

Występowanie zgnilizny odziomkowej jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w obszarach chronionych

Occurrence of the silver fir (*Abies alba* Mill.) butt rot in protected areas

Stanisław Niemtur*, Elżbieta Chomicz, Mariusz Kapsa

Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Gospodarki Leśnej Regionów Górskich, ul. Fredry 39, 30-605 Kraków, Poland

*Tel. +48 12 2528210, fax +48 12 2528202, e-mail: S.Niemtur@ibles.waw.pl

Abstract. The aim of the study was to analyze butt rot incidences in silver fir stands of selected nature reserves and national parks. The study included 11 stands in Carpathian forests and for comparison 4 stands outside the Carpathians. To identify butt rot in fir trees, we used the non-invasive method of acoustic tomography. We tested 30 randomly selected fir trees in each of the 15 stands using Picus Sonic tomography to determine butt rot occurrence and to assess the proportion (%) of healthy wood in cross-sections of the tree trunk.

The results indicate significant differences in the frequency of butt rot in silver fir at the individual level as well as the population level. This variability in frequency was not dependent on geographical location of the investigated stands.

Key words: silver fir, butt rot, nature reserve, national park, acoustic tomography, Picus Sonic, Carpathians

1. Wstęp

Jodła pospolita *Abies alba* Mill. należy do głównych gatunków lasotwórczych Krainy Karpackiej, gdzie zajmuje drugie miejsce po buku pod względem zajmowanej powierzchni oraz zapasu (Niemtur 2007). W 2006 r. charakterystyczne dla krajobrazu karpackiego drzewostany z panującą jodłą stanowiły ok. 21% obszaru polskich Karpat. Jest to wyraźny spadek w stosunku do 1967 r., kiedy to jedliny występowały na około 28,3% powierzchni. W latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego stulecia przyspieszone obumieranie drzewostanów jodłowych w Karpatach wynikało z niekorzystnych czynników abiotycznych i biotycznych (Zięba 2010).

Aktualnie jodła pospolita jest gatunkiem, którego drzewostany po okresie zagrożenia wykazują wyraźne cechy rewitalizacji w zakresie wzrostu, jak i odnowienia. Drugą przesłanką, która wskazuje na rosnące znaczenie drzewostanów jodłowych w przyszłości jest wielkoob-

szarowy rozpad drzewostanów świerkowych i prowadzona na masową skalę ich przebudowa na mieszane z licznym udziałem jodły (Niemtur 2007; Jaworski, Pach 2014).

Jodła w lasach gospodarczych, mimo wolnego wzrostu w pierwszej klasie wieku, tworzy drzewostany o bardzo wysokiej zasobności. Wielkością produkcji drewna przewyższa sosnę, a w odpowiednich warunkach siedliskowych nawet świerk (Dobrowolska 1999). Z zagadnieniem produktywności drzewostanów związana jest kwestia jakości otrzymywanego surowca. Drewno jodły pod względem wyglądu i właściwości technicznych jest podobne do drewna świerka i w wielu przypadkach może znajdować te same zastosowania (Surmiński 1983). Jednocześnie w drzewostanach świerkowych znaczne straty surowca związane są ze zgnilizną drewna, które dotyczą zwykle najcenniejszych części strzały, przy czym procesy rozkładu nasilają się wraz z wiekiem drzewostanów (Norkorpi 1979; Bernadzki 2003).

Świerk pospolity *Picea abies* (L.) Karst. należy do gatunków często opianowanych przez sprawców zgnilizny korzeni i odziomkowej partii pnia, stąd temu gatunkowi poświęcona jest większość opracowań dotyczących występowania zgnilizny odziomkowej pni (Norokorpi 1979; Stenlid, Wästerlund 1986; Krzan 1985; Mattila, Nuutinen 2007; Kohnle, Kändler 2007). W przypadku jodły problem nie jest dokładnie rozpoznany. W literaturze wymienia się szereg grzybów powodujących zgniliznę drewna jodły (Siwecki, Krzan 1983), ale brak jest informacji na temat rozmiarów szkód, jakie wywołują one w drzewostanach jodłowych. Istnieją doniesienia o mniejszej podatności drewna jodły na uszkodzenia w wyniku patogenicznej działalności grzyba (Kohnle, Kändler 2007), jednak wyniki badań tomograficznych przeprowadzonych w lasach gospodarczych Beskidu Śląskiego i Żywieckiego wskazują, że problem zgnilizny odziomkowej może dotyczyć świerka i jodły w podobnym stopniu (Niemtur et al. 2013).

Brak pniaków w drzewostanach wyłączonych z użytkowania, na których można by określić częstość występowania zgnilizny powoduje, że diagnozę należy przeprowadzić na drzewach stojących. Dotychczasowe badania drzew stojących opierały się zasadniczo na analizie wywierców dordzeniowych pobieranych na wysokości pierśnicy (Mattila, Nuutinen 2007) lub w szyi korzeniowej (Krzan 1985). Metoda ta jednak wiąże się z mechaniczną ingerencją w wewnętrzne tkanki drzewa, przez co umożliwia rozprzestrzenianie się chorób. Jednocześnie szacuje się, że wykonywanie nawiertów na wysokości pierśnicy pozwala wykryć tylko 50% faktycznie obecnych uszkodzeń (Stenlid, Wästerlund

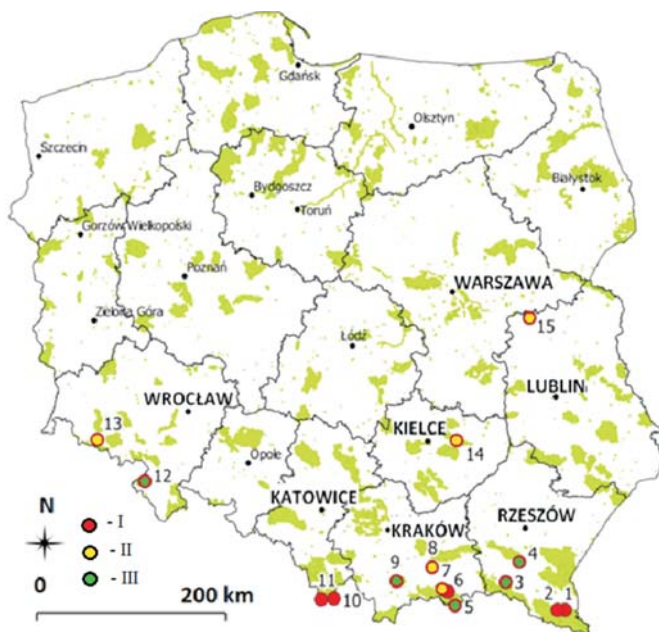
1986). W parkach narodowych i rezerwach ocena rozmiarów uszkodzeń jodły przez zgniliznę odziomkową wymaga ograniczenia destrukcyjnych metod badawczych i może być dokonana przy zastosowaniu bezinwazyjnej metody za pomocą tomografu akustycznego.

Celem przeprowadzonych badań była identyfikacja w wybranych rezerwach i parkach narodowych drzewostanów jodły lub pojedynczych drzew o niskim stopniu zagrożenia zgnilizną. Wyniki mogą być wstępem do badań nad możliwościami hodowli mniej wrażliwych genotypów jodły na działanie patogenów grzybowych powodujących zgniliznę odziomkową drewna.

2. Metodyka

Obiekt badań

Badania przeprowadzono w latach 2010–2013 w drzewostanach jodłowych lub z przeważającym udziałem jodły. Na terenie Karpackiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej wybrano drzewostany w Gorczańskim Parku Narodowym oraz w 10 rezerwach przyrody tak zlokalizowanych, aby reprezentowały cały maszyn górski tej Krainy – od Beskidu Żywieckiego (rezerwaty Oszaś i Śrubita) po Bieszczady (rezerwaty Hulskie i Sine Wiry) (ryc. 1). W badaniach uwzględniono również drzewostany zlokalizowane w Karkonoskim PN, PN Gór Stołowych oraz w Świętokrzyskim PN. Dodatkowo do badań włączono drzewostan jodłowy położony poza zwartym zasięgiem gatunku w rezerwacie Jata (ryc. 1). Charakterystykę i lokalizację poszczególnych obiektów badawczych przedstawiono na rycinie 1 i w tabeli 1.



Rycina 1. Rozmieszczenie powierzchni badawczych I, II, III – waloryzacja powierzchni (patrz: Wyniki)

Figure 1. Location of research plots. I, II, III – valorization of the plots (see: Results)

1 – Hulskie, 2 – Sine Wiry, 3 – Cergowa G., 4 – Kretówki, 5 – Hajnik, 6 – Uhryń, 7 – Barnowiec, 8 – Białowodzka G., 9 – Gorczański PN, 10 – Oszaś, 11 – Śrubita, 12 – PN Gór Stołowych, 13 – Karkonoski PN, 14 – Świętokrzyski PN, 15 – Jata

Tabela 1. Charakterystyka obiektów badawczych

Table 1. Characteristics of research plots

Lp. No	Rezerwat/PN Reserve/National Park	Wysokość n.p.m. Height a.s.l.	Wystawa Exposure	Współrzędne Coordinates		Gatunki główne drzewostanu Main species of stands	Powierz- chnia Area ha	Rok utworzenia Year of creation
1	Hulskie	800	W	49°15'20.9"N	22°33'11.4"E	Bk, Jd	189,87	1983
2	Sine Wiry	750	SW	49°15'41.4"N	22°25'28.7"E	Bk, Jd	450,49	1987
3	Cergowa G.	650	N	49°32'7.8"N	21°42'17.2"E	Bk, Jd, Jw	61,35	1963
4	Kretówki	400'	NE	49°42'50.7"N	21°54'45.1"E	Bk, Jd	95,27	1959
5	Hajnik	700	SE	49°19'50.54"N	20°57'38.57"E	Jd	16,9	1974
6	Uhryń	750	NW	49°27'44"N	20°51'32"E	Bk, Jd	16,52	1957
7	Barnowiec	860	NE	49°29'17.8"N	20°46'20.6"E	Bk, Jd, Jw	21,61	1924
8	Białowodzka Góra	400	NE	49°41'23"N	20°37'53"E	Bk, Jd	67,74	1961
9	Gorczański PN	750	SW	49°34'28"N	20°05'39"E	Jd	-	1981
10	Oszast	925–1147	NE	49°25'54"N	19°11'16"E	Bk, Jd, Św, Jw	48,8	1971
11	Śrubita	780–960	N	49°24'22"N	19°0'42"E	Bk, Jd	25,86	1958
12	PN Gór Stołowych	720	plasko / flat	50°29'32"N	16°19'28"E	Jd	-	1993
13	Karkonoski PN	500	N	50°50'16"N	15°38'50"E	Bk, Jd	-	1959
14	Świętokrzyski PN	570	S	50°53'39"N	20°54'37"E	Jd	-	1924
15	Jata	170	plasko / flat	51°57'53.9"N	22°12'41.6"E	Jd	1116,8	1933

Notes: Bk – *Fagus sylvatica* L., Jd – *Abies alba* Mill., Św – *Picea abies* (L.) H. Karst, Jw – *Acer pseudoplatanus* L.

Badania tomograficzne

Występowanie zgnilizny odziomkowej na przekroju poprzecznym pnia określano za pomocą tomografu akustycznego Picus Sonic, firmy Argus Electronic, Rosstock, Niemcy. Urządzenie wykorzystuje zależność prędkości fali dźwiękowej od właściwości drewna i w sposób bezinwazyjny informuje o obecności zgnilizny, jej rozmiarze i lokalizacji na przekroju poprzecznym pnia. Dokładny opis techniczny aparatu i zasada działania znajdują się na stronie producenta <http://www.argus-electronic.de>.

W każdym drzewostanie badania tomograficzne przeprowadzono na próbie 30 losowo wybranych jodeł, położonych w bezpośrednim sąsiedztwie. Pomierzono także pierśnicę i wysokość wybranych drzew oraz określono ich wiek na wywiertach pobranych świdrem Preslera.

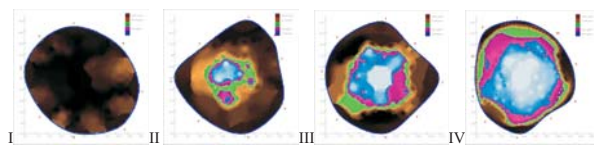
Poziom pomiaru tomograficznego określono na wysokości ok. 10 cm od powierzchni gruntu, mierząc od strony stoku. Na obwodzie drzewa zakładano od 8 do 10 punktów pomiarowych, w zależności od grubości drzewa, zgodnie z instrukcją obsługi aparatu. Punkt numer 1 umieszczano zawsze od strony północnej. W każdym punkcie pomiarowym umieszczano elektrodę do momentu uzyskania jej kontaktu z drewnem, po czym łączono ją magnetycznie z czujnikiem. Impuls dźwiękowy na kolejnych punktach pomiarowych wzbudzano 3-krotnie, uderzając metalowym młotkiem wersji Lite.

Geometria przekroju poprzecznego pnia odtwarzana była przez pomiar odległości pomiędzy punktami pomiarowymi za pomocą klipy Picus Calliper. Po przesłaniu drogą radiową informacji z czujników do komputera, tomogramy przekrojów poprzecznych pni jodeł były generowane przez oprogramowanie Picus Expert wersji Q72.

Analiza tomogramów

Tomogram stanowi wizualizację stanu drewna na przekroju poprzecznym pnia w miejscu przeprowadzonego pomiaru. Poszczególne kolory na tomogramie oznaczają obszary drewna o różnym stopniu zaawansowania zgnilizny w wyniku patogenicznej działalności grzybów. Na podstawie analizy barw na tomogramie drewno przekroju poprzecznego pnia każdego drzewa zostało przydzielone do jednej z 3 kategorii: drewno zdrowe (niewykazujące rozkładu) – kolor ciemnobrązowy i jasnobrązowy na tomogramie, drewno uszkodzone – kolor niebieski i fioletowy, drewno niezidentyfikowane – kolor zielony. Procentowy udział drewna danej kategorii w powierzchni przekroju poprzecznego obliczany był przez program Picus Expert automatycznie.

Na podstawie otrzymanych wyników określono średni udział drewna zdrowego na tomogramie w każdym drzewostanie oraz obliczono współczynnik zmienności tej cechy dla 30 badanych jodeł. Łącznie przeanalizowano tomogramy 450 jodeł z 15 drzewostanów.



Rycina 2. Tomogramy jodeł w różnych klasach uszkodzeń: I klasa – 100% drewna zdrowego, II klasa – 76–99% drewna zdrowego, III klasa – 50–75% drewna zdrowego, IV klasa – 2% drewna zdrowego

Figure 2. Tomograms of firs in classes of damages: Class I – 100% of the undamaged wood, Class II – 76–99% of the undamaged wood, III class – 50–75% of the undamaged wood, IV class – 2% of the undamaged wood

Na podstawie procentowego udziału drewna zdrowego na przekroju poprzecznym badane jodły przydzielono do jednej z czterech klas zdrowotności. Wyróżniono następujące klasy zdrowotności: I – 100% drewna zdrowego na tomogramie, II – 76–99%, III – 50–75%, IV – poniżej 50%. Przykłady tomogramów przedstawione na rycinie 2 ilustrują, jaki zasięg zgnilizny reprezentują poszczególne klasy.

W celu waloryzacji badanych jodeł na poszczególnych powierzchniach wprowadzono ocenę punktową: drzewo w I klasie – 10 punktów, II – 7, III – 4, IV – 0. Suma punktów dla 30 jodeł stanowiła sumaryczną ocenę stopnia uszkodzeń drzewostanu na danej powierzchni.

Analizy statystyczne

Badane drzewostany zostały porównane pod względem średniego z 30 drzew udziału drewna zdrowego na tomogramie. Porównanie średnich wykonano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA). Porównania *post hoc* (*po fakcie*) wykonano testem HSD Tukeya, służącym do określenia istotności różnic pomiędzy średnimi grupowymi w układzie analizy wariancji. Na podstawie wyników testu wyszczególniono grupy jednorodne, tj. grupy drzewostanów nieróżniące się istotnie pod względem badanej cechy.

Analogiczne porównania wykonano także dla wyróżnionych klas zdrowotności. Ze względu na różną liczbę drzew w poszczególnych klasach (I klasa – 73 drzewa, II – 159, III – 162, IV – 56) różnice pomiędzy średnimi analizowano za pomocą testu Kruskala-Wallis, będącego nieparametrycznym odpowiednikiem ANOVA. Na podstawie testu określono występowanie istotnych statystycznie różnic pomiędzy klasami w zakresie średnich dla klasy: udziału drewna zdrowego na tomogramie, wieku drzew oraz pierśnicy. Porównania *post-hoc* średnich rang dla wszystkich prób wykonano metodą porównań wielokrotnych, obliczając statystykę testową Z w sposób opisany przez Siegel, Castellan (1988).

Wszystkie obliczenia wykonano za pomocą narzędzi zawartych w pakiecie Statistica 9.

3. Wyniki

Wygenerowane tomogramy wskazały na znaczne zróżnicowanie częstości występowania zgnilizny odziomkowej w badanych drzewostanach (tab. 3). Zróżnicowanie to było widoczne zarówno dla 30 jodeł w poszczególnych drzewostanach, jak i pomiędzy 15 drzewostanami. Największe różnice w zakresie liczby drzew dotkniętych rozkładem drewna odnotowano pomiędzy drzewostanami w rezerwacie Uhryń (tab. 2, ryc. 3A) i w Gorczańskim Parku Narodowym (tab. 2, ryc. 3B).

Duże różnice stwierdzono także pomiędzy jodłami w rezerwacie Uhryń i w położonym również w Beskidzie Sądeckim (Góry Leluchowskie) rezerwacie Hajnik. W rezerwacie Hajnik dla dziesięciu jodeł nie wykazano żadnych uszkodzeń (100% drewna zdrowego na przekroju poprzecznym), podczas gdy w rezerwacie Uhryń spośród 30 przebadanych drzew tylko jedno nie wykazało śladów zgnilizny odziomkowej (tab. 2, ryc. 3), pomimo podobnych warunków siedliskowych w obu rezerwach. W wyniku przeprowadzonej waloryzacji jodły w rezerwacie Uhryń otrzymały najmniejszą liczbę punktów spośród badanych obiektów – 98 (tab. 2) podczas gdy w Gorczańskim PN – 266, a rezerwacie Hajnik – 213. Dla badanych jodeł ważnym czynnikiem był ich wiek, którego średnia wartość dla 30 jodeł wynosiła w rezerwacie Uhryń – 135 lat, w rezerwacie Hajnik – 79 lat i w Gorczańskim PN – 99 lat. Dominacja wieku, jako czynnika decydującego o stopniu porażenia jodeł przez zgniliznę odziomkową, nie tłumaczy identycznej liczby punktów – 121 (tab. 2) dla 30 jodeł z rezerwatów Oszaż i Śrubita. Rezerваты te różniły się znacznie wiekiem badanych jodeł – 109 i 150 lat (tab. 3).

Przeprowadzona waloryzacja punktowa badanych drzewostanów nie wykazała zależności natężenia zgnilizny drewna jodły od rozmieszczenia drzewostanów w poszczególnych rezerwach i parkach narodowych (ryc. 4).

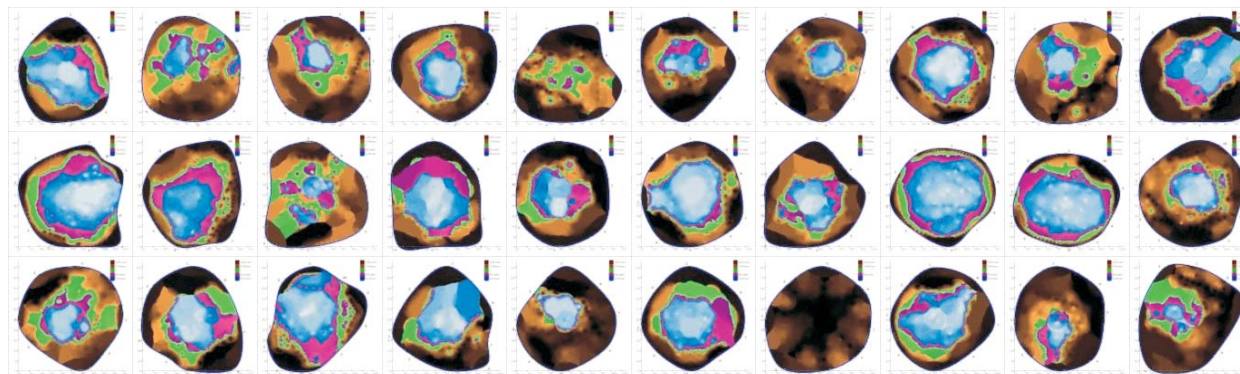
Drzewostany różniły się istotnie pod względem średniego udziału drewna zdrowego na tomogramie (ANOVA $F=8489,470$; $p<0,000$). Największa różnica w zakresie tej cechy wystąpiła pomiędzy najsilniej uszkodzonymi jodłami w rezerwacie Uhryń i najmniej dotkniętymi zgnilizną odziomkową jodłami w Gorczańskim Parku Narodowym (tab. 3, $p<0,000$). Testy *post hoc* pozwoliły na wyróżnienie czterech grup jednorodnych pod względem średniego dla drzewostanu udziału drewna zdrowego na przekroju poprzecznym. W skład poszczególnych grup jednorodnych weszły drzewostany pochodzące z różnych części Krainy

Tabela 2. Waloryzacja punktowa badanych drzewostanów jodlowych

Table 2. Valorization of the research plots

Lp. No	Rezerwat / PN Reserve / National Park	Liczba drzew w klasach uszkodzeń: Number of trees in classes of damages:				Suma punktów Sum of points
		I	II	III	IV	
		100% 10 pkt / pts	75–99% 7 pkt / pts	50–76% 4 pkt / pts	2% 0 pkt / pts	
1	Hulskie	0×10	117	12×4	7×0	125
2	Sine Wiry	1	6	14	9	108
3	Cergowa Góra	3	23	4	0	207
4	Kretówki	8	13	9	0	207
5	Hajnik	10	11	9	0	213
6	Uhryń	1	4	15	10	98
7	Barnowiec	2	10	12	6	138
8	Białowodzka G.	3	10	16	1	164
9	Gorczański PN	23	4	2	1	266
10	Oszast	1	9	12	8	121
11	Śrubita	0	7	18	5	121
12	PN Gór St.	7	18	5	0	216
13	Karkonoski PN	4	7	16	3	153
14	Świętokrzyski PN	8	13	3	6	183
15	Jata	2	13	15	0	171
Razem / Total		73	159	162	56	

A



B

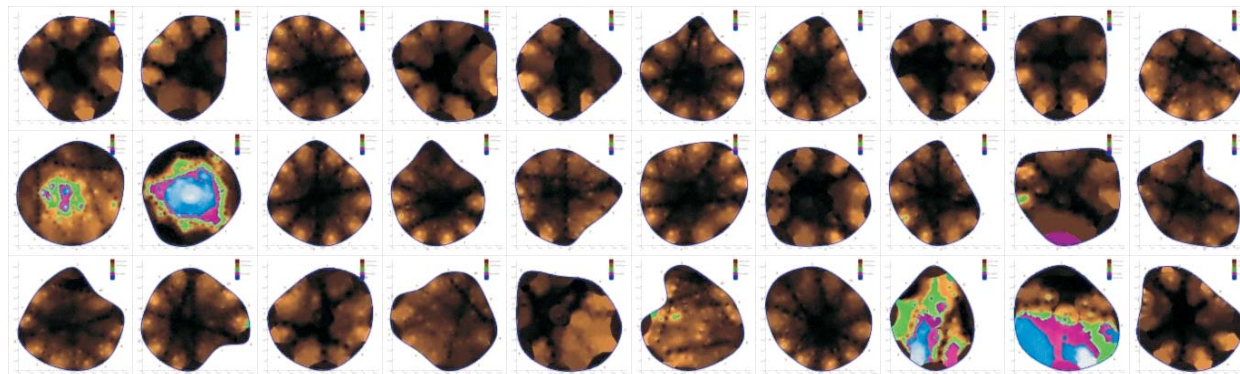
**Rycina 3. Tomogramy badanych jodeł w: A – Rezerwacie Uhryń, B – Gorczańskim Parku Narodowym**

Figure 3. Tomograms of examined firs in: A – Reserve Uhryń, B – Gorce National Park

Tabela 3. Średni udział drewna zdrowego na tomogramach 30 jodeł, pierśnica i wiek badanych drzew

Table 3. The average percentage of undamaged wood on tomograms of 30 firs, diameter at breast height and age of the examined trees

Rezerwat / PN Reserve / National Park	Wiek Age	Pierśnica Diameter at breast height		Udział drewna zdrowego na 30 tomogramach The average percentage of undamaged wood on 30 tomograms			$R_{d,zp}$
		d_{30} [cm]	Wz [%]	m_{30} [%]	Wz [%]	grupy jednorodne test HSD Tukeya homogeneous groups Tukey HSD test	
I.							
Uhryń	135	75,4	30,3	58,2	33,7	X	-0,669
Sine Wiry	92	57,3	24,2	61,5	26,7	X X	0,377
Oszast	109	59,5	34,5	61,7	32,9	X X	-0,205
Śrubita	150	64,8	25,0	62,6	27,9	X X	-0,644
Hulskie	124	69,0	31,0	63,5	33,3	X X	-0,366
II.							
Barnowiec	145	73,5	25,2	67,7	27,1	X X	-0,341
Karkonoski PN	95	44,5	24,1	72,1	26,3	X X X	0,422
Białowodzka G.	78	54,9	20,5	74,3	17,3	X X	0,089
Świętokrzyski PN	121	58,2	38,1	74,8	33,14	X X	-0,436
Jata	98	56,6	20,1	74,9	15,7	X X	-0,032
III.							
Hajnik	79	59,1	23,1	84,0	17,9	X X	-0,058
Kretówki	80	50,8	17,2	84,9	15,2	X X	0,193
Cergowa G.	128	49,8	17,1	85,9	13,1	X X	-0,366
PN Gór St.	96	53,4	17,9	86,1	13,6	X X	-0,212
Gorzkański PN	99	76,2	22,7	94,5	15,5	X	0,005

Oznaczenia: m_{30} – średnia arytmetyczna z 30 drzew, Wz – współczynnik zmienności, $R_{d,zp}$ – współczynnik korelacji liniowej pomiędzy % drewna zdrowego i pierśnicą dla 30 drzew na powierzchni. I, II, III – grupy jak na rycinie 1. Druk tłusty – korelacje istotne statystycznie.
 Notation: m_{30} – the arithmetic mean of percentage from 30 trees, Wz – coefficient of variation, $R_{d,zp}$ – correlation coefficient between % of undamaged wood and diameter at breast height for 30 trees on the experimental plots. I, II, III – groups as in Figure 1. Bold print – statistically significant correlations.

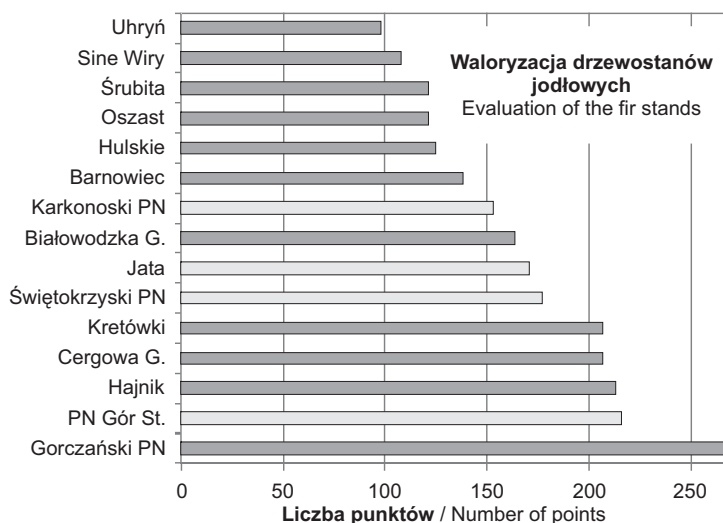
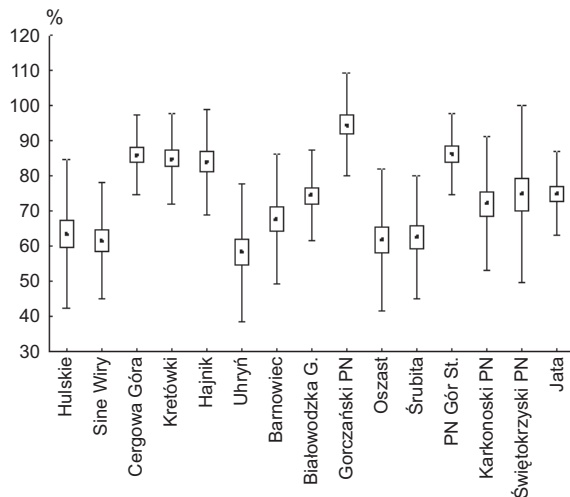
**Rycina 4. Waloryzacja punktowa badanych drzewostanów w 11 rezerwach (ciemniejszy kolor) i 4 parkach narodowych wg udziału 30 jodeł w poszczególnych klasach zdrowotności drewna**

Figure 4. Evaluation of stands in 11 reserves (darker color) and 4 national parks by the participation of 30 firs in classes of wood damages



Rycina 5. Procentowy udział drewna zdrowego jodeł na tomogramach: średnia (znacznik), błąd standardowy (ramka), odchylenie standardowe (odcinki)

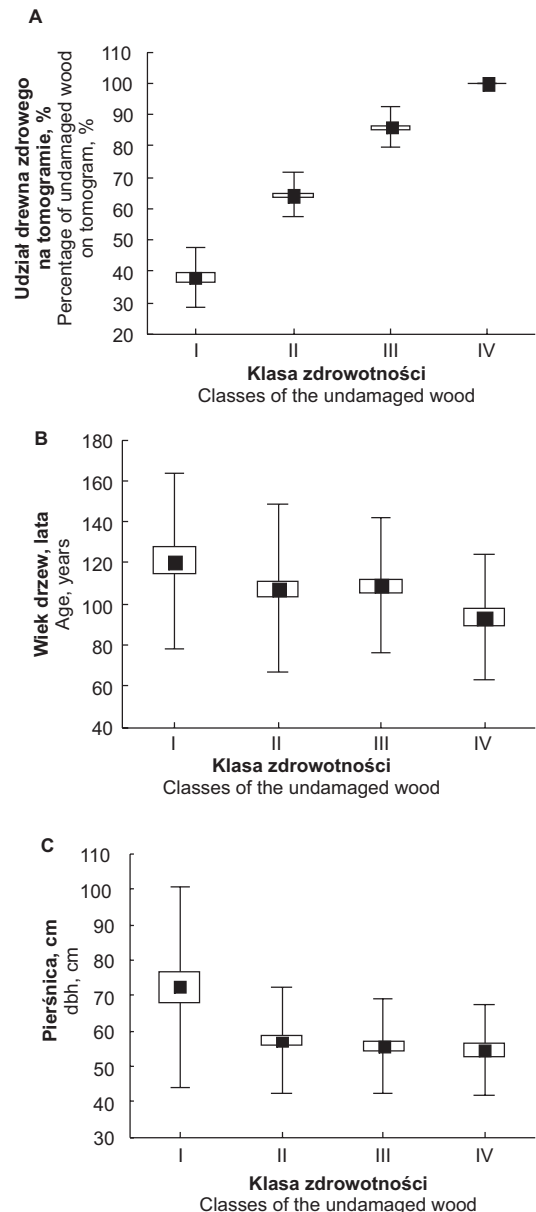
Figure 5 Percentage of undamaged wood of firs on tomograms: average (tag), standard error (box), standard deviation (line segments)

Karpackiej, a także spoza tego obszaru. Granice między grupami były nieostre, (dlatego na ryc. 1 wyróżniono trzy grupy), ponieważ nie stwierdzono zmienności uwarunkowanej położeniem geograficznym drzewostanu. Drzewostany z Krainy Karpackiej nie wyróżniały się na tle drzewostanów z innych regionów Polski (drzewostany karpackie nie tworzyły osobnej grupy jednorodnej).

Mimo braku wyraźnego trendu w rozmieszczeniu geograficznym drzewostanów o podobnym stopniu oparowania przez zgniliznę można zauważyć, że drzewostany znajdujące się w bliskim sąsiedztwie wykazywały często podobny rozmiar uszkodzeń, np. drzewostany Hulskie i Sine Wiry lub Oszast i Śrubita (ryc. 4).

Obliczony współczynnik korelacji pomiędzy udziałem zdrowego drewna na przekroju poprzecznym drzew na danej powierzchni a ich pierśnicą wykazał wartości ujemne, istotne statystycznie, ale tylko dla drzew w wieku powyżej 120 lat. Młodsze drzewa takiej korelacji nie wykazały, a w przypadku Karkonoskiego PN i rezerwatu Sine Wiry była to nawet korelacja ujemna (tab. 3).

Znaczne różnice w porażeniu jodeł przez zgniliznę odziomkową zaobserwowano zarówno na poziomie populacyjnym – drzewostanów (ryc. 3, 5), jak i osobniczym. Na 450 jodeł zbadanych w 15 drzewostanach odnotowano 73 osobniki niewykazujące żadnych objawów rozkładu drewna w odziomku – klasa zdrowotności I (tab. 2) oraz 56 drzew, u których ponad połowa drewna na przekroju poprzecznym pnia była objęta zgnilizną – klasa zdrowotności IV (tab. 2). Przeprowadzone analizy statystyczne (test Kruskala-Wallisa) wykazały, że drze-



Rycina 6. Procentowy udział drewna zdrowego na tomogramach (A), wiek (B) oraz pierśnica (C) jodeł w poszczególnych klasach zdrowotności. Średnia dla 30 drzew (znacznik), błąd standardowy (ramka) oraz odchylenie standardowe (linie).

Figure 6. Percentage of undamaged wood on tomograms (A), age (B) and diameter at breast height (C) of firs in the classes of health. Average for 30 trees (the tag), standard error (box) and standard deviation (line segments).

wa należące do poszczególnych klas zdrowotności różniły się istotnie w zakresie wieku drzew ($H=12,035$; $p=0,007$), pierśnicy ($H=15,604$; $p=0,001$) oraz udziału drewna zdrowego ($H=303,399$; $p=0,000$).

Różnice w zakresie średniego udziału drewna zdrowego, średniego wieku drzew oraz średniej pierśnicy

w poszczególnych klasach zdrowotności przedstawiono na wykresach (ryc. 6A, B, C).

4. Dyskusja

W Polsce badania nad zgnilizną drewna w odziomkowych partiach strzał jodeł na obszarze rezerwatów i parków narodowych nie były dotąd podejmowane na większą skalę. Przeprowadzone pomiary są pierwszą próbą oszacowania rozmiarów występowania zgnilizny odziomkowej w drzewostanach jodłowych w zaawansowanym wieku.

Jodła jest uważana za ekologiczny stabilizator naszych lasów. Cechuje ją dobre naturalne odnawianie, znoszenie ocienienia w młodości, łatwe reagowanie na zabiegi hodowlane. Jest doskonała do kształtowania drzewostanów wielogeneracyjnych i o zróżnicowanej strukturze, sprzyjających zwiększeniu różnorodności biologicznej lasu. Jednocześnie, obok walorów ekologicznych, jodła osiąga także wysokie wyniki produkcyjne. Jest gatunkiem o dużej plastyczności, dobrze rosnącym nawet poza naturalnym zasięgiem (Jaworski et al. 1995; Dobrowolska 1999; Bijak 2010).

W przyszłości znaczenie drzewostanów jodłowych będzie zwiększać się ze względu na wielkoobszarowy rozpad drzewostanów świerkowych w górach oraz prowadzoną na masową skalę przebudowę monokultur świerkowych na drzewostany mieszane z licznym udziałem jodły (Jaworski, Pach 2014). Także w kontekście prognozowanych zmian klimatu przewiduje się nasilenie zamierania sosny i świerka, podczas gdy jodłę wymienia się wśród gatunków zdolnych rozwijać się w zmienionych warunkach środowiska (Kräuchi 1994; Ziemia 2010; Tinner et al. 2013; Jaworski, Pach 2014). Zmiany te będą wymuszać dostosowanie dotychczasowych składów gatunkowych upraw, a tym samym struktury przyszłych drzewostanów karpackich. Dla obszaru Karpat przewiduje się wzrost temperatury w granicach 2–4°C do końca XXI wieku (IPCC 2013) oraz zwiększenie opadów atmosferycznych w okresie zimy i zmniejszenie w okresie wegetacyjnym przy nierównomiernym rozkładzie. Tym samym, zwiększać się będzie częstotliwość anomalii pogodowych z negatywnymi skutkami dla ekosystemów leśnych, szczególnie w warunkach górskich (Gori 2013; Ciscar 2014).

Przyjmując najbardziej ostrożną prognozę Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (The Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, 2013), tj. średni wzrost temperatury o 2°C do 2100 r., można zauważyć, że wyróżnione przez Hessa (1965) piętra klimatyczne podniosą swój zasięg o jedno piętro. Można więc przypuszczać z dużym prawdopodobieństwem, że podobnie zareagują piętra roślinności, a w dzisiejszym

reglu dolnym odpowiednie warunki klimatyczne do swojego rozwoju znajdą gatunki drzew występujące dziś w niższych położeniach. Dla jodły może to oznaczać zwiększenie konkurencji z gatunkami liściastymi w reglu dolnym, głównie z bukiem i zwiększenie udziału w składzie drzewostanów w reglu górnym.

Przeprowadzone badania nie wskazały wyraźnego trendu w rozmieszczeniu geograficznym drzewostanów jodłowych o podobnym stopniu opanowania przez zgniliznę. Nie stwierdzono też, aby karpackie drzewostany jodłowe różniły się pod tym względem od jodeł z innych polskich pochodzeń. Wskazuje to, że zróżnicowanie w występowaniu zgnilizny odziomkowej jodły zależy od uwarunkowań lokalnych.

Czynnikiem najsilniej determinującym częstość występowania zgnilizny w badanych drzewostanach był wiek drzew. Nasilenie występowania zgnilizny odziomkowej z wiekiem drzewostanów, jako efekt zaawansowania procesów dekompozycji drewna, zostało szeroko opisane dla drzewostanów świerkowych (Norokorpi 1979; Krzan 1985; Bernadzki 2003; Chomicz, Niemtur 2008; Niemtur, Chomicz 2008; Niemtur, Chomicz 2009). Według Norkorpi (1979) problem zgnilizny odziomkowej pojawia się w świerczynach w wieku poniżej 100 lat i prawdopodobnie dotyczy wszystkich drzew w wieku 300–400 lat. Z kolei Bernadzki (2003), badając stare drzewostany sosnowe na niżu, stwierdza, że przetrzymywanie drzew do bardzo późnego wieku wiąże się z dużym, szybko rosnącym z wiekiem, ryzykiem pojawienia się zgnilizny odziomkowej i szacuje prawdopodobieństwo wystąpienia zgnilizny na około 30% w wieku 120 lat i 60% w wieku 200 lat. W odniesieniu do wieku drzewostanów jodłowych przeprowadzono wstępne badania w drzewostanach gospodarczych Nadl. Ujsoly (Niemtur et al. 2013), gdzie stwierdzono podobne zależności.

Prowadzone wcześniej badania w drzewostanach świerkowych (Niemtur, Chomicz 2008), a także w trzech drzewostanach nasiennych jodły na terenie Nadleśnictw Węgierska Górka, Limanowa i Baligród (Niemtur et al. 2011) wykazały, że u ponad 90% badanych starszych drzew występują zmiany patologiczne w odziomkach, a jednocześnie zachowały się pojedyncze egzemplarze jodeł, u których brak jakichkolwiek śladów uszkodzeń pomimo zaawansowanego wieku.

Problem zróżnicowania wrażliwości drzew na działanie patogenów grzybowych jest opisany między innymi w pracy Pautasso i in. (2005). Autorzy uważają, że zróżnicowanie to jest naturalną strategią obronną ekosystemów leśnych, która wynika bezpośrednio z różnorodności biologicznej. Występowanie klonów świerka o obniżonej podatności na uszkodzenia drewna przez *Heterobasidion parviporum* opisują Rodriguez i in. (2009). Żółciak i in. (2006) piszą, że na przebieg cho-

roby w uprawie sosny mają wpływ właściwości osobnicze drzew, ponieważ nie wszystkie drzewa rosnące obok zainokulowanych pniaków ulegają porażeniu przez *Heterobasidion annosum*. Znacznie więcej informacji można znaleźć o zróżnicowaniu genetycznym patogenów (Łakomy 2007; Zamponi 2007; van Diepen 2013).

Ochrona przyrody w rezerwach i w parkach narodowych to między innymi ochrona *in situ* zasobów genowych ekotypów drzew przystosowanych do zróżnicowanych warunków górskich. Te bezcenne zasoby genowe drzew objęte ochroną w parkach narodowych i rezerwach przyrody pozostają praktycznie niewykorzystane w hodowli wielofunkcyjnych lasów, ponieważ są wyłączone z krajowych programów selekcji. Jest to ogromna strata, tym bardziej, że występują tu drzewa o unikalnych cechach, których cenne genotypy mogłyby w procesie restytucji wzmocnić różnorodność biologiczną lasów produkcyjnych. Dotyczy to szczególnie zagrożonych gatunków oraz gatunków wprowadzanych w Karpatach i Sudetach, zarówno w ramach przebudowy świerczyn, jak i na uprawy pokłeskowe. Przykładem takiego gatunku jest właśnie jodła pospolita, której udział powierzchniowy w lasach górskich zwiększa się z każdym rokiem w wyniku odnowień sztucznych i naturalnych (Przybylska, Ziemia 2007). Identyfikacja i zbiór nasion z drzew genetycznie bardziej odpornych na działanie patogenów grzybowych (Rodriguez et al. 2009) może przyczynić się do wzbogacenia istniejącej puli genetycznej leśnego materiału rozmnożeniowego, dla hodowli nowych i przebudowy istniejących drzewostanów.

5. Wnioski

Wiek badanych jodeł był najważniejszym czynnikiem decydującym o stopniu ich porażenia przez grzyby powodujące zgniliznę odziomkową drewna, niezależnie od lokalizacji badanych drzewostanów.

Występują jednak wyjątki od zależności związanej z wiekiem, które wskazują na występowanie innych warunków zagrożenia zgnilizną drewna.

Wyjaśnienie przyczyn stwierdzonych różnic w procentowym udziale drewna zdrowego na przekroju poprzecznym badanych jodeł na poszczególnych powierzchniach oraz między powierzchniami wymaga dalszych badań.

Przeprowadzenie badań w drzewostanach na obszarze rezerwatów przyrody i parków narodowych umożliwiło dostęp do drzew znacznie starszych niż spotykane w lasach gospodarczych. Uzyskane wyniki wskazują, że obiekty te są szczególnie przydatne między innymi do badań nad selekcją cennych genotypów drzew.

Podziękowania

W publikacji przedstawiono wyniki badań zrealizowanych w ramach projektu badawczego pt. „Zastosowanie tomografii komputerowej do analizy zagrożenia zgnilizną odziomkową jodły w drzewostanach objętych ochroną rezerwatową w Karpackiej Krainie Przyrodniczo-Leśnej” sfinansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego ze środków budżetowych na naukę w latach 2010–2013 (umowa nr 1008/B/P01/2010/39).

Literatura

- Bijak S. 2010. Tree-ring chronology of silver fir and its dependence on climate of the Kaszubskie Lakeland (Northern Poland). *Geochronometria*, 35: 91–94.
- Bernadzki E. 2003. Struktura wieku i zagrożenie zgnilizną drewna starych drzewostanów sosnowych. *Sylwan*, 5: 3–12.
- Chomicz E., Niemtur S. 2008. Występowanie zgnilizny odziomkowej w wybranych drzewostanach świerkowych Karpat Zachodnich. *Leśne Prace Badawcze*, 69(3): 233–241.
- Ciscar J. C. (editor) 2014. Climate Impacts in Europe. The JRC PESETA II project. Publications Office of the European Union, Luxembourg: 1–151. <ftp.jrc.es/EURdoc/JRC87011.pdf> [6.02.2014] ISBN 978-92-79-36833-2.
- Dobrowolska D. 1999. Przyszłość jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w naszych lasach, w: Stan i perspektywy badań z zakresu hodowli lasu. Materiały I Konferencji Leśnej, Sękocin Las, 8–19 maja 1999, s. 179–185.
- Gori Y., P. Cherubini, F. Camin, N. La Porta, 2013. Fungal root pathogen (*Heterobasidion parviporum*) increases drought stress in Norway spruce stand at low elevation in the Alps. *European Journal of Forest Research*, 132: 607–619.
- Hess M. 1965. Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich. *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 11.
- IPCC. 2013. Climate change. 12. Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. The Physical Science Basis. <http://www.ipcc.ch/> [6.02.2014]. ISBN 978-1-107-05799-1.
- Jaworski A., Pach M. 2014. A comparison of lower montane natural forest (*Abies*, *Fagus*, *Picea*) in Oszastr Reserve and spruce monocultures in the Żywiecki Beskid and Śląski Beskid. *Leśne Prace Badawcze (Forest Research Papers)*, 75(1): 13–23. DOI 10.2478/frp-2014-0002.
- Kohnle U., Kändler G. 2007. Is Silver fir (*Abies alba*) less vulnerable to extraction damage than Norway spruce (*Picea abies*)? *European Journal of Forest Research*, 126: 121–129.
- Kräuchi N. 1994. Modelling forest succession as influenced by a changing environment. *Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft*, 2: 143–271.
- Krzan Z. 1985. Występowanie zgnilizny odziomkowej świerków w drzewostanach regla dolnego Tatrzańskiego Parku

- Narodowego. *Parki Narodowe, Rezerwy Przyrody*, 2: 5–16.
- Łakomy P., Broda Z., Werner A. 2007. Genetic diversity of *Heterobasidion* spp. in Scots pine, Norway spruce and European silver fir stands. *Acta Mycologica*, 42(2): 203–210.
- Mattila U., Nuutinen T. 2007. Assessing the incidence of butt rot in Norway spruce in southern Finland. *Silva Fennica*, 1: 29–43.
- Niemtur S. 2007. Lasy karpackie: stan aktualny i próba prognozy. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 54: 31–44.
- Niemtur S., Chomicz E. 2008. Tomografia komputerowa świerków w zagrożonych drzewostanach o różnym statusie ochronnym. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 55: 99–112.
- Niemtur S., Chomicz E. 2009. Root rot diseases and bark beetles infestation in spruce stands of Silesian and Żywiec Beskid. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 56: 49–58.
- Niemtur S., Sierota Z., Głaz J., Nowakowska J., Jachym M., Małecka M., Matras J., Piszczek J., Wójcik J., Chomicz E., Kapsa M., Kowalik W. 2011. Kierunki zagospodarowania lasów beskidzkich na terenach pokłęskowych. Dokumentacja naukowa z realizacji tematu BLP 340, Sękocin Stary, Instytut Badawczy Leśnictwa, s. 1–185.
- Niemtur S., Chomicz E., Kapsa M. 2013. Computer tomography in wood-decay assessment of silver fir (*Abies alba* Mill.) stands in Polish part of Carpathians, in: Integrating Nature and Society towards Sustainability (J. Kozak, K. Ostapowicz, A. Bytnerowicz, B. Wyżga), Springer Verlag, ISBN 978-3-642-12724-3.
- Norokorpi Y. 1979. Old Norway spruce stands, amount of decay and decay causing microbes in northern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 97(6): 1–77.
- Siegel S., Castellan N. J. 1988. Nonparametric statistics for the behavioral sciences (2nd ed.) New York, McGraw-Hill Book Company.
- Pautasso M., Holdenrieder O., Stenlid J. 2005. Susceptibility to fungal pathogens of forests differing in tree diversity. *Ecological Studies*, 176: 263–289.
- Rodriguez Y. P., Gerendiaín A. Z., Pappinen A., Peltola H., Pulkkinen P. 2009. Differences in wood decay by *Heterobasidion parviporum* in cloned Norway spruce (*Picea abies*). *Canadian Journal of Forest Research*, 39(1): 26–35.
- Siwecki R., Krzan Z. 1983. Ważniejsze choroby i szkodniki, w: Jodła pospolita *Abies alba* Mill., (red. S. Białobok), Warszawa-Poznań, PWN. ISBN 83-01-04028-9.
- Stenlid J., Wästerlund I. 1986. Estimating the frequency of stem rot in *Picea abies* using an increment borer. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1: 303–308.
- Surmiński J. 1983. Właściwości techniczne i możliwości zastosowania drewna jodły, w: Jodła pospolita *Abies alba* Mill. (red. S. Białobok), Warszawa-Poznań, PWN. ISBN 83-01-04028-9.
- Tinner W., Colombaroli D., Heiri O., Henne P. D., Steinacher M., Untenecker J., Vescovi E., Allen J.R. M., Carraro G., Conedera M., Joos F., Lotter A. F., Luterbacher J., Samartin S., Valsecchi V. 2013. The past ecology of *Abies alba* provides new perspectives on future responses of silver fir forests to global warming. *Ecological Monographs*, 83: 419–439.
- van Diepen L.T.A., Olson A., Ihrmark K., Stenlid J., James T. Y. 2013. Extensive Trans-Specific Polymorphism at the Mating Type Locus of the Root Decay Fungus *Heterobasidion*. <http://mbe.oxfordjournals.org/> at University of Michigan on November 24.
- Zamponi L., Paffetti D., Tegli S., Łakomy P., Capretti P., 2007. Genetic variation in *Heterobasidion abietinum* populations detected with the M13 minisatellite marker. The Authors Journal compilation, Berlin, Blackwell Verlag: 328–322.
- Zięba S. 2010. Wskaźnikowa analiza stanu lasów karpackich w latach 1967-2006. *Sylwan*, 154(7): 478–487.
- Żółciak A., Sierota Z., Małecka M. 2006. Przebieg choroby w uprawie sosny zwyczajnej w następstwie sztucznej inokulacji pniaków grzybnią korzeniowca wieloletniego. *Leśne Prace Badawcze*, 1: 37–55.

Wkład autorów

S.N. – pomysł podjęcia przedstawionej tematyki oraz opieka merytoryczna nad całością tekstu, udział w pracach terenowych, E.Ch. – udział w pracach terenowych, obliczenia statystyczne, M.K. – udział w pracach terenowych.