Acta Sci. Pol.
Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 4(2) 2005, 5-23

SZKODY WYRZĄDZONE PRZEZ PIORUNY W LASACH POŁUDNIOWEJ POLSKI A CZYNNIKI ŚRODOWISKOWE

Bartłomiej Bednarz
Akademia Rolnicza w Krakowie

Streszczenie. W latach 1998-2002 w wybranych drzewostanach południowej Polski zarejestrowano 99 powierzchni, na których wystąpiły szkody wyrządzone przez pioruny. Najczęściej występowały one w drzewostanach w VI i V klasie wieku (74%) i I i II klasie bonitacji (70% pogromisk), głównie w terenie stromym (18-30°) (39%), o ekspozycji południowej i północnej wraz z kierunkami pokrewnymi (74%) oraz wzniesieniu 301-700 m n.p.m. (45%). Na 64% pogromisk, oprócz bezpośrednio porażonych, były uszkodzone także drzewa sąsiednie (pogromiska typu A). Na pozostałych (36%) pogromiskach uszkodzone było tylko pojedyncze, bezpośrednio uderzone piorunem drzewo (pogromiska typu B). Najczęściej bezpośrednio porażanymi gatunkami drzew były świerk – 45%, jodła – 37% i sosna zwyczajna – 11%. Udział dębu, modrzewia, daglezji i sosny wejmutki wśród drzew porażonych nie przekraczał razem 7%.

Słowa kluczowe: wyładowania atmosferyczne, czynniki abiotyczne, drzewostany, pogromiska

WSTĘP

Na skutek fluktuacji klimatycznych oraz efektu cieplarnianego spowodowanego wzrostem stężeń dwutlenku węgla i innych gazów „cieplarnianych" w atmosferze, w ostatnich dziesięcioleciach obserwuje się wzrost temperatury powietrza, pojawiają się gwałtowne opady i wiatry oraz zwiększa się częstotliwość występowania burz [Kräuchi 1993, Paszyński i Niedźwiedź 1999, Reeve i Toumi 1999, Geografia Polski... 1999]. Także w Polsce, od roku 1993, występuje systematyczny wzrost liczby dni z burzą [Raport końcowy... 2000], co powoduje, że w drzewostanach rośnie wielkość szkód powodowanych działaniem czynników natury nieożywionej. Zjawiska burzowe, którym towarzyszą wyładowania elektryczne, zwłaszcza typu chmura-ziemia (pioruny), są elementem eliminującym z drzewostanów największe drzewa [Forst 1970, Platt i Rathbun 1995, Palik i Pederson 1996], gdyż po uderzeniu piorunem drzewo najczęściej obumiera, a często dochodzi także do zamierania drzew sąsiednich. Uszkodzenia pojedynczych

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Bartłomiej Bednarz, Katedra Ochrony Lasu i Klimatologii Leśnej Akademii Rolniczej w Krakowie, al. 29. listopada 46, 31-425 Kraków, e-mail: rlbednar@cyf-kr.edu.pl

drzew w drzewostanach nie stwarzają większych problemów gospodarczych, jednak specyfika nagłych zmian zachodzących w tkankach drzew porażonych, a zwłaszcza w ich miazdze, powoduje, że pewne gatunki owadów kambio- i ksylofagicznych wykazują wyraźne skłonności do zasiedlania takich drzew [Miller 1983, Lovelady i in. 1991], które w ten sposób stają się miejscem rozrodu szkodników owadzich. W przypadku jednogatunkowych drzewostanów iglastych, może to powodować powstawanie gradacji szkodliwych owadów [Dominik 1974, Kula i Ząbecki 1997].

Oceniając szkody spowodowane uderzeniem pioruna stosuje się kryteria wizualnie łatwo rozpoznawalnych oznak [Palik i Pederson 1996]. Prawdopodobnie są one jednak znacznie większe od rejestrowanych, ponieważ nie każde uderzenie pioruna pozostawia widoczne ślady na drzewie [Taylor 1971, Lovelady i in. 1991, Palik i Pederson 1996]. Poza tym obumieranie porażonych drzew może być również przesunięte w czasie. Jeżeli brakuje innych symptomów, sygnałem zaistniałego stresu piorunowego bywa pojawienie się szkodników kambio- i ksylofagicznych, zwłaszcza nalot drwalnika paskowanego (*Xyloterus lineatus* Oliv.), który nie zasiedla nigdy żywych i zdrowych drzew z zieloną koroną [Kula i Ząbecki 1997].

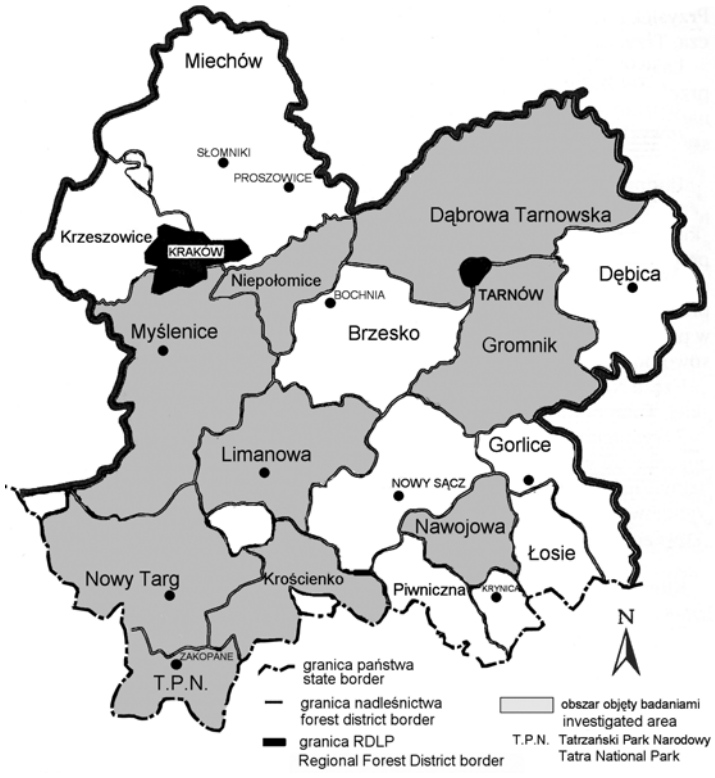
Mimo dość licznych prac, w których zwraca się uwagę na występowanie w drzewostanach szkód wyrządzanych przez pioruny na pojedynczych drzewach lub w ich grupach, problematyka ta nie została jeszcze całkowicie opracowana. Przeprowadzone badania miały na celu określenie częstości występowania uszkodzeń od piorunów w wybranych lasach południowej Polski, jej związek z wyniesieniem terenu nad poziom morza, wilgotnością i rodzajem gleb, nachyleniem i ekspozycją terenu, wiekiem oraz bonitacją drzewostanu a także gatunkami drzew najczęściej porażanymi przez pioruny.

TEREN BADAŃ

Pogromiska, będące obiektem szczegółowych badań, były położone w drzewostanach Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Krakowie (57 powierzchni, zlokalizowanych na terenie 9 nadleśnictw), w Tatrzańskim Parku Narodowym i jego otulinie (4 powierzchnie) oraz w drzewostanach Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach (38 powierzchni, leżących na terenie 5 nadleśnictw) (rys. 1 i 2, tab. 1).

Rys. 1. Nadleśnictwa objęte badaniami, należące do Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Krakowie oraz Tatrzańskiego Parku Narodowego i jego otuliny ochronnej
Fig. 1. Investigated Forest Districts, belonging to Cracow Regional Forest District and Tatra National Park with its protective area

Rys. 2. Nadleśnictwa objęte badaniami, należące do Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach
Fig. 2. Investigated Forest Districts, belonging to Katowice Regional Forest District


Miechów
SŁOMNIKI
PROSZOWICE
Krzeszowice
KRAKÓW
Niepołomice
BOCHNIA
Dąbrowa Tarnowska
TARNÓW
Dębica
Myślenice
Brzesko
Gromnik
Limanowa
Gorlice
NOWY SĄCZ
Nawojowa
Łosie
Nowy Targ
Krościenko
Piwniczna
KRYNICA
ZAKOPANE
T.P.N.
N
granica państwa
state border
granica nadleśnictwa
forest district border
granica RDLP
Regional Forest District border
obszar objęty badaniami
investigated area
T.P.N. Tatrzański Park Narodowy
Tatra National Park

Namysłów
Kluczbork
Olesno
Kłobuck
Gidle
Brzeg
Kup
Turawa
Herby
CZĘSTOCHOWA
Koniecpol
Opole
OPOLE
Krasiejów
Lubliniec
Złoty Potok
Tułowice
Zawadzkie
Koszęcin
Strzelce
Opolskie
Prudnik
Prószków
Rudziniec
Świerklaniec
Siewierz
Olkusz
Kędzierzyn
Brynek
KATOWICE
Katowice
Chrzanów
Rudy
Raciborskie
Kobiór
Rybnik
Pszczyna
Andrychów
BIELSKO BIAŁA
Ustroń
Bielsko
Jeleśnia
Sucha
Węgierska Górka
Wisła
Ujsoły
N
granica państwa
state border
granica nadleśnictwa
forest district border
granica RDLP
Regional Forest District border
obszar objęty badaniami
investigated area

Tabela 1. Lokalizacja powierzchni pogromiskowych (nadleśnictwo), typ pogromiska (A lub B), skład gatunkowy drzewostanu, wiek, bonitacja oraz gatunek drzewa bezpośrednio uderzonego piorunem
Table 1. Lightning gap location (Forest district), type of lightning gap (A or B), forest species composition, age and stand quality and species of lightning tree

Typ i nr pogromiska Type, lightning gap no	Lokalizacja (nadleśnictwo) Location (forest district)	Skład gatunkowy drzewostanu Species composition of tree stand	Klasa wieku i bonitacji drzewostanu Class of age and stand quality		Gatunek drzewa uderzonego piorunem Lightning tree species
			wiek age	bonitacja stand quality	
1	2	3	4	5	6
1 A	Ujsoły	Pa10, Fs, Aa, Ap, Pa	V	1.5	*Picea abies*
2 A	Ujsoły	Pa9, Ld1, Ap, Fs	III	1	*Picea abies*
3 A	Ujsoły	Pa10, Aa, Pa, Pm	V	1	*Pseudotsuga menziesii*
4 A	Ujsoły	Pa10, Pa, Sa	V	1	*Picea abies*
5 A	Ujsoły	Pa10, Aa, Pa, Sa	VII	1	*Picea abies*
6 A	Ujsoły	Pa10	V	1	*Picea abies*
7 A	Jeleśnia	Pa10, Aa, Fs	V	1.5	*Picea abies*
8 A	Jeleśnia	Pa10, Fs, Aa, Pa	III	1	*Picea abies*
9 A	Jeleśnia	Pa10, Fs, Aa, Pa	VI	2	*Picea abies*
10 A	Wisła	Pa10, Pa, Fs, Aa	VI	1	*Picea abies*
11 A	Wisła	Pa10, Pa	VI	1	*Picea abies*
12 A	Wisła	Pa10, Pa	VI	1	*Picea abies*
13 A	Wisła	Pa10, Aa, Fs, Pa, Bv	IV	1.5	*Picea abies*
14 A	Wisła	Pa7, Fs2, Aa2, Pa2, Fs	VI	1	*Picea abies*
15 A	Myślenice (K)	Pa10, Fs, Aa	V	2.5	*Picea abies*
16 A	Myślenice (K)	Pa10, Aa, Fs, Pa	V	2	*Abies alba*
17 A	Sucha Beskidzka	Pa10, Fs	V	2	*Picea abies*
18 B	Sucha Beskidzka	Aa8, Pa2, Fs, Aa, Pa	VI	1.5	*Abies alba*
19 B	Sucha Beskidzka	Aa8, Pa2, Fs, Pa, Aa	VI	1.5	*Abies alba*
20 A	Sucha Beskidzka	Aa7, Pa2, Fs1, Pa	V	1.5	*Abies alba*
21 B	Sucha Beskidzka	Ap4, Aa3, Pa3, Qr, Fs, Cb, Aa	IV	1.5	*Abies alba*
22 B	Sucha Beskidzka	Ap4, Aa3, Pa3, Qr, Fs, Cb, Aa	IV	1.5	*Abies alba*
23 B	Sucha Beskidzka	Ap4, Aa3, Pa3, Qr, Fs, Cb, Aa	IV	1.5	*Abies alba*
24 A	Sucha Beskidzka	Pa8, Fs2, Ld, Ps, Bv	IV	1.5	*Abies alba*
25 A	Sucha Beskidzka	Pa10, Fs	V	2	*Picea abies*
26 A	Sucha Beskidzka	Pa10, Fs	V	2	*Picea abies*
27 A	Sucha Beskidzka	Pa10, Fs	V	2	*Picea abies*
28 A	Sucha Beskidzka	Pa10, Fs	V	2	*Picea abies*
29 A	Sucha Beskidzka	Pa10, Fs	V	2	*Picea abies*
30 A	Sucha Beskidzka	Pa10, Fs, Pa, Aa, Ap	VI	2	*Picea abies*

1	2	3	4	5	6
31 A	Sucha Beskidzka	Pa10, Fs, Pa, Aa, Ap	VI	2	*Picea abies*
32 B	Sucha Beskidzka	Pa9, Fs1, Pa, Aa	V	2.5	*Picea abies*
33 B	Sucha Beskidzka	Pa4, Aa3, Fs3, Aa, Fs	VI	3.5	*Abies alba*
34 A	Sucha Beskidzka	Pa8, Fs2, Ld, Ps, Bv	IV	1.5	*Larix decidua*
35 A	Sucha Beskidzka	Fs6, Fs3, Pa1, Fs, Aa, Ap, Sf,	II	2	*Picea abies*
36 A	Sucha Beskidzka	Fs9, Pa1, Aa, Ap	IV	2	*Picea abies*
37 A	Ujsoły	Pa10, Aa, Sa	VI	1	*Picea abies*
38 A	Ujsoły	Pa10, Fs, Aa, Pa	V	1	*Picea abies*
39 A	Jeleśnia	Ps4, Ps2, Ld2, Pa1, Bv1, Pa, Fs, Qr	V	1	*Pinus sylvestris*
40 A	Dąbrowa T. (K)	Ps10, Bv4	III	1	*Pinus sylvestris*
41 A	Dąbrowa T. (K)	Ps10, Qr, Bv, Cb	IV	1a,5	*Pinus sylvestris*
42 B	Dąbrowa T. (K)	Ps9, Qr1, Bv, Ag	V	1.5	*Quercus robur*
43 B	Dąbrowa T. (K)	Ps9, Qr1, Ag, Bv, Qr, Pa	IV	1a,5	*Picea abies*
44 A	Dąbrowa T. (K)	Ps10, Fs, Aa, Qr, Cb,	IV	1	*Pinus sylvestris*
45 A	Dąbrowa T. (K)	Ps10, Qr, Fs, Ag, Sa	IV	1	*Quercus robur*
46 A	Dąbrowa T. (K)	Ps8, Qr2, Pa, Sa	III	1a,5	*Quercus robur*
47 A	Dąbrowa T. (K)	Ps10	III	1a	*Pinus sylvestris*
48 A	Dąbrowa T. (K)	Ps10, Qr, Bv, Ag, Fs, Pn, Pa	V	2	*Pinus sylvestris*
49 A	Dąbrowa T. (K)	Ps10, Bv, Qr	V	1	*Pinus sylvestris*
50 A	Dąbrowa T. (K)	Ps10, Qr, Sa	IV	2	*Pinus sylvestris*
51 A	Świerklaniec	Ps10, Pa, Bv, Sa	IV	2	*Pinus sylvestris*
52 A	Kościelisko (K)	Pa10, Aa, Pa, Sa	IV	3	*Picea abies*
53 B	Limanowa (K)	Aa10, Aa, Pa	VI	2	*Abies alba*
54 B	Limanowa (K)	Aa9, Fs1, Pa, Aa	VI	2	*Picea abies*
55 B	Limanowa (K)	Aa9, Fs1, Pa, Aa	VI	2	*Abies alba*
56 B	Limanowa (K)	Aa8, Aa1, Pa, Fs, Aa	VI	2	*Abies alba*
57 A	Limanowa (K)	Aa7, Fs3, Aa, Pa, Ap, Fs	VI	2	*Abies alba*
58 B	Limanowa (K)	Aa7, Fs3, Aa, Pa, Ap, Fs	VI	2	*Abies alba*
59 B	Limanowa (K)	Aa8, Aa1, Pa, Fs, Aa	VI	2	*Abies alba*
60 B	Limanowa (K)	Aa10, Fs, Aa	VI	1	*Picea abies*
61 B	Limanowa (K)	Aa10, Fs, Aa	VI	1	*Abies alba*
62 B	Limanowa (K)	Aa10, Fs, Aa	VI	1	*Abies alba*
63 A	Nawojowa (K)	Aa6, Aa2, Pa, Aa, Fs	VI	2	*Abies alba*
64 B	Nawojowa (K)	Aa6, Aa2, Aa2, Pa, Aa, Fs	V	2	*Abies alba*
65 B	Nawojowa (K)	Aa6, Aa2, Aa2, Pa, Aa, Fs	VI	2	*Abies alba*
66 B	Nawojowa (K)	Aa6, Aa2, Aa2, Pa, Aa, Fs	VI	2	*Abies alba*
67 A	Nawojowa (K)	Aa7, Aa3, Aa, Fs	VI	2	*Abies alba*
68 B	Nawojowa (K)	Aa7, Aa3, Aa, Fs	VI	2	*Abies alba*
69 B	Nowy Targ (K)	Pa9, Aa1, Aa, Pa, Fs, Sa	VI	1.5	*Picea abies*
70 A	Nowy Targ (K)	Pa9, Aa1, Pa1, Aa, Pa, Fs	VI	2	*Abies alba*
71 B	Nowy Targ (K)	Pa9, Aa1, Pa, Aa	V	1	*Abies alba*
72 A	Nowy Targ (K)	Pa10, Aa, Pa	VI	2	*Abies alba*

1	2	3	4	5	6
73 B	Kośc. (o.o.) (K)	Pa9, Aa1, Fs, Ld, Pa, Aa	V	3	*Picea abies*
74 A	Kośc. (o.o.) (K)	Pa10, Pa	VI	2.5	*Picea abies*
75 B	Zakopane (K)	Pa9, Aa1	VI	2	*Abies alba*
76 A	Krościenko (K)	Pa10, Pa, Fs, Ld	VI	3	*Picea abies*
77 A	Krościenko (K)	Pa10, Pa, Fs, Aa	VI	3	*Picea abies*
78 A	Krościenko (K)	Aa9, Pa1, Aa, Fs	VI	1	*Abies alba*
79 A	Krościenko (K)	Aa9, Pa1, Aa, Fs	VI	1	*Abies alba*
80 A	Krościenko (K)	Aa9, Pa1, Aa, Fs	VI	1	*Abies alba*
81 B	Niepołomice (K)	Ps9, Qr1, Fs, Cb, Bv, Ps	VI	2	*Pinus sylvestris*
82 B	Nowy Targ (K)	Ps8, Pa2, Pa, Bv	VI	1.5	*Picea abies*
83 A	Nowy Targ (K)	Pa9, Ps1, Pa	V	2.5	*Picea abies*
84 B	Nowy Targ (K)	Pa8, Ps2, Pa	V	2.5	*Picea abies*
85 B	Gromnik (K)	Aa10, Aa, Fs, Sa	III	1	*Abies alba*
86 A	Gromnik (K)	Aa7, Ps2, Qr1, Aa	IV	1.5	*Abies alba*
87 B	Gromnik (K)	Aa9, Ps1, Bv, Aa, Ag, Fs, Qr, Pa	V	2	*Abies alba*
88 B	Gromnik (K)	Aa9, Ps1, Bv, Aa, Ag, Fs, Qr, Pa	V	2	*Larix decidua*
89 B	Gromnik (K)	Aa6, Ps3, Aa1, Aa, Fs, Bv, Pa	VI	2.5	*Abies alba*
90 B	Nowy Targ (K)	Pa7, Fs3, Ps, Aa, Fs	V	1	*Abies alba*
91 A	Nowy Targ (K)	Pa8, Aa2, Fs, Aa, Pa, Ps	VI	1	*Picea abies*
92 A	Nowy Targ (K)	Pa8, Aa2, Fs, Aa, Pa, Ps	VI	1	*Picea abies*
93 A	Nowy Targ (K)	Pa8, Aa2, Fs, Aa, Pa, Ps	VI	1	*Abies alba*
94 B	Nowy Targ (K)	Pa7, Aa3, Ag, Ps, Fs, Bv, Pa, Aa, Sa	V	1	*Abies alba*
95 A	Nowy Targ (K)	Pa9, Ps1, Aa, Pa	V	1	*Picea abies*
96 A	Nowy Targ (K)	Pa9, Ps1, Pa	V	1	*Picea abies*
97 A	Nowy Targ (K)	Pa10, Ps, Pa	V	1	*Picea abies*
98 A	Nowy Targ (K)	Pa9, Ps1, Pa	V	1	*Picea abies*
99 B	Nowy Targ (K)	Ld4, Ag3, Ap2, Fr1, Ld, Sf, Pa, Pst	III	2	*Pinus strobus*

Skróty:

Dąbrowa T. – Dąbrowa Tarnowska.

Kośc. – Kościelisko.

K – oznaczono nadleśnictwa należące do Krakowskiej Dyrekcji Lasów Państwowych i Tatrzańskiego Parku Narodowego lub jego otuliny (o. o.); bez oznakowania – nadleśnictwa należące do Katowickiej Dyrekcji Lasów Państwowych.

Pa – *Picea abies*, Fs – *Fagus sylvatica*, Aa – *Abies alba*, Ap – *Acer pseudoplatanus*, Ps – *Pinus sylvestris*, Pn – *Pinus nigra*, Pm – *Pseudotsuga menziesii*, Pst – *Pinus strobus*, Sa – *Sorbus aucuparia*, Qr – *Quercus robur*, Ld – *Larix decidua*, Cb – *Carpinus betulus*, Ag – *Alnus glutinosa*, Bv – *Betula verrucosa*, Fe – *Fraxinus excelsior*, Sf – *Salix fragilis*; dominacja gatunków wg skali – 10-1, pojedyncza domieszka bez oznaczenia cyfrowego.

Abbreviations:

Dąbrowa T. – Dąbrowa Tarnowska.

Kośc. – Kościelisko.

K – marked forest district belonging to Cracow Regional Forest District, Tatra National Park's protective zone (o.o.); no sign – forest district belonging to Katowice Regional Forest District

Pa – *Picea abies*, Fs – *Fagus sylvatica*, Aa – *Abies alba*, Ap – *Acer pseudoplatanus*, Ps – *Pinus sylvestris*, Pn – *Pinus nigra*, Pm – *Pseudotsuga menziesii*, Pst – *Pinus strobus*, Sa – *Sorbus aucuparia*, Qr – *Quercus robur*, Ld – *Larix decidua*, Cb – *Carpinus betulus*, Ag – *Alnus glutinosa*, Bv – *Betula verrucosa*, Fe – *Fraxinus excelsior*, Sf – *Salix fragilis*; 10-1 species domination scale, without number as admixture only.

MATERIAŁ I METODY

W celu zebrania informacji o występowaniu szkód spowodowanych wyładowaniami atmosferycznymi w lasach południowej Polski, do wszystkich nadleśnictw Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Krakowie i wybranych nadleśnictw Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach oraz 6 parków narodowych (Babiogórskiego, Gorczańskiego, Magurskiego, Pienińskiego, Ojcowskiego i Tatrzańskiego), w latach 1998-2002, zostały rozesłane ankiety, z prośbą o informacje dotyczące powstawania pogromisk w drzewostanach. Otrzymano 38 pozytywnych odpowiedzi z terenu RDLP w Katowicach, 57 z RDLP w Krakowie oraz 4 z Tatrzańskiego Parku Narodowego i jego otuliny. Uzyskane informacje weryfikowano w terenie, dokonując inwentaryzacji szkód we wskazanych miejscach, określano wiek i klasę bonitacji drzewostanów, gatunki uszkodzonych drzew oraz rodzaje występujących tam gleb. Zebrane dane, dotyczące rodzaju gleb i gatunków drzew, odnoszono do informacji zawartych w operatach i elaboratach glebowo-siedliskowych za lata 1975-2001 i planów urządzenia lasu na lata 1996-2011 (maszynopisy) w poszczególnych nadleśnictwach, a dla terenów RDLP w Katowicach korzystano także z opracowania Wypych i in. [1996].

Za powierzchnię pogromiska uznano to miejsce w drzewostanie, w którym pod wpływem wyładowania atmosferycznego zostało uszkodzone pojedyncze drzewo (pogromisko typu B) lub grupa drzew (pogromisko typu A).

Pod względem wzniesienia terenu nad poziom morza oraz jego nachylenia, pogromiska podzielono odpowiednio na cztery i sześć kategorii, co przedstawiono w tabeli 2.

Nachylenie powierzchni pogromiskowych mierzono w stopniach, zgodnie z zasadą przyjętą w Instrukcji urządzania lasu (1994).

Tabela 2. Kategorie wzniesienia i nachylenia pogromisk
Table 2. The categories of elevation and slope steepness of lightning gaps

Wzniesienie terenu nad poziom morza, m – Area elevation above sea level, m					
Kategoria – Category					
I	II	III	IV		
100-300	301-700	701-1000	>1000		
Nachylenie terenu, stopnie – Area slope steepness, degree					
Kategoria – Category					
I	II	III	IV	V	VI
0-1	2-7	8-12	13-17	18-30	31-45
równy level	łagodny nearly level	pochyły moderate slope	spadzisty strong slope	stromy very strong slope	bardzo stromy steep slope

Ekspozycję powierzchni pogromisk określano względem czterech głównych stron świata oraz ich czterech pośrednich kierunków. Powierzchnie nie wykazujące wyraźnej ekspozycji określono jako leżące w terenie równym. Zebrane dane opracowano statystycznie metodą analizy czynników głównych, Principal Component Analysis (PCA), z zastosowaniem pakietu programu komputerowego STATISTICA 5.1.

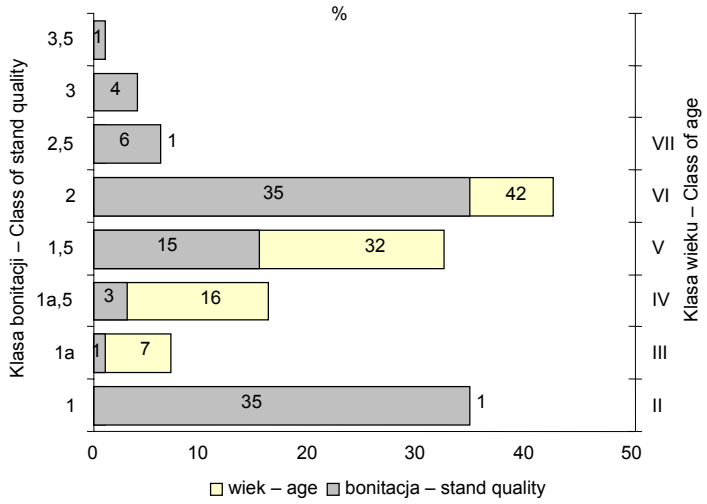
WYNIKI

Na skutek atmosferycznych wyładowań elektrycznych w badanych drzewostanach południowej Polski, obejmujących powierzchnię 1355 ha, w latach 1998-2002 powstało 99 pogromisk o rozmiarach od 26 m^2 do 3058 m^2, zajmujących razem obszar 4,1 ha. Z drzewostanów wydzieliło się łącznie 1256 drzew, wśród których 99 nosiło ślady bezpośredniego porażenia piorunami (tab. 1).

Pogromiska typu A osiągały rozmiary 71-3058 m^2 i oprócz drzewa bezpośrednio uderzonego przez piorun zamierało na nich 2-127 drzew. Natomiast na pogromiskach typu B, o powierzchni 26-92 m^2 zamarło lub zostało uszkodzone tylko jedno drzewo, bezpośrednio porażone piorunem.

Klasa wieku i bonitacji drzewostanów, w których powstały pogromiska

Pogromiska tworzyły się najczęściej w drzewostanach w VI i V klasie wieku oraz I i II klasie bonitacji, stanowiąc odpowiednio 74 i 70% wszystkich pogromisk (rys. 3, tab. 1).



Rys. 3. Wiek i bonitacja drzewostanów porastających pogromiska
Fig. 3. The age and quality of tree stands on lightning gaps

Pogromiska typu A formowały się przede wszystkim w litych świerczynach i drzewostanach z dominującym udziałem świerka w VI i V klasie wieku (56%) oraz I i II klasie bonitacji (49%). W litych jedlinach pogromiska typu A nie wystąpiły wcale, a w drzewostanach z dominującym udziałem jodły w VI i V klasie wieku oraz I i II klasie bonitacji powstało odpowiednio 11 i 10% pogromisk A (tab. 1).

Pogromiska typu B występowały głównie w litych jedlinach i drzewostanach z dominującym udziałem tego gatunku, w VI i V klasie wieku (50%) oraz I i II klasie bonitacji (44%) (tab. 1).

Wertykalne występowanie pogromisk

Piętnaście procent wszystkich pogromisk zanotowano na obszarach o wysokości w przedziale 100-300 m n.p.m. Najliczniej (45% pogromisk) powstawały na wysokości 301-700 i 701-1000 m n.p.m. (31%). Powyżej 1000 m n.p.m. powstało jedynie 8% pogromisk (rys. 4).

Pogromiska typu A występowały na terenach o wysokości we wszystkich przedziałach. Najczęściej powstawały na wysokości 301-700 m n.p.m. (40%) oraz 701-1000 m n.p.m. (30%). Na wysokościach mniejszych niż 300 m n.p.m. oraz powyżej 1000 m występowało odpowiednio 17 i 13% tych pogromisk.

Pogromiska typu B występowały na wysokości w zakresie 100-1000 m n.p.m., głównie w przedziale 301-700 m n.p.m. (56%) i 701-1000 m n.p.m. (33%). Najmniejszą frekwencję pogromisk zanotowano na wzniesieniach 100-300 m n.p.m. (11%). Na wysokościach powyżej 1000 m n.p.m. nie stwierdzono obecności pogromisk typu B.

Najniżej usytuowane było pogromisko typu A nr 51, leżące na wysokości 110 m n.p.m. w Nadleśnictwie Świerklaniec, a najwyżej położone, również typu A, nr 74 wystąpiło w reglu górnym w Tatrzańskim Parku Narodowym, na wysokości 1250 m n.p.m. (rys. 4, tab. 1).

Ekspozycja powierzchni pogromiskowych

Większość pogromisk (74%) tworzyło się na stokach o wystawie południowej i północnej oraz ich kierunkach pośrednich. W terenie równym powstało 18% pogromisk. Pozostałe pogromiska charakteryzowała ekspozycja wschodnia i zachodnia, łącznie 8% (rys. 5).

Pogromiska typu A występowały głównie na stokach o ekspozycji południowej i jej kierunkach pośrednich (54%). Na terenach o ekspozycji północnej wraz z kierunkami pośrednimi powstało 34% pogromisk, a pogromiska o ekspozycji wschodniej i zachodniej objęły łącznie 10% pogromisk. Dość liczną grupę (29%) stanowiły pogromiska typu A, powstałe w terenie równym (rys. 5).

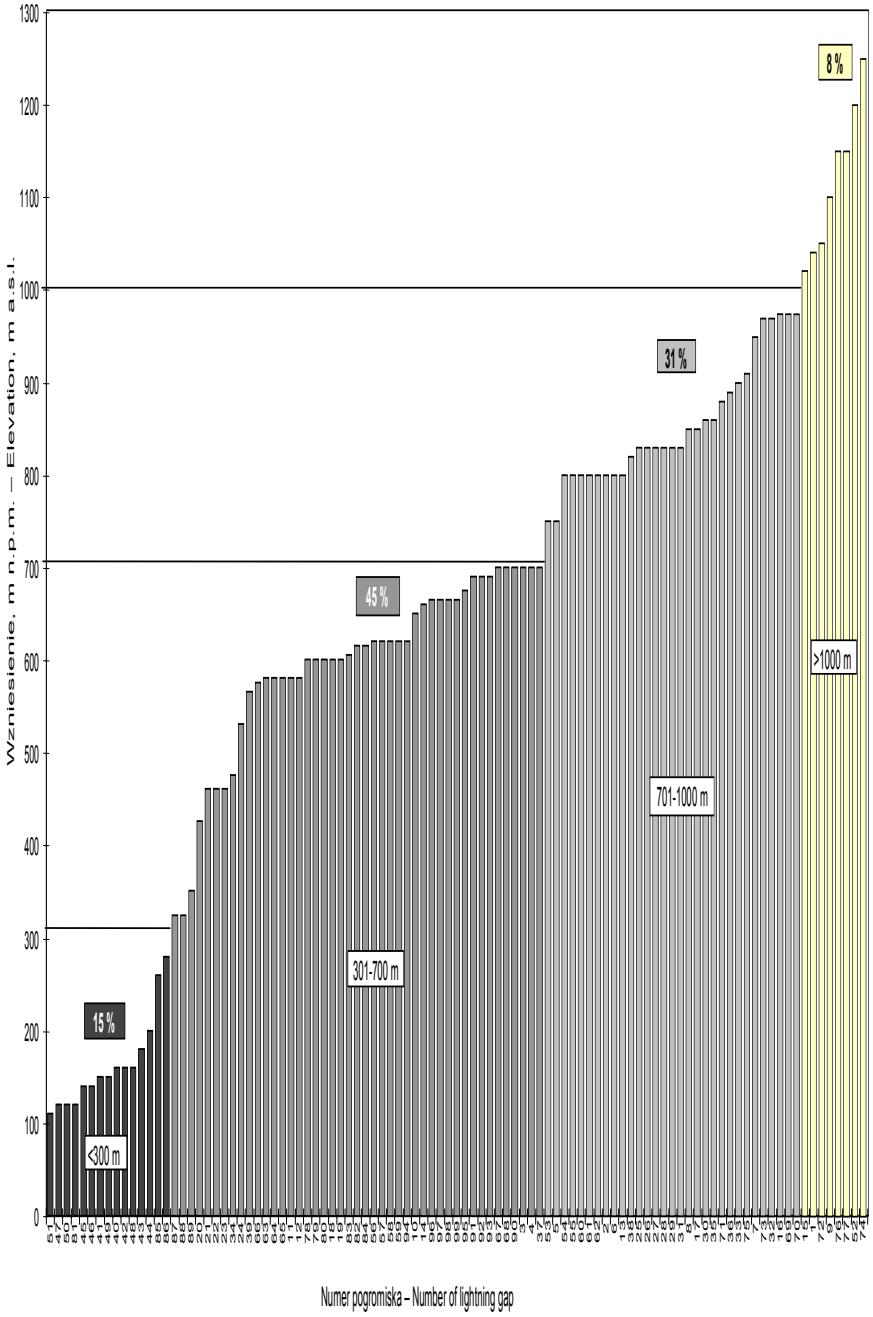
Powierzchnie pogromiskowe typu B w 47% objęły tereny na stokach o ekspozycji północnej i jej kierunkach pośrednich. W terenie o ekspozycji południowej i jej kierunkach pośrednich wystąpiło 33% pogromisk. Pogromiska powstałe na stokach o wystawie wschodniej i zachodniej razem stanowiły 9%. Natomiast w terenie równym występowało 11% pogromisk typu B (rys. 5).

Występowanie pogromisk a nachylenie stoków

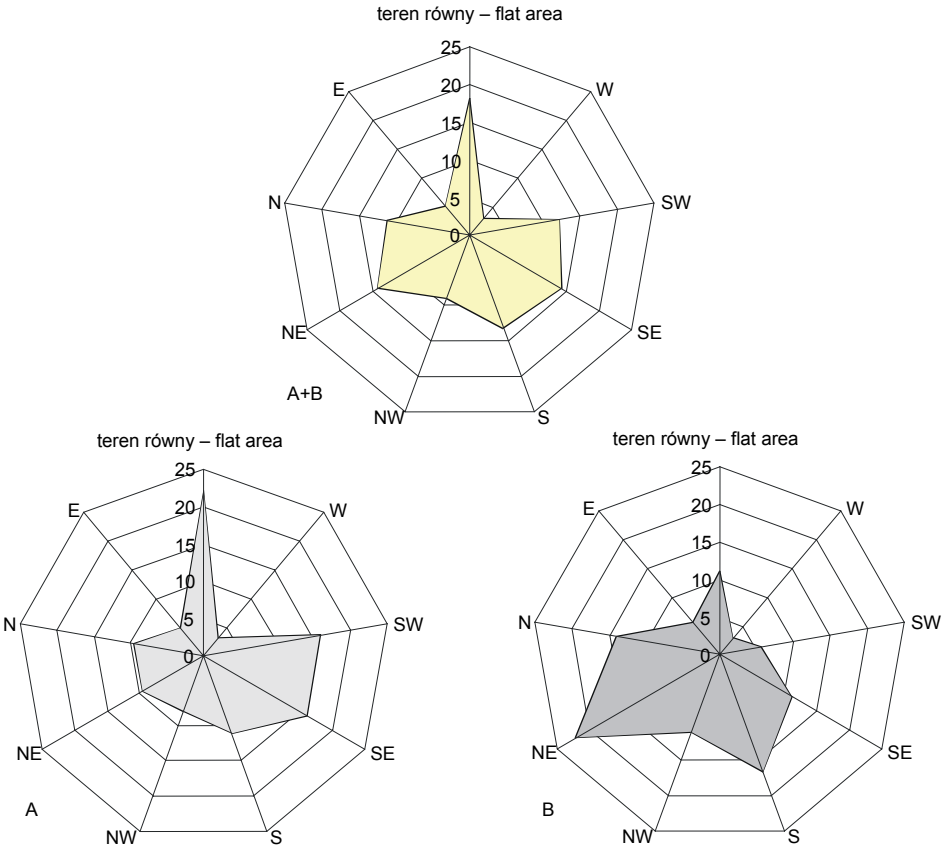
Pogromiska najczęściej występowały w terenie stromym: 39% pogromisk typu A i B łącznie, 33% pogromisk typu A oraz 50% pogromisk typu B (tab. 3).

Gleby i warunki wilgotnościowe powierzchni pogromiskowych

Wśród gleb, które występowały na pogromiskach, najczęściej spotykano gleby brunatne właściwe (75% pogromisk), mimo że gleby te tylko w 20% występowały na terenie badanych nadleśnictw. Natomiast na terenie nadleśnictw przeważały gleby brunatne kwaśne (61% gleb), które występowały tylko na 6% pogromisk (rys. 6).



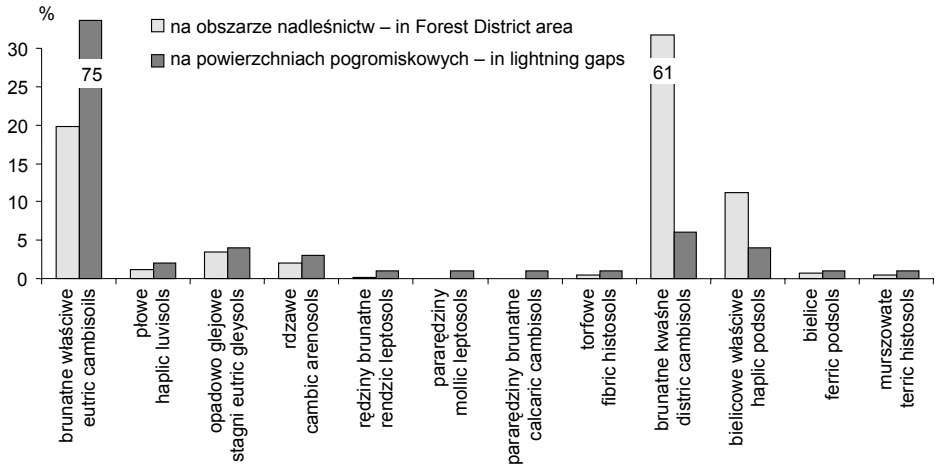
Rys. 4. Występowanie pogromisk w terenie o różnym wzniesieniu nad poziom morza
Fig. 4. The occurrence of lightning gaps on area at different elevation



Rys. 5. Ekspozycja wszystkich pogromisk (A+B) oraz pogromisk typu A i B
Fig. 5. Exposition of all lightning gaps (A+B) and lightning gaps A and B type

Tabela 3. Występowanie pogromisk na stokach o różnym nachyleniu
Table 3. Occurrence of lightning gaps at different area slope steepness

Kategoria nachylenia powierzchni (stopnie) Category of slope steepness (degree)	Typ pogromiska – Type of lightning gap		
	A+B, %	A, %	B, %
I równy – level (0-1°)	18	22	11
II łagodny – nearly level (2-7°)	13	13	14
III pochyły – moderate slope (8-12°)	14	14	14
IV spadzisty – strong slope (13-17°)	12	13	11
V stromy – very strong slope (18-30°)	39	33	50
VI bardzo stromy – steep slope (31-45°)	3	5	0



Rys. 6. Udział typów i podtypów gleb na powierzchniach pogromiskowych, na tle gleb występujących w poszczególnych nadleśnictwach [wg Operatów i elaboratów glebowo-siedliskowych dla nadleśnictw za lata 1975-2001 oraz Planów urządzenia lasu na lata 1996-2011]
Fig. 6. The share of soil types in lightning gaps on the background of the soils types occurring in particular Forest Districts [according to manuscripts: Soils and forest sides elaboration for Forest Districts in 1975-2001 and The plans of forests management for 1996-2011 years]

Na terenach wilgotnych, na co wskazywała również roślinność porastająca dno lasu, charakterystyczna dla terenów wilgotnych i podmokłych, np. lepiężnik biały (*Petasites albus* L.), sit (*Juncus* sp.), knieć błotna (*Caltha palustris* L.) znajdowało się 34% wszystkich pogromisk.

Pogromiska typu A tworzyły się głównie w drzewostanach porastających gleby brunatne właściwe (78% pogromisk). Pozostałe wyróżnione typy gleb występowały tylko na kilku pogromiskach (razem 22% wszystkich pogromisk). 31% pogromisk typu A wystąpiło na terenie podmokłym.

Na pogromiskach typu B również dominowały gleby brunatne właściwe (69% pogromisk) oraz brunatne kwaśne (11% pogromisk), a pozostałe typy gleb łącznie występowały na 20% tych pogromisk. Na 41% pogromisk typu B zaobserwowano zwiększoną wilgotność terenu.

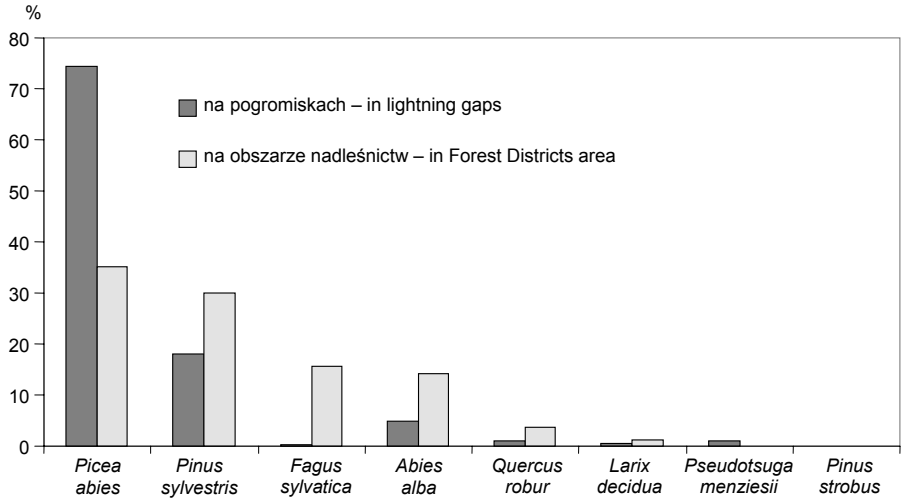
Gatunki drzew bezpośrednio porażanych piorunami

Wśród drzew porażonych bezpośrednim wyładowaniami atmosferycznymi najczęściej „wybieranym" przez błyskawicę gatunkiem był świerk pospolity (*Picea abies* Karst.) – 45% i jodła pospolita (*Abies alba* Mill.) – 37%. Znacznie rzadziej była uszkadzana sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) – 11%, a dąb, modrzew, daglezja i sosna wejmutka wśród drzew porażonych nie przekraczały razem 7%. (tab. 4). W drzewostanach, w których wystąpiły pogromiska, gatunkiem o największym procentowym udziale powierzchniowym był świerk (35%). Jego obecność na pogromiskach była ponad dwukrotnie większa niż wskazywałby na to procentowy udział tego gatunku w drzewostanach nadleśnictw. Takiej zależności nie zaobserwowano dla pozostałych gatunków drzew. Ich

procentowe udziały w drzewostanach nadleśnictw były zdecydowanie większe aniżeli wśród drzew porażanych bezpośrednio piorunami (rys. 7).

Tabela 4. Udział procentowy poszczególnych gatunków wśród drzew bezpośrednio porażonych piorunem. A – pogromiska z większą liczbą zamarłych drzew, B – pogromiska z zamarłym pojedynczym drzewem
Table 4. Percentage share of individual species among lightning trees. A – lightning gaps with more than one decayed trees, B – lightning gaps with one decayed tree

Gatunek – Species	Typ pogromiska – Type of lightning gap					
	A		B		Razem – All (A+B)	
	liczba drzew number of trees	%	liczba drzew number of trees	%	liczba drzew number of trees	%
Picea abies (L.) Karst.	37	58,7	7	19,4	44	44,5
Abies alba Mill.	12	19	25	69,4	37	37,4
Pinus sylvestris L.	10	15,9	1	2,8	11	11,1
Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco	1	1,6	–	–	1	1
Quercus robur L.	2	3,2	1	2,8	3	3
Larix decidua Mill.	13	1,6	1	2,8	2	2
Fagus sylvatica L.	–	–	–	–	–	–
Pinus strobus L.	–	–	1	2,8	1	1
Razem – All	63	100	36	100	99	100



Rys. 7. Procentowy udział gatunków drzew uszkodzonych przez piorun na tle ich udziału w drzewostanach nadleśnictw objętych badaniami
Fig. 7. The percentage share of lightning trees damaged species on the background of the percentage share of the species in forests of the investigated Forest Districts

Rozpatrując oddzielnie obydwa typy pogromisk stwierdzono, że pogromiska typu A tworzyły się głównie w drzewostanach świerkowych i z dominującym udziałem tego gatunku (tab. 1), a gatunkiem najczęściej porażanym bezpośrednio piorunami był świerk (59%). Rzadziej uszkadzana była jodła (19%) i sosna zwyczajna (16%). Pozostałe gatunki były zdecydowanie rzadziej obiektami wyładowań atmosferycznych, a ich udział wśród drzew porażonych wynosił łącznie 6% (tab. 4).

Na pogromiskach typu B, które powstawały głównie w drzewostanach jodłowych i drzewostanach z dużym udziałem jodły (tab. 1) właśnie ten gatunek drzewa był najczęściej porażany przez pioruny (69% pogromisk). Uszkodzenie świerka występowało na 19% pogromisk, a innych gatunków takich, jak sosna zwyczajna, sosna wejmutka, dąb oraz modrzew były uszkadzane razem na 12% pogromisk (tab. 4).

Analiza statystyczna

Na podstawie analizy czynnikowej przeprowadzonej metodą składowych głównych (PCA), obejmującej frekwencję pogromisk oraz wyróżnione parametry środowiskowe, stwierdzono obecność statystycznie istotnych związków natury wielowymiarowej. Na pogromiskach obu typów traktowanych łącznie (A+B) oraz pogromiskach typu A analizowanych oddzielnie ich frekwencja nie wykazywała statystycznie istotnych związków z analizowanymi czynnikami środowiskowymi, jednak stwierdzono obecność istotnych związków pomiędzy niektórymi parametrami środowiskowymi. Pogromiska typu B natomiast wykazują istotne statystycznie związki ich frekwencji z szeregiem analizowanych parametrów środowiskowych.

Dla rozpatrywanych oddzielnie pogromisk typu A i B wyznaczono po 2 składowe główne, grupujące statystycznie istotne związki wśród badanych parametrów.

Dla pogromisk typu A istotne związki stwierdzono pomiędzy wzniesieniem terenu nad poziom morza, ekspozycją i typem gleby, wiekiem drzewostanu oraz gatunkami porażanych drzew. Procent zmienności parametrów wyjaśniony przez Czynnik-1 (PCA-1) wynosił dla tych pogromisk 51%, a przez Czynnik-2 (PCA-2) 30% wariancji. Parametry związane z PCA-1 to przede wszystkim wzniesienie terenu nad poziom morza w przedziale 301-700 m, ekspozycja południowa i jej kierunki pośrednie oraz strome nachylenie terenu, gleby brunatne, wiek w IV-VI klasie oraz typ drzewostanu – świerkowy i sosnowy. Natomiast związane z PCA-2 to gatunki bezpośrednio porażanych drzew – świerk, jodła i sosna.

Dla pogromisk typu B istotne statystycznie związki dotyczyły: frekwencji pogromisk, wzniesienia, nachylenia i ekspozycji terenu, typu gleby oraz wieku i typu drzewostanu. Procent zmienności parametrów wyjaśniony przez Czynnik-1 (PCA-1) wynosił 65%, a przez Czynnik-2 (PCA-2) 11% wariancji. Największy udział w ładunku PCA-1 miała frekwencja pogromisk, ich wzniesienie nad poziom morza w granicach 301-700 m, ekspozycja północna wraz z jej kierunkami pośrednimi, nachylenie terenu w granicach 18-30°, obecność gleb brunatnych właściwych, jodłowy typ drzewostanu oraz jego wiek w klasie V-VI. W ładunku PCA-2 największy udział miały: gatunek porażanego drzewa – jodła oraz zwiększona wilgotność terenu.

DYSKUSJA

Zdaniem wielu autorów częstotliwość uszkodzeń wywołanych przez pioruny jest wynikiem różnej wrażliwości poszczególnych gatunków drzew na wyładowania elektryczne. Niektóre gatunki drzew o cienkiej i gładkiej korze (np. buk, olsza i klon) mogą przeżyć uderzenie pioruna bez większych uszkodzeń, podczas gdy inne, o grubej, szorstkiej korze (dąb, topola, wierzba, jesion, robinia, jodła, sosna, modrzew i świerk) przeważnie ulegają zniszczeniu i usychają w krótszym lub dłuższym czasie po porażeniu [Łuczkiewicz 1924, Brakowski 1932, Schwerdtfeger 1957, Bosshard 1974]. Zdaniem niektórych autorów pioruny uderzają w drzewa niezależnie od ich gatunku, a znaczenie ma jedynie wysokość, wilgotność siedliska, bliskość cieków lub obecność rud w podłożu. Porażają przede wszystkim drzewa górujące, samotne, głęboko zakorzenione [Łuczkiewicz 1924, Pfeffer 1961, Arabadzhi i Khodacevich 1963, Kiełczewski i Wiśniewski 1973, Dominik 1974, Łukomski i Sierpiński 1979]. Béroual i Fofana [2002] uważają, że lepsze przewodnictwo wilgotnej gleby przyczynia się do zwiększenia energii uderzeń piorunów i dlatego na wilgotnych siedliskach w drzewostanach powstają większe szkody niż na siedliskach suchych. Wykazana w niniejszej pracy duża, bo 34-procentowa frekwencja pogromisk występujących w miejscach wilgotnych może także świadczyć o związku między lepszym przewodnictwem elektrycznym gleby wilgotnej, a częstością uderzeń piorunów.

Wielu autorów wiąże wrażliwość drzew na działanie piorunów ze strukturą i sposobem namakania kory. Panuje pogląd, że drzewa o cienkiej, gładkiej i podczas deszczu szybko namakającej korze (brzoza, olsza, jodła) mają większe przewodnictwo elektryczne i dlatego bywają rzadziej porażane przez pioruny niż drzewa o grubej i szorstkiej korze, namakającej nierównomiernie (dąb, sosna, świerk) [Forst 1970, Bernatzky 1978, Stolina i in. 1985]. Sądzi się także, że w sosnę częściej uderzają pioruny niż w świerk, ponieważ jej drewno wykazuje większy opór elektryczny. Na skutek słabszego niż u świerka przewodnictwa elektrycznego, u sosny powstają większe różnice potencjałów, co powoduje, że częściej staje się obiektem bezpośrednich wyładowań elektrycznych [Chodasewicz 1963]. Bosshard [1974] uważa jednak, że opór rosnących drzew i różnice w ich przewodnictwie elektrycznym są zbyt małe, aby mogły wpływać na częstość uderzeń piorunów w poszczególne gatunki drzew.

W odróżnieniu od wspomnianych autorów, w niniejszych badaniach stwierdzono, że wśród gatunków drzew bezpośrednio uszkadzanych przez pioruny zdecydowanie przeważał świerk (45%), wprawdzie grubokorowy, ale należący do drzew o płytkim systemie korzeniowym. Następne miejsca zajmowały jodła (37%) i sosna zwyczajna (11%). Pozostałe gatunki takie, jak dąb, daglezja i modrzew łącznie stanowiły zaledwie ok. 7% bezpośrednio porażanych drzew.

Traktując odrębnie oba typy pogromisk stwierdzono, że spośród drzew uderzonych piorunem na pogromiskach typu A zdecydowanie dominował świerk (59% drzew), podczas gdy na pogromiskach typu B świerk był drzewem uszkadzanym tylko w 19% przypadków. Natomiast na pogromiskach typu B głównie uderzana piorunem była jodła (69% drzew), gatunek posiadający cieńszą korę niż świerk i przez to uważany za drzewo rzadziej uszkadzane przez pioruny [Forst 1970, Bernatzky 1978, Stolina i in. 1985].

W niniejszych badaniach wykazano także, że w ocenianych lasach południowej Polski świerk (45% bezpośrednio porażonych drzew) doznał wyraźnie większych szkód niż sosna, mimo iż procentowy udział sosny i świerka w drzewostanach porastających pogromiska i pozostałe tereny nadleśnictw był porównywalny.

Uważa się także, że częstość występowania uderzeń piorunów w drzewa zależy od wzniesienia terenu nad poziom morza, ale brak związku z nachyleniem terenu i jego

ekspozycją [Minko 1975, Ochrana lesa 1985]. Wyniki uzyskane w prezentowanych badaniach wskazują, że powierzchnie pogromiskowe powstawały wprawdzie w lasach na obszarach o różnym wzniesieniu, ale z wyraźnie zaznaczoną tendencją częstszego ich występowania na wysokości 301-700 m n.p.m. (45% powierzchni). W przeciwieństwie do wspomnianych wyżej autorów zaobserwowano, że większość szkód wyrządzanych przez pioruny (39%) wystąpiła w terenie stromym oraz o wystawie południowej i północnej wraz z ich kierunkami pośrednimi (74%). Wykazano też, że większość dużych pogromisk (typ A) występowała na stokach o ekspozycji południowej i jej kierunkach pośrednich (54% przypadków), natomiast pogromiska typu B powstawały zdecydowanie częściej (47% przypadków) na stokach o ekspozycji północnej i jej kierunkach pośrednich.

Uszkodzenia korzeni są najgroźniejszymi zmianami występującymi u drzew porażonych przez pioruny, uniemożliwiają bowiem pobieranie dostatecznej ilości wody i, jeśli są dość znaczne, drzewa usychają [Orville 1988, Coder 1996]. Dotyczy to zarówno drzew bezpośrednio porażonych, jak i całych ich biogrup [Rigg i Harrar 1931, Krzysik 1932, Zajączkowski 1991, Karaś 1995, Kula i Ząbecki 1997, Mikułowski 2002]. Na pogromiskach, głównie typu A, powstających na terenach o ekspozycji południowej, prawdopodobnie zwiększenie ewapotranspiracji przez insolację z równoczesnym, niedostatecznym zaopatrzeniem w wodę, spowodowanym uszkodzeniem systemów korzeniowych, pogłębiało u drzew porażonych deficyt wodny i powodowało szybsze oraz liczniejsze ich zamieranie. W przypadku drzew na pogromiskach o ekspozycji północnej występowały znacznie mniejsze straty wody. Niewątpliwie zwiększało to ich szanse przeżycia i sprzyjało powstawaniu małych pogromisk typu B, z zamierającym lub zamarłym pojedynczym drzewem, bezpośrednio uderzonym przez piorun.

Na pogromiskach przeważały gleby brunatne właściwe (75% pogromisk). Szczególnie duży udział gleb brunatnych właściwych, stanowiących na terenie nadleśnictw zaledwie 20%, był zaskakujący i wskazywał na istnienie związku pomiędzy występowaniem pogromisk, a tym typem gleby. Powyższe spostrzeżenie znalazło potwierdzenie w statystycznej analizie (PCA) uzyskanych danych. Z jej pomocą wykazano, że decydujący wpływ na częstość występowania pogromisk w badanych drzewostanach południowej Polski, zwłaszcza pogromisk typu B, miały takie czynniki środowiskowe, jak wzniesienie nad poziom morza, wiek i typ drzewostanu, a także zwiększona wilgotność podłoża. Stanowi to potwierdzenie obserwacji wielu autorów wspomnianych poprzednio. Jednak, w odróżnieniu od nich, w niniejszych badaniach wykazano związek między występowaniem pogromisk, a ekspozycją (N lub S) i nachyleniem terenu (18-30°) oraz obecnością gleb brunatnych właściwych. Zwrócono także uwagę, że ważnym czynnikiem sprzyjającym powstawaniu pogromisk odmiennego typu – dużych, na których zamarło kilka lub więcej drzew (pogromiska A) oraz małych, z zamarłym tylko pojedynczym drzewem (typ B) – była południowa lub północna (wraz z kierunkami pośrednimi) ekspozycja terenu.

W prezentowanych badaniach oszacowano, że na skutek uderzeń piorunów w nadleśnictwach zostało uszkodzonych i wydzieliło się z drzewostanu łącznie 1256 drzew, na powierzchni stanowiącej 0,003% areału nadleśnictw. Nie są to zbyt duże szkody, jednak najprawdopodobniej są one znacznie większe, gdyż informacje dotyczące miejsc występowania pogromisk oparte były na badaniach ankietowych i nie można wykluczyć, że wiele pogromisk nie zostało rozpoznanych. Jest to tym bardziej prawdopodobne, że w trakcie dokonywania pomiarów na wskazanych w ankietach miejscach, w rozmowach z pracownikami Lasów Państwowych uzyskiwano informacje o występowaniu kolejnych pogromisk, które nie były zgłoszone w ankietach.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Decydujący wpływ na częstość występowania pogromisk w badanych drzewostanach południowej Polski miały takie czynniki, jak wzniesienie nad poziom morza, ekspozycja i nachylenie terenu, wiek oraz typ drzewostanu.
2. Pogromiska powstawały przede wszystkim w drzewostanach w VI i V klasie wieku i I i II klasie bonitacji.
3. Częstość występowania pogromisk zwiększała się wraz ze wzniesieniem terenu nad poziom morza do wysokości 700 m, a następnie ulegała zmniejszeniu.
4. Większość pogromisk powstawała w terenie stromym, o ekspozycji południowej lub północnej.
5. Wilgotność terenu sprzyjała powstawaniu pogromisk.
6. Najczęściej bezpośrednio porażanymi gatunkami drzew były świerk, jodła i sosna.
7. Pogromiska można podzielić na dwa typy: A, cechujący się grupowym zamieraniem drzew oraz B, na którym zamierało tylko jedno, bezpośrednio porażone drzewo.
8. Pogromiska typu A powstawały głównie w świerczynach i w drzewostanach z dominującym udziałem świerka, natomiast pogromiska typu B tworzyły się przede wszystkim w jedlinach i drzewostanach z dużym udziałem jodły.
9. Dla pogromisk traktowanych łącznie (A+B) oraz samych pogromisk typu A nie wykazano statystycznie istotnych związków pomiędzy ich frekwencją a analizowanymi czynnikami środowiskowymi; natomiast stwierdzono obecność wielowymiarowych związków pomiędzy niektórymi parametrami środowiskowymi takimi, jak typ drzewostanu, wzniesienie nad poziom morza, ekspozycja południowa wraz z jej kierunkami pośrednimi.
10. Dla pogromisk typu B wykazano wielowymiarowy, statystycznie istotny związek ich frekwencji ze wzniesieniem terenu nad poziom morza w przedziale 301-700 m, ekspozycją północną wraz z jej kierunkami pośrednimi, nachyleniem terenu (18-30°), występowaniem gleb brunatnych właściwych, wiekiem drzewostanu (V-VI klasa), zwiększoną wilgotnością terenu, jodłowym typem drzewostanu oraz gatunkiem drzewa porażanego – jodłą.

PODZIĘKOWANIA

Autor składa serdeczne podziękowania Panu dr. hab. inż. W. Ząbeckiemu prof. AR za cenne rady i wskazówki, niezmiernie pomocne w wykonywaniu i opracowywaniu niniejszych badań.

PIŚMIENNICTWO

Arabadzhi W.I., Khodacevich S.G., 1963. Porazhenie derev'ev molnijej. Priroda 52 (2), 99-100.

Bernatzky A., 1978. Tree Ecology and Preservation. Elsevier New York.

Béroual A., Fofana I., 2002. Influence of soil conductivity and cloud-ground distance on the positive lightning impulse current. W: 26th Int. Conf. on Lightning Protection. September 2-6, 2002, Cracow, 65-70.

Bosshard H.H., 1974. Blitzgefährdung von Bäumen. W: Holzkunde. Zur Biologie, Physik und Chemie des Holzes. Birkhäuser Verlag Basel und Stuttgart. T. 2, 233-235.
Brakowski J., 1932. Ochrona lasu. Wydawnictwo sekcji skryptów Koła Leśników Białokrynickiej Państwowej Średniej Szkoły Rolniczej Krzemieniec, 44-47.
Chodasewicz S.G., 1963. O porażenji dierewjew mołnjej. Lesn. Żurnał 2.
Coder K.D., 1996. Understanding lightning and associated tree damage and protection. The University of Georgia. http://www.forestry.uga.edu/docs/for96-03.html.
Dominik J., 1974. Szkody powodowane przez czynniki natury nieożywionej oraz szkody związane z działalnością człowieka. Ochrona lasu. Skrypty Akademii Rolniczej w Warszawie.
Forst P., 1970. Poškozeni stromu bleskem. W: Ochrana lesa. Státní Zemedelské Nakladatelství Praha, 1-117.
Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze. Burze i grady. Zmienność klimatu Polski. 1999. Red. L. Starkel. PWN Warszawa, 332-337.
Instrukcja urządzania lasu. 1994. Instytut Badawczy Leśnictwa. Załączniki. Sekcja Wydawnictw IBL Warszawa.
Karaś M., 1995. Naturalne biogrupy świerkowe a problem restytucji lasu w reglu górnym Gór Izerskich. Pr. Inst. Bad. Leśn. Ser. B 25/2, 235-250.
Kiełczewski B., Wiśniewski J., 1973. Wybrane zagadnienia z ochrony lasu. Skrypty Akademii Rolniczej w Poznaniu.
Kräuchi N., 1993. Potential impacts of a climate change on forest ecosystems. Eur. J. Forest Pathol. 23, 28-50.
Krysik F., 1932. Ochrona lasu. Wykłady Prof. inż. Aleksandra Kozikowskiego. Sekcja Wydawnicza Koła Studentów Inżynierii Lasowej Politechniki Lwowskiej, Lwów.
Kula E., Ząbecki W., 1997. Pogromiska przyczyną powstawania gniazd kornikowych w drzewostanach świerkowych. Sylwan 8: 89-97.
Lovelady C.N., Pulley P.E., Coulson R.N., Flamm R.O., 1991. Relation of lightning to herbivory by the southern pine bark beetle guild (*Coleoptera*: *Scolytidae*). Environ. Entomol. 20 (5), 1279-1284.
Łuczkiewicz W.A., 1924. Uszkodzenia od piorunów w lesie. Prz. Leś. 9, 145-156.
Łukomski S., Sierpiński Z., 1979. Ochrona lasu dla techników leśnych. PWRiL Warszawa.
Mikułowski M., 2002. Wpływ czynników atmosferycznych na las. Burze i pioruny. Głos Lasu 3, 12-13.
Miller M.C., 1983. Lightning strike simulation for studying southern pine bark and engraver beetle attacks. Research Note Southern Forest Experiment Station USDA. Forest Service. No SO-296.
Minko G., 1975. Lightning strikes and their distribution in radiata pine plantations and at Ovens, North-Eastern Victoria. Aust. For. 38, 146-151.
Ochrana lesa. 1985. Red. M. Stolina. Priroda, 163-164.
Operaty i elaboraty glebowo-siedliskowe dla nadleśnictw za lata 1975-2001. Maszyn. Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach i w Krakowie.
Orville R., 1988. More information on "When lightning strikes". Cooperative Institute for Applied Meteorological Studies, Department of Meteorology, Texas AM University. http://www.earthsky.com/1998/esmi980409.html.
Palik J.B., Pederson N., 1996. Overstory mortality and canopy disturbances in longleaf pine ecosystems. Can. J. For. Res. 26, 2035-2047.
Paszyński J., Niedźwiedź T., 1999. Klimat. W: Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze. Red. L. Starkel. PWN Warszawa, 289-343.
Pfeffer A., 1961. Blesk. W: Ochrana lesa. Státní Zemedelské Nakladatelství Praha, 283-286.
Plany urządzenia lasu na lata 1996-2011 w Nadleśnictwach. Maszyn. Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach i w Krakowie.
Platt W.J., Rathbun S.L., 1995. Populations dynamics of an old-growth population of longleaf pine (*Pinus palustris*). W: Proceedings of the 18th Tall Timbers Fire Ecology Conference, 1992, Tallahassee, Fla.

Raport końcowy z prac wykonanych w roku 2000. Temat M-14, Częstość występowania burz w południowo-wschodniej Polsce. 2000. Red. D. Limanówka. Zakład Meteorologii, Oddział IMGW w Krakowie.

Reeve N., Toumi R., 1999. Lightning activity as an indicator of climate change. Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 125, 893-903.

Rigg G.B., Harrar E.S., 1931. The root systems of trees growing in sphagnum. Amer. J. Bot. 18 (6), 391-397.

Schwerdtfeger F., 1957. Die Waldkrankheiten. Paul Parey Hamburg, 57.

Taylor A.R., 1971. Lightning – agent of change in forest ecosystems. J. For. 69 (8), 477-480.

Wypych S., Sawicki L.K., Konfeder D., 1996. Lasy i gospodarka. Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Katowicach.

Zajączkowski J., 1991. Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu. Wyd. Świat Warszawa.

LIGHTNING DAMAGES IN FORESTS OF SOUTHERN POLAND AND ENVIRONMENTAL FACTORS

Abstract. During the years 1998-2002 in investigated forests of southern Poland 99 lightning gaps with 1265 damaged trees as a result of thunder strike were recorded. Among them 99 trees were directly struck by lightning. The lightning gaps were formed in different forest types, mainly in age of VI and V class (74%) as well as in I and II classes of stand quality classification (70%). The lightning gaps appeared most frequently in very strong slope area (slope 18-30°) (39%) at the southern and northern exposition (74%) and at elevation 301-700 m a.s.l. (45% of cases). Beside the damages of single trees, directly struck by lightning, the neighboring trees were also damaged on 64% of lightning gaps (A type). Those, were formed mainly in Norway spruce stands and in forests with the domination of spruce. Among trees species the most frequently damaged was spruce (59% of cases). Damages of a single tree, directly struck by lightning, were evidenced only on 36% of lightning gaps (B type). The lightning gaps B type were formed mainly in fir stands and in forest with the domination of fir. The most frequently struck by lightning tree species was fire (69% gaps B type). Using the statistical Principal Component Analysis (PCA) were shown the multidimensional significant relationships between different distinguished parameters, as: the type of tree stand, elevation, exposition, and site humidity. The relationship between frequency of all lightning gaps and gaps A type and environmental parameters was not present. However, the frequency of gaps B type was primary connected with elevation 301-700 m a.s.l., northern exposition, very strong slope of area, brown soil, age of tree stand within V-VI class and enhanced humidity of site (PCA-1). Next, it was connected with the presence of fir in tree stand (PCA-2).

Key words: thunderstruck, lightning gap, forest, tree, environmental elements

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 18.07.2005 r.

Do cytowania – For citation: Bednarz B., 2005. Szkody wyrządzone przez pioruny w lasach południowej Polski a czynniki środowiskowe. Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 4(2), 5-23.