapačov, ich počet a rozmiestnenie v daných regiónoch resp. porastoch upravíme, aby $i_{STRF} \geq 1,00$. Na odhade populácie v porastoch resp. regiónoch je potrebné brať do úvahy aspoň vývoj populácie v predchádzajúcich rokoch, objem atraktívnej hmoty a drevinové zloženie a vek okolitých porastov.

Aj prerozdělíme lapače z regiónov resp. porastov, kde sa odchytilo menej chrobákov do regiónov resp. porastov, kde sa odchytilo viacej chrobákov, zvýšime vplyv lapačov na celkový priemerný odchyt chrobákov. Takýmto spôsobom môže hospodár cieľavedome plánovať boj proti podkôrnemu hmyzu feromónovými lapačmi a vynaložené náklady efektívnejšie zhodnotiť kvôli väčšiemu počtu odchytených chrobákov na 1 lapač.

Index stáleho zloženia (i_{SZF}) hovorí, ako by sa zmenili celkové odchty, ak by počty lapačov v oboch rokoch neboli zmenené (buď počet zo základného obdobia alebo bežného obdobia). Informuje teda o vplyve zvýšeného resp. zníženého priemerného odchytu chrobákov v regiónoch (resp. porastoch) (p) do jedného lapača za rok na celkový priemerný odchyt (i_{pz}), pričom vplyv počtu lapačov je vylúčený. V našich prípadoch sa hodnoty tohto indexu pohybovali od 0,77 do 20,52. Len v roku 2004 priemerné odchty v regiónoch znižovali celkový priemerný odchyt, v ostatných rokoch zvyšovali hodnotu celkového priemerného odchytu. Existuje množstvo faktorov, ktoré vplývajú na tieto priemerné odchty. Ak však budeme uvažovať, že metodika odchytov, podmienky prostredia, kvalita ľudskej práce a iné objektívne faktory sú v oboch porovnávaných rokoch rovnaké, potom na túto zmenu môže mať vplyv už len zvýšená resp. znížená početnosť imág v sledovanej populácii, teda dynamika vývoja populácie. Týmto indexom stáleho zloženia je možné popísať, či v určitom roku populačná hustota podkôrneho hmyzu sa zvýšila alebo znížila, pričom sa berie do úvahy aj počet inštalovaných lapačov.

Vplyv počtu a rozmiestnenia lapačov meraný indexom štruktúry (i_{STRF}) na zmenu i_{pz} bol v rokoch 2003 až 2007 nižší ako vplyv priemerného počtu odchytených chrobákov meraný indexom stáleho zloženia (i_{SZF}). To znamená, že dynamika zmeny počtu a rozmiestnenia lapačov bola nižšia ako dynamika vývoja populácie lykožrúta severského. V roku 2002 to platilo naopak a teda zvýšený odchyt chrobákov sa dosiahol najmä aktívnym prístupom hospodára pri inštalovaní feromónových lapačov s ohľadom na zvýšený počet a štruktúru ich rozmiestnenia. To potvrdzuje domnienku o posilňovaní a zväčšovaní areálu lykožrúta severského na Slovensku.

4. Záver

Index premenlivého zloženia hodnotí a porovnáva početnosť populácie v dvoch rokoch na tom istom území na základe počtu odchytených chrobákov do feromónových lapačov. Sledovaním vývoja (obr. 1) sa potvrdil rastúci trend početnosti a rozšírenia populácie lykožrúta severského na Slovensku. Zvolený index premenlivého zloženia pritom lepšie hodnotí dynamiku vývoja populácie ako index hodnotový, ktorý nezohľadňuje počet inštalovaných lapačov. Metódu s indexom premenlivého zloženia je možné využiť pri prognózovaní počtu a rozmiestnenia feromónových lapačov v porastoch resp. regiónoch. Táto

metóda však iba dopĺňa informácie získané v regresnej analýze a v analýze variancie pre lepšie charakterizovanie populácie.



Obr. 1 Vývoj populácie lykožrúta severského *Ips duplicatus* vyjadrený indexom premenlivého zloženia (i_{pz}) a indexom stáleho zloženia (i_{szf}) na hlavnej Y osi a indexom štruktúry (i_{strf}) na vedľajšej Y osi

¹⁾ násobok i_{pz} a i_{szf} oproti roku 2001; ²⁾ násobok i_{strf} oproti roku 2001

Fig. 1 Development of *Ips duplicatus* population expressed by indexes such as i_{pz} , i_{szf} and i_{strf} ;

¹⁾ multiple i_{pz} and i_{szf} to 2001 on the main Y axis; ²⁾ multiple i_{strf} to 2001 on the secondary Y axis

Literatúra

- BERRYMAN A. A., 1991: Good theories and premature models. *American Entomologist*, vol. 37, p. 202 – 203.
- CAMPBELL R. W., SLOAN R. J., 1978: Numerical bimodality among North American gypsy moth populations. *Environmental Entomology*, vol. 7, p. 641 – 646.
- GOULD J. R., ELKINTON J. S., WALLNER W. E., 1990: Density-dependent suppression of experimentally created gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) populations by natural enemies. *Journal of Animal Ecology*, vol. 59, p. 213 – 233.
- HOLUŠA J., 2003: Stav populácie lykožrúta severského ve Slezsku v roce 2003. *Zpravodaj ochrany lesa*, IX./prosinec 2003, p. 24 – 28.
- JAKUŠ R., GRODZKI W., JEŽÍK M., JACHYM M., 2003: Definition of spatial patterns of bark beetle *Ips typographus* (L.) outbreak spreading in Tatra Mountains using GIS. *In Proceedings: Ecology, Survey and Management of forest Insects*, 2002 September 1–5 Krakow. Poland.
- JAKUŠ R., JEŽÍK M., KISSIYAR O., BLAŽENEC M., 2005: Prognosis of bark beetle attack in TANABBO model. *In GRODZKI W. (ed.) GIS and databases in the forest protection: Proceedings of papers from international workshop*, November 25–27, 2004, Krakow, Poland. Warsaw, p. 35 – 44.
- KANDEROVÁ M., ÚRADNÍČEK V., 2006: Štatistika a pravdepodobnosť pre ekonómov. 1. časť. *Občianske združenie FINANČ*, Banská Bystrica, 198 pp.
- KNÍŽEK M., HOLUŠA J., 2001: Lykožrout

severský *Ips duplicatus* Sahlberg. Lesnická práce, **80**(10): (příloha) 1 – 4. – **8.** KUNCA A. a kol., 2007: Výskyt škodlivých činiteľov v lesoch Slovenska za rok 2006 a ich prognóza na rok 2007. Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Zvolen, 101 pp. – **9.** LIEBHOLD A. M., 1994: Use and abuse of insect and disease models in forest pest management: past, present, and future. In W.W. COVINGTON and L.F. DEBANO (eds.), Sustainable ecological systems: implementing an ecological approach to land management, USDA For. Serv. Tech. Rep. RM-247, p. 204 – 210. – **10.** MAWBY W. D., HAIN F. P., DOGGETT C. A., 1989: Endemic and epidemic populations of southern pine beetle: Implications of the two-phase model for forest managers. Forest Science, vol. 35, p. 1 075 – 1 087. – **11.** MORRIS R. F., 1963: The development of predictive equations for the spruce budworm based on key-factor analysis. In R. F. MORRIS (ed.): The dynamics of epidemic spruce budworm populations, Memoirs of Entomological Society of Canada, vol. 31, p. 116 – 129. – **12.** PFEFFER A., KŇÍŽEK M., 1995: Expanze lýkožrouta severského (*Ips duplicatus* Sahlb.) ze severské tajgy. Zpravodaj ochrany lesa, Útvar OL-VÚLHM, Jíloviště - Strnady, sešit II., p. 8 – 11. – **13.** SHAROV A. A., COLBERT J. J., 1994: Gypsy Moth Life System Model. Integration of knowledge and a user's guide. Virginia Polytechnic Institute and State Univ., Blacksburg (VA). – **14.** SHEEHAN K. A., 1989: Models for the population dynamics of *Lymantria dispar*. In WALLNER W. E., MCMANUS K. A. (tech. coord.) Proceedings, Lymantriidae: a comparison of features of new and old world tussock moths; 1986 June 26 – July 1; Newhaven CT. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE-123., p. 533 – 547. – **15.** SHEEHAN K. A., KEMP W. P., COLBERT J. J., CROOKSTON N. L., 1989: The Western Spruce Budworm Model: structure and content. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-241. – **16.** STENSETH N. C., 1989: A model for the conquest of a tree by bark beetles. Holarctic Ecology, vol. 12, p. 408 – 414. – **17.** ŠMELKO Š., 1998: Štatistické metódy v lesníctve. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 276 pp. – **18.** TURČANI M., 2000: Lykožrút severský (*Ips duplicatus*) – Skúsenosti na Slovensku po troch rokoch monitoringu a perspektívy ďalšieho vývoja. Les, **56**(1): 18 – 19. – **19.** VAKULA J., BRUTOVSKÝ D., KUNCA A., GUBKA A., VARÍNSKY J., ZÚBRIK M., LEONTOVYČ R., LONGAUEROVÁ V., NIKOLOV CH., 2008: Vyhodnotenie monitoringu lykožrúta severského *Ips duplicatus* Sahlberg na severozápadnom Slovensku v roku 2007. NLC, Zvolen, 25 pp. – **20.** WESTBROOK J. K., SPARKS A. N., WOLF W. W., PAIR S. D., RAULSTON J. R., 1992: A model for long-distance moth dispersal. In J. L. GOODENOUGH and J. M. MCKINION (eds.), Basics of Insect Modeling, ASAE, St. Joseph (MI), USA, p. 171 – 183. – **21.** ZÚBRIK M., BRUTOVSKÝ D., BUČKO J., FERENČÍK J., FINĐO S., FLEISCHER P., HLAVÁČ P., JAKUŠ R., KALISKÝ K., KAŠTIER P., KODRÍK J., KONÔPKA B., KONÔPKA J., KOREŇ M., KUNCA A., NOVOTNÝ J., PAVLÍK M., PAVLÍK Š., RAŠI R., TURČANI M., VAKULA J., 2005a: Projekt ochrany lesa na území ŠL TANAP-u po vetrovej kalamite zo dňa 19. 11. 2004 - realizačný projekt. LVÚ, Zvolen, 85 pp. – **22.** ZÚBRIK M., KUNCA A., BUCHA A., RAŠI, R., 2005b: Utilization of digital maps in forest protection in Slovakia. In GRODZKI, W. (ED.), GIS and databases in the forest protection, Proceedings of papers from international workshop, November 25–27, 2004, Krakow, Poland. Warsaw, 2005. p. 81 – 89.

Summary

Index of floating composition evaluates and compares abundance of population during 2 years in the same area by the number of caught bark beetles into pheromone traps. The development of that index from 2001 to 2007 shows that population builds up in Slovakia (Figure 1). Chosen index of floating composition is stronger in evaluating population dynamics than value index. This method can even be used in prognosis of the distribution and number of

pheromone traps in following year. However, the method based on indexes is a complement to other statistical methods such as regression analysis and variance analysis.