

ANDRZEJ BORKOWSKI, RAFAŁ PODLASKI

## Statystyczna metoda oceny zagęszczenia populacji rytownika pospolitego *Pityogenes chalcographus* L. na wiatrowałach świerka *Picea abies* (L.) Karst.

Statistical method for estimating *Pityogenes chalcographus* L. population density on Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. windfalls

### ABSTRACT

Borkowski A., Podlaski R. 2012. Statystyczna metoda oceny zagęszczenia populacji rytownika pospolitego *Pityogenes chalcographus* L. na wiatrowałach świerka *Picea abies* (L.) Karst. Sylwan 156 (2): 137-146.

*Pityogenes chalcographus* L. (Col., Curculionidae, Scolytinae) is a pest of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. characterized by large fluctuations in population size. Despite many publications devoted to *P. chalcographus*, no accurate method of estimating the population density of this species has been developed. The aim of this study was to develop a statistical method of estimating the total density of *P. chalcographus* colonising stems and branches of *P. abies* wind-fallen trees that enables calculation of estimation errors and does not require debarking of whole stems and branches. Linear functions were applied to calculate the total infestation density of stems and branches of *P. abies* windfalls. The mean relative errors of estimation for stems and branches were smaller than 35% and 45%, respectively.

### KEY WORDS

*Pityogenes chalcographus*, *Picea abies*, wind damage, statistical model

### ADDRESSES

Andrzej Borkowski <sup>(1)</sup> – e-mail: A.Borkowski@pu.kielce.pl

Rafał Podlaski <sup>(2)</sup> – e-mail: r\_podlaski@pro.onet.pl

<sup>(1)</sup> Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska; Uniwersytet Jana Kochanowskiego; ul. Świętokrzyska 15; 25-406 Kielce

<sup>(2)</sup> Pracownia Ochrony Przyrody, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, ul. Świętokrzyska 15; 25-406 Kielce

### Wstęp

Rytownik pospolity *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Curculionidae, Scolytinae) jest jednym z najgroźniejszych szkodników świerka *Picea abies* (L.) Karst. w środkowej i północnej Europie [Wood 1982; Szujewski 1998]. W starszych drzewostanach na ogół towarzyszy kornikowi drukarzowi *Ips typographus* L., zasiedlając górne partie strzał i strefę koron [Führer i in. 1993; Baier, Bader 1997]. W sprzyjających warunkach (np. osłabione drzewa, korzystne warunki pogodowe) rytownik może występować samodzielnie na całej długości pni w drzewostanach różnych klas wieku [Eidmann 1992; Grodzki 1997]. Zasiadła on również wywroty i złomy [Schroeder i in. 1999; Göthlin i in. 2000; Grodzki i in. 2006], a także drewno zalegające w lecie na składach w lesie [Löytyniemi, Uusvaara 1977; Grodzki, Plata 2008].

W monitoringu oraz do zwalczania rytownika wykorzystywane są drzewa pułapkowe i wprowadzane są syntetyczne feromony, których skuteczność zależy od wielu czynników środowiskowych i nie zawsze jest zadowalająca [Niemeyer 1992; Händel, Wegensteiner 2003; Grodzki 2003; Jurc i in. 2006]. W celu zwiększenia efektywności syntetycznych feromonów postuluje się

m.in. łączenie nowoczesnych metod biotechnologicznych z metodami bardziej tradycyjnymi, np. zaopatrując pułapki feromonowe w gałązki świerkowe [Wegensteiner i in. 1989] lub umieszczając syntetyczne feromony na leżących drzewach pułapkowych [Grodzki 2003].

Dokładna ocena zagęszczenia populacji rytownika w drzewostanie wymaga wyłożenia drzew pułapkowych lub wykorzystania wiatrowałów świerkowych, a następnie policzenia na każdym z nich wszystkich żerowisk rytownika. Liczenie żerowisk tego gatunku jest bardzo pracochłonne, ponieważ wymaga precyzyjnego korowania strzały i gałęzi, połączonego z równoczesnym oznaczaniem żerowisk. Stąd w większości prac badawczych ocena zagęszczenia żerowisk ograniczona jest do większych bądź mniejszych fragmentów kory pobieranych w różnych częściach pnia, z pominięciem analizy entomologicznej gałęzi [Jakuš 1998; Göthlin i in. 2000; Eriksson i in. 2005, 2006; Grodzki, Plata 2008]. Prezentowane w tych pracach sposoby postępowania nie są oparte na metodach statystycznych, więc nie pozwalają na obliczenie błędów szacunku i dlatego mogą być bardzo niedokładne.

W celu oszacowania zagęszczenia populacji rytownika należy wprowadzić metody statystyczne do: (1) oceny całkowitej gęstości zasiedlenia przez rytownika pni i gałęzi drzew oraz (2) oceny gęstości populacji rytownika w badanym drzewostanie. Opracowanie metody opartej na podstawach statystycznych, w niewielkim stopniu ingerującej w ekosystem leśny i w miarę możliwości mało pracochłonnej, umożliwiłoby szybką i precyzyjną ocenę zagęszczenia populacji rytownika. Statystyczna metoda oceny całkowitej gęstości zasiedlenia przez rytownika pni i gałęzi drzew może znaleźć zastosowanie w modelach badawczych monitorujących liczebność korników i wykorzystujących zmienne środowiskowe [Jurc i in. 2006]. Tego typu metoda mogłaby być wykorzystywana w lasach gospodarczych oraz na obszarach przyrodniczo najcenniejszych, objętych różnymi formami ochrony. W rezerwach i parkach narodowych na ogół nie ma możliwości wykładania drzew pułapkowych i stosowania dużej liczby pułapek feromonowych. Dlatego szczególnie uniwersalna i cenna jest metoda wykorzystująca wiatrowały świerkowe i niewymagająca wykładania drzew pułapkowych.

Celem pracy jest przedstawienie statystycznej metody oceny całkowitej gęstości zasiedlenia strzał i gałęzi wiatrowałów świerkowych przez rytownika, polegającej na wykorzystaniu liniowych zależności między: (1) liczbą żerowisk na wybranych odcinkach strzały a całkowitą gęstością zasiedlenia strzały oraz (2) liczbą żerowisk na wybranych odcinkach gałęzi a całkowitą gęstością zasiedlenia gałęzi.

## Materiał i metody

**TEREN BADAŃ.** W marcu 2008 i 2009 roku na terenie Nadleśnictwa Zagnańsk (leśnictwa: Brzezinki, Długojów, Gózd) objętym występowaniem owadów wchodzących w skład zespołu kornika drukarza, wytypowano do badań drzewostany, które w okresie zimowym zostały dotknięte szkodami od wiatru. Wybrane drzewostany świerkowe o zwarcu przerywanym występowały na siedlisku lasu mieszanego wyżynnego. Udział procentowy oraz wiek głównych gatunków lasotwórczych kształtował się następująco: świerk 20-40%, 70-100 lat; jodła 20-40%, 80-105 lat; sosna 20-40%, 75-90 lat. Badania nad populacjami owadów kambio- i ksylofagicznych świerka dotyczyły zasiedlenia drzew leżących, z uwzględnieniem parametrów jakościowych i ilościowych. W 2008 i 2009 roku, w maju, losowo wybrano po 15 wiatrowałów. W czerwcu 2008 i 2009 roku każde drzewo odcięto od korzeni, okrzęsano z gałęzi, zmierzono i przeprowadzono ilościowe analizy entomologiczne, uwzględniające oprócz rytownika również inne, najliczniej występujące gatunki owadów kambio- i ksylofagicznych wchodzących w skład zespołu kornika drukarza.

ANALIZY ENTOMOLOGICZNE STRZAŁ. Na wiatrowałach wydzielono sekcje od grubszego końca do około 7-9 cm średnicy w cieńszym końcu: (1) 0,5-metrowe i (2) obejmujące po 10% długości bez wierzchołka leżącego drzewa. Sekcje 0,5-metrowe były wydzielane tak, aby ostatnia z nich wynosiła również 0,5 m, a średnica końcowa mieściła się w przedziale od 7 do 9 cm. Następnie przeprowadzono pomiary: (1) pierśnicy i średnic w korze w grubszym i cieńszym końcu poszczególnych sekcji, (2) średnicy początkowej i końcowej oraz (3) długości całkowitej i długości bez wierzchołka leżącego drzewa. Liczbę żerowisk rytownika obliczono stosując metodę sekcyjnych analiz entomologicznych. Polegała ona na zdjęciu płatów kory z kolejnych 0,5-metrowych sekcji drzew. W celu uniknięcia zniszczenia kory w trakcie zdejmowania jej z pni, na kolejnych sekcjach nacięto obwód, boki oraz górną część pnia. Dla każdej 0,5-metrowej sekcji pobrano dwa płaty kory z górnej oraz jeden płat kory z dolnej części pnia. Zasiedlenie sekcji pnia przez inne gatunki korników określano licząc: (1) liczbę żerowisk kornika drukarza oraz kornika drukarczyka *Ips amitinus* Eichh., (2) liczbę chodników macierzystych polesiaka obramowanego *Hylurgops palliatus* Gyll. i drzewożerka jednożennego *Dryocoetes autographus* Ratz. i (3) liczbę otworów wejściowych do drewna drwalnika paskowanego *Xyloterus lineatus* Ol.

ANALIZY ENTOMOLOGICZNE GAŁĘZI. Na wiatrowałach zmierzono długość korony na odcinku pomiędzy podstawą korony (stanowiły ją pierwsze gałęzie o zachowanym żywym igliwiu) a częścią wierzchołka o średnicy około 7-9 cm. Następnie ponumerowano wszystkie prawidłowo wykształcone gałęzie i do analiz entomologicznych losowo wybrano po 10 gałęzi z każdego drzewa. Podczas losowania wykorzystano schemat losowania prostego bez zwracania (lpbz) [Bracha 1996]. Na pobranych gałęziach wydzielono sekcje od grubszego końca do około 3-5 mm średnicy w cieńszym końcu: (1) 0,2-metrowe i (2) obejmujące po 10% długości gałęzi. Sekcje 0,2-metrowe były wydzielane tak, aby ostatnia z nich wynosiła również 0,2 m, a średnica końcowa mieściła się w przedziale od 3 do 5 mm. Następnie przeprowadzono pomiary: (1) średnic w korze w grubszym i cieńszym końcu poszczególnych sekcji, (2) średnicy początkowej i końcowej oraz (3) długości całkowitej. Stosunek płci rytownika i liczbę żerowisk badanych korników obliczono stosując metodę sekcyjnych analiz entomologicznych. Polegała ona na zdjęciu kory z gałęzi i policzeniu liczby żerowisk rytownika oraz kornika drukarczyka na kolejnych wyróżnionych sekcjach gałęzi.

ANALIZY STATYSTYCZNE. Całkowita gęstość zasiedlenia każdego pnia i gałęzi wiatrowałów świerkowych przez badane gatunki owadów została obliczona na podstawie liczby żerowisk na wszystkich 0,2- lub 0,5-metrowych sekcjach i pola powierzchni bocznej.

W celu oceny równomierności rozmieszczenia żerowisk rytownika na pniach i gałęziach badanych świerków wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji. Analizę *post-hoc* wykonano stosując test Tukey'a HSD. Przed analizą dane zostały poddane transformacji logarytmicznej [ $\log(\times 10)$ ]. Analizy przeprowadzono za pomocą pakietu Statistica 6.1 (StatSoft, Inc.).

Do określenia zależności między liczbą żerowisk rytownika na wybranych 0,5-metrowych odcinkach strzały a całkowitą gęstością zasiedlenia strzały oraz między liczbą żerowisk rytownika na wybranych 0,2-metrowych odcinkach gałęzi a całkowitą gęstością zasiedlenia gałęzi, wykorzystano analizę regresji i korelacji. Zastosowano następujące liniowe funkcje regresji:

$$D_{cs} = a_{0ks} + a_{1ks} nPc_{ks} \quad [1]$$

$$D_{eg} = a_{0kg} + a_{1kg} nPc_{kg} \quad [2]$$

gdzie:

$D_{cs}$ ,  $D_{eg}$  – całkowita gęstość zasiedlenia [liczba żerowisk/m<sup>2</sup>] odpowiednio strzały i gałęzi;

$nPc_{ks}$  i  $nPc_{kg}$  – liczba żerowisk na wyróżnionych 0,5-metrowych sekcjach strzały ( $ks=1, 2, \dots, 50$ ) i 0,2-metrowych sekcjach gałęzi ( $kg=1, 2, \dots, 12$ );  
 $a_{0ks}$ ,  $a_{0kg}$ ,  $a_{1ks}$ ,  $a_{1kg}$  – odpowiednie parametry funkcji regresji.

Dla każdej sekcji pnia i gałęzi obliczono parametry funkcji regresji ( $a_{0ks}$ ,  $a_{1ks}$  lub  $a_{0kg}$ ,  $a_{1kg}$ ), współczynnik korelacji ( $r_{ks}$  lub  $r_{kg}$ ) i średni względny błąd estymacji ( $s\bar{w}_{ks}$  lub  $s\bar{w}_{kg}$ ). Parametry liniowych funkcji regresji oszacowano metodą najmniejszych kwadratów. Ponadto sprawdzono hipotezy zerowe  $H_0$ , według których odpowiednie współczynniki  $a_{0ks}$  i  $a_{0kg}$  są równe zero [Bruchwald 1989]. Po przeprowadzeniu obliczeń wybrano funkcje najlepsze, czyli te, dla których współczynniki korelacji były największe, a średnie względne błędy estymacji najmniejsze. Analizy przeprowadzono wykorzystując pakiet Statistica 6.1 (StatSoft, Inc.).

## Wyniki

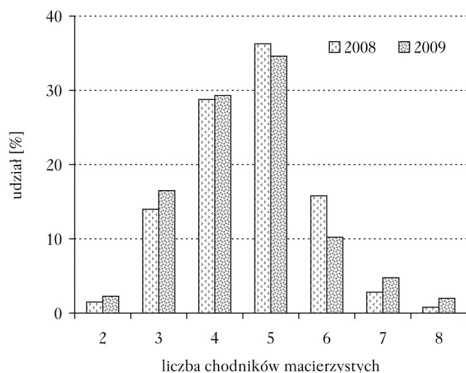
Ogółem wykonano analizy entomologiczne 1 250 0,5-metrowych sekcji pnia oraz 2 486 0,2-metrowych sekcji gałęzi wiatrowałów.

W obu sezonach badawczych rytownik opanował wszystkie badane drzewa. W 2008 i 2009 roku średnia gęstość zasiedlenia strzał wiatrowałów przez rytownika była zbliżona i wynosiła odpowiednio 68 i 71 żerowisk/m<sup>2</sup>. Na analizowanych pniach dominował kornik drukarz, którego średnia gęstość zasiedlenia w obu sezonach była zbliżona i wynosiła odpowiednio 235 i 211 żerowisk/m<sup>2</sup>. Pozostałe gatunki (polesiak obramowany, drzewożerek jednożenny i drwalnik paskowany) charakteryzowały się bardzo niską frekwencją (ich łączny udział wynosił mniej niż 1% wszystkich żerowisk stwierdzonych na badanych pniach).

Rytownik zasiedlił 95% analizowanych gałęzi (w 2008 i 2009 roku jego frekwencja wynosiła odpowiednio 66 i 93%). W 2008 i 2009 roku średnia gęstość zasiedlenia gałęzi była zbliżona i wynosiła odpowiednio 240 i 266 żerowisk/m<sup>2</sup>. Kornik drukarczyk opanował 24% badanych gałęzi (w 2008 i 2009 roku jego frekwencja wynosiła odpowiednio 22 i 27%). W 2008 i 2009 roku średnia gęstość zasiedlenia była zbliżona i wynosiła odpowiednio 20 i 24 żerowiska/m<sup>2</sup>.

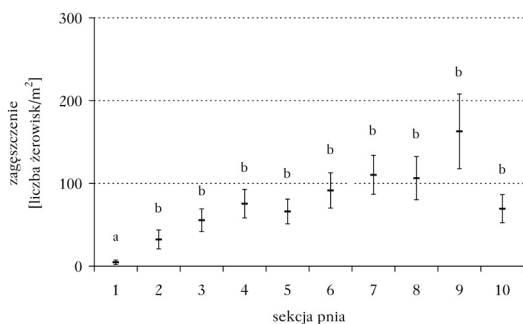
STRUKTURA ŻEROWISK RYTOWNIKA. Analiza żerowisk zakładanych przez rytownika wykazała ich zbliżoną strukturę w obu sezonach badawczych (ryc. 1). Dominowały żerowiska z czterema i pięcioma chodnikami macierzystymi. Najmniej w obu sezonach stwierdzono żerowisk z dwoma, siedmioma i ośmioma chodnikami (mniej niż 10%). W 2008 i 2009 roku stosunek płci w populacji rytownika zasiedlającej gałęzie wiatrowałów w badanych drzewostanach wykazywał czterokrotną przewagę samic (ich udział wynosił odpowiednio 82,2 i 82%).

ANALIZA ROZMIESZCZENIA ŻEROWISK RYTOWNIKA NA WIATROWAŁACH ŚWIERKOWYCH. Przestrzenny rozkład żerowisk rytownika na pniach wskazuje na wyrównany poziom zagęszczenia owadów tego gatunku na całej długości badanych pni, z wyjątkiem ich grubszego końca. W grubszej części analizowanych pni wiatrowałów (pierwsza 10-procentowa sekcja) zagęszczenie żerowisk rytownika było istotnie mniejsze w porównaniu do pozostałych sekcji (analiza wariancji:  $F=4,51$ ;  $df=9$ ;  $p<0,001$ ; test *post hoc* HSD Tuckey'a – patrz ryc. 2). Średnia gęstość zasiedlenia w 10-procentowych sekcjach wynosiła od 4,8 (1. sekcja) do 179,5 żerowisk/m<sup>2</sup> (9. sekcja). Przestrzenny rozkład żerowisk rytownika na gałęziach wskazuje na wyrównany poziom zagęszczenia owadów tego gatunku na całej ich długości (analiza wariancji:  $F=1,61$ ;  $df=9$ ;  $p=0,110$ ; test *post hoc* HSD Tuckey'a – patrz ryc. 3). Średnia gęstość zasiedlenia w 10-procentowych sekcjach przyjmowały wartości od 191,3 do 301,6 żerowisk/m<sup>2</sup>.



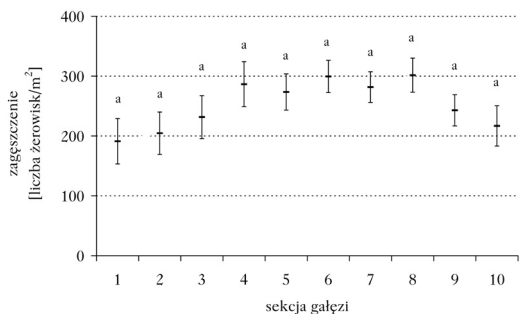
Ryc. 1.

Struktura żerowisk rytownika na wiatrowalach świerkowych w 2008 i 2009 roku  
Structure of egg galleries of *P. chalcographus* in wind-fallen spruce trees in 2008 and 2009



Ryc. 2.

Średnia gęstość zasiedlenia i błędy standardowe dla kolejnych 10-procentowych sekcji długości pni wiatrowalów  
Mean infestation density and standard errors for the successive ten 10-per cent sections of wind-fallen stem lengths  
a, b – średnie wartości gęstości zasiedlenia oznaczone różnymi literami wskazują na statystycznie istotne różnice między średnimi w wyróżnionych sekcjach: test Tukey'a HSD,  $p < 0,001$   
a, b – mean values of infestation density marked with different letters indicate statistically significant differences between the means in the distinguished sections: Tukey HSD test,  $p < 0,001$



Ryc. 3.

Średnia gęstość zasiedlenia i błędy standardowe dla kolejnych 10-procentowych sekcji długości gałęzi wiatrowalów  
Mean infestation density and standard errors for the successive ten 10-per cent sections of branch lengths in wind-fallen trees  
a – średnie wartości gęstości zasiedlenia oznaczone jedną literą wskazują na brak statystycznie istotnych różnic między średnimi w wyróżnionych sekcjach: test Tukey'a HSD,  $p = 0,110$   
a – mean values of infestation density marked with different letters indicate statistically significant differences between the means in the distinguished sections: Tukey HSD test,  $p = 0,110$

W miarę zbliżone rozmieszczenie żerowisk rytownika dla wszystkich drzew w poszczególnych sekcjach sugeruje istnienie wprost proporcjonalnych zależności między liczbą żerowisk tego gatunku owada w wybranych sekcjach a liczbą żerowisk na całych pniach i gałęziach.

OCENA GĘSTOŚCI ZASIEDLENIA STRZAŁY I GAŁĘZI WIATROWAŁÓW ŚWIERKOWYCH PRZEZ RYTOWNIKA. Rezultaty analizy korelacji i regresji wskazują, że istnieją statystycznie istotne, liniowe zależności między liczbą żerowisk rytownika na wyróżnionych 0,5-metrowych odcinkach strzały a całkowitą gęstością zasiedlenia strzały świerka (tab. 1). Najmocniejsze korelacje wykazano dla 21. i 22. sekcji. Współczynniki determinacji są istotne i wynoszą odpowiednio 0,8207 i 0,8241, a średnie względne błędy estymacji nie przekraczają 35%. Współczynniki kierunkowe prostych są różne od zera i przyjmują wartości dodatnie.

Podobnie statystycznie istotne liniowe zależności stwierdzono między liczbą żerowisk rytownika na wyróżnionych 0,2-metrowych odcinkach gałęzi a całkowitą gęstością zasiedlenia gałęzi świerka (tab. 2). Najmocniejsze korelacje wykazano dla 3., 4. i 5. sekcji. Współczynniki determinacji są istotne i wynoszą odpowiednio 0,4374, 0,3960 i 0,4001, a średnie względne błędy estymacji nie przekraczają 45%. Współczynniki kierunkowe prostych są różne od zera i przyjmują wartości dodatnie.

Przedstawione wyniki sugerują, że do oszacowania całkowitej gęstości zasiedlenia pnia i gałęzi wiatrowałów przez rytownika można wykorzystać równania regresji dla 21. i 22. sekcji pnia oraz dla 3., 4. i 5. sekcji gałęzi.

Tabela 1.

Charakterystyka zależności między liczbą żerowisk rytownika na wyróżnionych odcinkach strzały ( $nP_{C_{ks}}$ ) a całkowitą gęstością zasiedlenia strzały ( $D_{cs}$ ) (patrz równanie 1)

Characteristics of the relationship between the number of egg galleries of *P. chalcographus* in the distinguished stem sections ( $nP_{C_{ks}}$ ) and the total stem infestation density ( $D_{cs}$ ) (see equation 1)

Odcinek		Współczynniki prostej regresji		Współczynnik determinacji		Test istotności $H_0: a_{0ks}=0$	Średni względny błąd estymacji [%]
od do [m]	numer odcinka $k_s$	$a_{0ks}$	$a_{1ks}$	$r_{ks}^2$	$p$	$p$	$s\bar{w}_{ks}$
7,5-8,0	16	24,8818	1,3108	0,5433	<0,001	0,1148	54
8,0-8,5	17	27,0188	1,5035	0,5682	<0,001	0,0715	53
8,5-9,0	18	24,4327	1,2902	0,4798	<0,001	0,1594	59
9,0-9,5	19	28,1182	1,2768	0,4763	<0,001	0,0957	59
9,5-10,0	20	23,1192	1,3216	0,6490	<0,001	0,0890	48
10,0-10,5	21	25,4244	1,6437	0,8207	<0,001	0,0090	34
10,5-11,0	22	23,2773	1,1084	0,8241	<0,001	0,0158	34
11,0-11,5	23	29,7746	1,1085	0,6311	<0,001	0,0275	49
11,5-12,0	24	33,7941	1,2313	0,4359	<0,001	0,0464	62
12,0-12,5	25	31,8037	0,9984	0,4796	<0,001	0,0512	59

Tabela 2.

Charakterystyka zależności między liczbą żerowisk rytownika na wyróżnionych odcinkach gałęzi ( $nP_{C_{kg}}$ ) a całkowitą gęstością zasiedlenia gałęzi ( $D_{cs}$ ) (patrz równanie 2)

Characteristics of the relationship between the number of egg galleries of *P. chalcographus* in the distinguished branch sections ( $nP_{C_{kg}}$ ) and the total branch infestation density ( $D_{cs}$ ) (see equation 2)

Odcinek		Współczynniki prostej regresji		Współczynnik determinacji		Test istotności $H_0: a_{0kg}=0$	Średni względny błąd estymacji [%]
od do [m]	numer odcinka $k_g$	$a_{0kg}$	$a_{1kg}$	$r_{kg}^2$	$p$	$p$	$s\bar{w}_{kg}$
0,0-0,2	1	133,4620	60,7774	0,2093	<0,001	<0,001	51
0,2-0,4	2	142,7577	52,0213	0,3159	<0,001	<0,001	48
0,4-0,6	3	105,6833	54,1789	0,4374	<0,001	<0,001	43
0,6-0,8	4	102,3382	47,7798	0,3960	<0,001	<0,001	45
0,8-1,0	5	74,5416	51,4944	0,4001	<0,001	<0,001	45

## Dyskusja

Na terenie objętym badaniami rytownik zasiedlił wszystkie dostępne wiatrowały świerkowe w pierwszym roku po wystąpieniu szkód od wiatru. W warunkach sprzyjających do rozrodu kolonizacja drzew uszkodzonych przez wiatr może obejmować okres do dwóch lat [Annala, Petäistö 1978; Schroeder, Eidmann 1993; Schroeder i in. 1999; Göthlin i in. 2000]. Na podwyższony poziom liczebności populacji rytownika wskazuje zagęszczenie żerowisk na pniach wiatrowałów. Obserwowane w badanym drzewostanie wskaźniki gęstości, wynoszące w 2008 i 2009 roku odpowiednio 68 i 71 żerowisk/m<sup>2</sup>, są większe niż w drzewostanach Gorczańskiego Parku Narodowego objętych gradacją kornika drukarza ze znaczącym udziałem rytownika [Grodzki i in. 2006]. Istotną rolę w ocenie wielkości populacji rytownika może odgrywać kwestia struktury płciowej. Niewykluczone, że zmienia się ona w zależności od fazy gradacji, podobnie jak ma to miejsce u kornika drukarza [Lobinger 1996].

W większości prac badawczych ocena zasiedlenia drzew przez rytownika polegała na liczeniu żerowisk lub komór godowych na wybranych odcinkach pnia, np. na pasach kory o wymiarach 15×15 cm [Eriksson i in. 2005, 2006], 25×25 cm [Grodzki i in. 2006] lub na pasach kory zdjętych z całego obwodu pnia o długości nieprzekraczającej 0,5 m [Jakuš 1998; Grodzki 2004], pobieranych w różnych częściach strzały. Powyższe sposoby nie uwzględniają zasiedlenia gałęzi, a przede wszystkim nie są oparte na metodach statystycznych i nie pozwalają na obliczenie błędów szacunku.

Przedstawiona w niniejszym opracowaniu metoda szacowania całkowitej gęstości zasiedlenia strzały i gałęzi świerka przez rytownika jest precyzyjna i dlatego może być stosowana w teoretycznych i praktycznych pracach prowadzonych w leśnictwie. Oparta jest na podstawach statystycznych, istnieje możliwość obliczenia błędów szacunku. Jest to metoda mało inwazyjna, ponieważ wymaga okorowania tylko 0,5 metrowego odcinka strzały i 0,2 metrowych odcinków gałęzi – dlatego należy ją również stosować w rezerwach i parkach narodowych.

Wykorzystując proponowane równania regresji możemy szybko i precyzyjnie obliczyć całkowitą gęstość zasiedlenia pnia i gałęzi analizowanego wiatrowału świerkowego przez rytownika. W celu oszacowania średniej całkowitej gęstości zasiedlenia pnia i gałęzi wiatrowałów świerkowych przez populację rytownika na badanym terenie należy zastosować metodę reprezentacyjną [Bracha 1996]. W Polsce, w naukach leśnych, metoda reprezentacyjna, umożliwiająca obiektywny wybór próby oraz oszacowanie analizowanej cechy populacji, została wykorzystana przede wszystkim do szacowania zasobności drzewostanów [Bruchwald 1999, 2000a, b, 2001; Bruchwald, Zajączkowski 2002; Bruchwald i in. 2003]. Do wyboru prób, reprezentujących na badanym terenie pnie i gałęzie wiatrowałów świerkowych, można zastosować odpowiednio: schemat losowania prostego bez zwracania (Ipbz) i schemat losowania dwustopniowego ze schematem losowania prostego bez zwracania na obu stopniach (I2s: I–Ipbz, II–Ipbz) [Bracha 1996]. Losowanie najwygodniej jest przeprowadzić wykorzystując siatki różnych systemów geodezyjnych, np. Systemu Informacji o Ukształtowaniu Środowiska Przyrodniczego SINUS [Ciołkosz 1991; Podlaski 2005]. Po wyznaczeniu próby pnia i gałęzi według przedstawionych schematów należy oszacować całkowitą gęstość zasiedlenia pnia i gałęzi wiatrowałów świerkowych wybranych do próby. W tym celu wystarczy okorować i policzyć żerowiska rytownika w przypadku pnia w 21. lub 22. sekcji, czyli na odcinku strzały pomiędzy 10,0-10,5 m lub 10,5-11,0 m, a w przypadku gałęzi – w 3., 4. lub 5. sekcji, czyli na odcinku gałęzi pomiędzy 0,4-0,6 m, 0,6-0,8 m lub 0,8-1,0 m. Po policzeniu żerowisk obliczamy całkowitą gęstość zasiedlenia pnia i gałęzi, a następnie średnią i przedziały ufności dla pnia i gałęzi wiatrowałów na badanym terenie [Bracha 1996].



## Podsumowanie

Rytownik pełni bardzo ważną rolę w ekosystemach leśnych i dlatego należy dysponować opartą na podstawach statystycznych metodą oceny zagęszczenia jego populacji. Dokładna i szybka metoda oceny gęstości zasiedlenia strzał i gałęzi świerka pozwoliłaby na monitorowanie zdrowotności i żywotności lasu oraz umożliwiłaby aktualną ocenę roli rytownika w ekosystemie leśnym. W zależności od lokalnych uwarunkowań przyrodniczych i ekonomicznych podejmowane są decyzje o zwalczaniu lub o zaprzestaniu zwalczania tego gatunku kornika. W tej sytuacji bardzo ważna jest dokładna i szybka ocena liczebności rytownika i dopiero na tej podstawie podejmowanie odpowiednich decyzji.

- ✦ Monitoring liczebności populacji rytownika prowadzony z wykorzystaniem proponowanej metody powinien być realizowany we wszystkich drzewostanach, w których notowano jego gradacje oraz w których powstały szkody od wiatru.
- ✦ Proponowana metoda może być wykorzystana w lasach gospodarczych i na terenach objętych różnymi formami ochrony.
- ✦ Przedstawione równania regresji powinny być kalibrowane i dostosowane do lokalnych warunków zasiedlenia świerka przez rytownika. Opracowanie lokalnych równań regresji zwiększy dokładność metody.
- ✦ Analogiczne równania regresji można utworzyć dla innych gatunków kambio- i ksylofagów.

## Literatura

- Annala E., Petäistö R. L. 1978. Insect attack on windthrown trees after the December 1975 storm in western Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 94 (2): 1-24.
- Baier P., Bader R. 1997. Gehalt und Emission von Monoterpenen der Fichtenrinde und deren Bedeutung für die Primärattraktion von Borkenkäfern (*Coleoptera, Scolytidae*). *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Entomol.* 11: 639-643.
- Bracha C. 1996. Teoretyczne podstawy metody reprezentacyjnej. PWN, Warszawa.
- Bruchwald A. 1989. Statystyka matematyczna dla leśników. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Bruchwald A. 1999. Dendrometria. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Bruchwald A. 2000a. Wielkopowierzchniowa metoda określania miąższości obiektu leśnego oparta na losowaniu warstwowym. *Sylvan* 144 (3): 5-17.
- Bruchwald A. 2000b. Weryfikacja wielkopowierzchniowej metody określania miąższości obiektu leśnego opartej na losowaniu warstwowym. *Sylvan* 144 (6): 5-14.
- Bruchwald A. 2001. Möglichkeiten der Anwendung von Wachstmodellen in der Praxis der Forsteinrichtung. *Beitr. Forstwirtsch. u. Landschaftsökol* 3: 118-122.
- Bruchwald A., Wójcik R., Zajączkowski S. 2003. Analiza dokładności obrębowej metody inwentaryzacji lasu opartej na losowaniu warstwowym. *Sylvan* 147 (5): 13-20.
- Bruchwald A., Zajączkowski S. 2002. Obrębowa metoda inwentaryzacji lasu oparta na losowaniu warstwowym. *Sylvan* 146 (10): 13-23.
- Ciołkosz, A. 1991. SINUS – System informacji o środowisku przyrodniczym. W: Mazur S. [red.]. *Ekologiczne podstawy gospodarowania środowiskiem przyrodniczym. Wizje – problemy – trudności*. Wyd. SGGW, Warszawa, 317-328.
- Eidmann H. H. 1992. Impact of bark beetles on forests and forestry in Sweden. *J. Appl. Entomol.* 114 (1-5): 193-200.
- Eriksson M., Lilja S., Roininen H. 2006. Dead wood creation and restoration burning: Implications for bark beetles and beetle induced tree deaths. *For. Ecol. Manage.* 231 (1-3): 205-213.
- Eriksson M., Pouttu A., Roininen H. 2005. The influence of windthrow area and timber characteristics on colonization of wind-felled spruces by *Ips typographus* (L.). *For. Ecol. Manage.* 216 (1-3): 105-116.
- Führer E., Hausmann B., Wiener L. 1993. Brutraumdifferenzierung zwischen *Ips typographus* und *Pityogenes chalcographus* an Fichtenstämmen in ihrer Beziehung zu Monoterpenmustern. *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Entomol.* 8: 491-495.
- Göthlin E., Schroeder L. M., Lindelöw Å. 2000. Attacks by *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus* on windthrown spruces (*Picea abies*) during the two years following a storm felling. *Scand. J. For. Res.* 15 (5): 542-549.
- Grodzki W. 1997. *Pityogenes chalcographus* (*Coleoptera, Scolytidae*) – an indicator of man-made changes in Norway spruce stands. *Biologia (Bratislava)* 52 (2): 217-220.



- Grodzki W. 2003. Wpływ syntetycznych feromonów na zasiedlanie drzew pułapkowych przez rytownika pospolitego *Pityogenes chalcographus* (L.) (Col.: Scolytidae). Sylwan 147 (11): 54-60.
- Grodzki W. 2004. Some reactions of *Ips typographus* (L.) (Col.: Scolytidae) to changing breeding in a forest decline area in the Sudeten Mountains, Poland. J. Pest Sci. 77 (1): 43-48.
- Grodzki W., Loch J., Armatys P. 2006. Występowanie kornika drukarza *Ips typographus* L. w uszkodzonych przez wiatr drzewostanach świerkowych masywu Kudłonia w Gorczańskim Parku Narodowym. Ochr. Beskid. Zach. 1: 125-137.
- Grodzki W., Plata J. 2008. Składowany surowiec świerkowy jako materiał lęgowy rytownika pospolitego *Pityogenes chalcographus* (L.) (Col., Curculionidae, Scolytinae). Leś. Prace Bad. 69 (3): 197-201.
- Händel U., Wegensteiner R. 2003. Zum Auftreten von Borkenkäfern (Col., Scolytidae) an Fichten-Fangbäumen (*Picea abies* (L.) Karst.) aus sekundären und naturnahen Beständen in Österreich. Cbl. f. d. ges. Forstw. 120 (2): 117-136.
- Jakuš R. 1998. Patch level variation on bark beetle attack (Col., Scolytidae) on snapped and uprooted trees in Norway spruce primeval natural forest in endemic conditions: species distribution. J. Appl. Entomol. 122 (1-5): 65-70.
- Jurc M., Perko M., Džeroski S., Demšar D., Hrašovec B. 2006. Spruce bark beetles (*Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*, Col.: Scolytidae) in the Dinaric mountain forests of Slovenia: Monitoring and modeling. Ecol. Mod. 194 (1-3): 219-226.
- Lobinger G. 1996. Variations in sex ratio during an outbreak of *Ips typographus* (Col., Scolytidae) in Southern Bavaria. Anz. Schädl. Pflanz. Umwelt. 69 (3): 51-53.
- Löyttyniemi K., Uusvaara O. 1977. Insect attack on pine and spruce saw logs felled during the growing season. Comm. Inst. For. Fenn. 89 (6): 1-48.
- Niemeyer H. 1992. Monitoring *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus* (Col., Scolytidae) in Lower Saxony and Schleswig-Holstein. J. Appl. Entomol. 114 (1): 98-102.
- Podlaski R. 2005. Inventory of the degree of tree defoliation in small areas. For. Ecol. Manage. 215 (1-3): 361-377.
- Schroeder L. M., Eidmann H. H. 1993. Attacks of bark-and wood-boring *Coleoptera* on snow-broken conifers over a two-year period. Scand. J. For. Res. 8 (1-4): 257-265.
- Schroeder L. M., Weslien J., Lindelöw A. I., Lindhe A. 1999. Attacks by bark- and wood-boring *Coleoptera* on mechanically created high stumps of Norway spruce in the two years following cutting. For. Ecol. Manage. 123 (1): 21-30.
- Szujceki A. 1998. Entomologia leśna. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Wegensteiner R., Lorbeer E., Führer E. 1989. Additional attraction of *Pityogenes chalcographus* (L.) (Col., Scolytidae) to Chalcoprax-baited traps with spruce branches. J. Appl. Entomol. 108 (3): 250-259.
- Wood S. L. 1982. The bark and Ambrosia beetles of North and Central America (*Coleoptera: Scolytidae*), a taxonomic monograph. Great Basin Naturalist Memoirs, No. 6. Brigham Young University, USA.

## SUMMARY

### Statistical method for estimating *Pityogenes chalcographus* L. population density on Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. windfalls

*Pityogenes chalcographus* L. (Col., Curculionidae, Scolytinae) is a species occurring on *Picea abies* (L.) Karst. When provided with high quantities of the breeding material (deadwood), this pest reveals a dynamic reproductive ability, usually resulting in a violent increase in the population size. Despite many publications devoted to *P. chalcographus*, no accurate method of estimating the population density of this species has been developed. The objective of this study was to develop a statistical method of estimating the total density of *P. chalcographus* colonising stems and branches of *P. abies* wind-fallen trees. The method was based on the relationship between the number of *P. chalcographus* egg galleries in the selected sections of stems and branches and the total infestation density of stems and branches. The study was conducted in spruce stands aged 60-100 years (age class IV-V) with a moderate canopy closure, growing in the upland mixed forest habitat.

Sample consisting of 30 *P. abies* trees fallen by wind in winter 2008/2009 was taken for entomological analysis. The analysis was conducted on 1,250 stem sections with a length of 0.5 meter and 2,486 branch sections with a length of 0.2 meter. The spatial distribution pattern

of egg galleries of *P. chalcographus* indicated the balanced density of beetles of this species on the examined stems and branches. Correlation and regression analyses were applied to determine the relationship between the number of egg galleries in the distinguished stem and branch sections and the total infestation density of stems and branches. The most significant correlations between the number of egg galleries of *P. chalcographus* in the distinguished sections and the total infestation density were: (1) for stems – in the 21<sup>st</sup> and 22<sup>nd</sup> 0.5-meter-long sections counting from the butt-end (the coefficients of determination were significant and their values were 0.8207 and 0.8241, respectively, the mean relative estimation errors did not exceed 35%) and (2) for branches – in 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> 0.2-meter-long sections counting from the base of the branch (the coefficients of determination were significant and their values were 0.4374, 0.3960 and 0.4001, respectively, the mean relative estimation errors did not exceed 45%).

The proposed method allows for a quick assessment of the population density of *P. chalcographus* on *P. abies* stems, and combined with a representative method may be used in managed stands, as well as reserves and national parks.