

Jacek WOLSKI

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN  
Zakład Geoeologii  
00-818 Warszawa, ul. Twarda 51/55  
e-mail: j.wolski@twarda.pan.pl

## MARTWE DREWNO W LESIE: OCENA ZAPASU I PROPOZYCJE POSTĘPOWANIA

DOWN DEAD WOOD IN THE FOREST:  
QUANTIFICATION AND PROPOSALS FOR HANDLING

**Abstract.** *Measurements of down dead wood volume were conducted on six experimental plots in uneven-aged, managed forests in three Forest Promotion Areas (Bory Lubuskie, Bory Tucholskie, Puszcza Białowieska). Brown's planar intersect method, modified by author of this article, was used in field work.*

*Analysis of results indicated relationships between stands life-cycle and dead wood volume ( $m^3/ha$ ), number of pieces in diameter classes as well as forest floor area occupied by woody debris ( $m^2/ha$ ). The largest volume was observed in young and old-growth forests sites, the smallest in mature forests (80–100 years old). Additionally main causes of diversity of down wood quantity in forests in different physico-geographical regions were analyzed.*

*In conclusion attention was paid on necessity of: (a) beginning of measurements of woody debris in Polish forests to determine real supplies diagnosis, (b) undertaking of multiaspectual researches connected with ecological role of dead wood in forest ecosystems, (c) elaborating of new strategy for woody debris management. Concrete actions related to economic practices existing in forest were proposed.*

**Key words:** *down dead wood volume, coarse and fine woody debris, stand age, forest management, Forest Promotion Areas.*

# I. OCENA ZAPASU LEŻĄCEGO MARTWEGO DREWNA W RÓŻNOWIEKOWYCH DRZEWOSTANACH GOSPODARCZYCH

## 1. Wprowadzenie<sup>1</sup>

W ostatnich latach w Polsce powoli zaczyna zmieniać się stosunek do zalegającego na dnie lasów martwego drewna<sup>2</sup>. Wielu naukowców, w tym także część leśników, przyznaje, że związana z obecnością martwego drewna działalność szkodników wtórnych czy możliwość rozprzestrzeniania się ognia nie stanowią tak dużego zagrożenia dla zdrowych drzewostanów, jak uważano przez ostatnie dziesięciolecia.

Wciąż jednak informacje o rzeczywistym zapasie leżącego martwego drewna (leżaniny) w różnych typach polskich lasów gospodarczych i naturalnych są cząstkowe, a wiedza o jego szeroko pojętej roli ekologicznej pochodzi głównie z literatury amerykańskiej i skandynawskiej. Do wyjątków należą badania Białowieskiej Stacji Geobotanicznej Uniwersytetu Warszawskiego (FALIŃSKI 1978; MASALSKA 1997), prace realizowane od kilku lat pod kierownictwem J. Gutowskiego<sup>3</sup> czy zakończony w 2001 r. polsko-amerykański program pt. “Modele akumulacji i zanikania martwego drewna na dnie starych lasów chronionych i zagospodarowanych w Białowieży i w Hiawatha National Forest (Michigan) – badania porównawcze” (MROZ i in. 2001). Nieliczne są publikacje w czasopismach leśnych i ekologicznych (PIOTROWSKI i WOŁK 1975; ZIELONKA i NIKLASSON 2001; BOBIEC 2002; WOLSKI 2002a) i prace o charakterze popularno-naukowym (ORCZEWSKA i SZWEDO 1996; BORUSIEWICZ 1997; HILSZCZAŃSKI 1997; GUTOWSKI i in. 2002).

Na świecie badania dotyczące zasobów leżącego martwego drewna oraz jego wpływu na funkcjonowanie ekosystemów leśnych prowadzone są intensywnie od kilkudziesięciu lat (MASER i TRAPPE 1984; HARMON i in. 1986; MASER i in. 1988; MCMINN i CROSSLEY 1996). Bogaty przegląd literatury tematu zaprezentowali w swoich opracowaniach m.in. CAZA (1993), LASSETTRE (1999) i SOLON (2002).

Powyższe prace, jak również wiele innych, podsumowujących badania prowadzone w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie i krajach skandynawskich, wykazują bardzo duże zróżnicowanie miąższości martwego drewna zalegającego na

1 W artykule przedstawiono wybrane wyniki badań wykonanych podczas realizacji III etapu zadania “Martwe drewno i jego funkcje ekologiczne w lasach zagospodarowanych i rezerwach wybranych Leśnych Kompleksów Promocyjnych” (część projektu badawczego “Podstawy trwałej i zrównoważonej gospodarki leśnej w Leśnych Kompleksach Promocyjnych” — koordynator prof. dr hab. K. Rykowski).

2 Leżące martwe drewno są to kawałki obumarłej materii drzewnej pozostawionej w lesie lub zalegającej z powodów naturalnych.

3 W niepublikowanym sprawozdaniu pt. “Chrząszcze saproksyliczne jako wskaźnik odkształceń ekosystemów leśnych borów świeżych” zamieszczono wyniki pomiarów zapasu martwego drewna ze stanowisk zlokalizowanych w Puszczy Białowieskiej, Biebrzańskim Parku Narodowym, Borach Tucholskich, Puszczy Kozińskiej i Nadleśnictwie Świerklaniec.

dnie lasów. Ilość ta jest – w dużym uproszczeniu – funkcją (wypadkową) dostawy i tempa rozkładu, ale w praktyce zależy od całego zespołu przedstawionych poniżej czynników.

Oprócz ziemskich stref klimatycznych i klimatu lokalnego, duży wpływ na ilość leżaniny ma mikroklimat dna lasu. Związany jest on m.in. ze stopniem zacieńnienia dna lasu (zwarcie koron, skład gatunkowy drzewostanu, ekspozycja), “przewiewnością” drzewostanu (zwarcie i skład gatunkowy podszytu i podrostu) i wilgotnością podłoża (intercepcja opadu atmosferycznego, poziom wód gruntowych, przepuszczalność podłoża). W niektórych strefach klimatycznych w podobnych typach lasów znacznie mniej leżaniny gromadzi się na stanowiskach suchych i zimnych (*dry cold*) niż na wilgotnych i chłodnych (*moist cool*). Przykładowo w strefie subborealnej, w Kanadzie, ilość leżaniny wynosi 44,1–159,2 m<sup>3</sup>/ha w drzewostanach świerkowych i 36,2–268,4 m<sup>3</sup>/ha w drzewostanach sosnowych (LOFROTH 1998).

Duży i powszechnie znany wpływ na śmiertelność drzew mają morfogenetyczne procesy stokowe, polegające na przemieszczaniu lub usuwaniu zwietrzeli z powierzchni skał (zsuwanie, spełzywanie). Czasem obecność jednego specyficznego poziomu genetycznego w profilu glebowym (np. bardzo twardego poziomu orszynowego) może okazać się niekorzystna dla drzew o słabym lub płytkim systemie korzeniowym (MROZ i in. 2001).

Ważnym czynnikiem wpływającym na ilość leżaniny w lesie jest kondycja ekologiczna drzewostanów, związana m.in. z częstotliwością występowania zjawisk zaburzających naturalny rozwój drzewostanu, zwłaszcza pożarów, powodzi, silnych wiatrów i gradacji szkodników owadzych. LOFROTH (1998) podaje, że różnice w miąższości leżaniny związane z częstotliwością tych zjawisk mogą sięgać od 60 m<sup>3</sup>/ha (*Picea mariana*, *P. canadensis*) do 390 m<sup>3</sup>/ha (*Tsuga heterophylla*). Dużą rolę odgrywają także przyczyny pojawienia się leżaniny. Badania w północno-zachodniej Rosji wykazały, że na powierzchniach świeżych zrębów, po wywiezieniu pozyskanego surowca, zachowało się średnio 24 m<sup>3</sup>/ha martwego drewna, podczas gdy w miejscach “naturalnych” zaburzeń było go nawet do 145 m<sup>3</sup>/ha (KRANKINA i in. 2001).

Częstotliwość cięć pielęgnacyjnych oraz rodzaj cięć rębnych mogą mieć większy wpływ na zasób leżaniny niż intensywność cięć czy rozmiar pozyskania (ABER i in. 1978, za Caza 1993). Znacznie mniej martwego drewna znajduje się na obszarach: częstych działań gospodarczych, stosowania cięć zupełnych i częściowych. Związane jest to z: niską miąższością drzewostanu i nie dopuszczaniem do naturalnej (powolnej) śmierci drzew, pozostawianiem na zrębach głównie drobnicy, która ulega szybkiemu rozkładowi i niszczeniem przez ciężki sprzęt zalegającej na dnie lasu leżaniny grubej, zwłaszcza tej w zaawansowanym stopniu rozkładu (GORE i PATTERSON 1986; SPIES i CLINE 1988).

Zasób leżaniny (zwłaszcza udział frakcji grubych) i tempo jej rozkładu są silnie związane z wiekiem drzewostanu, natomiast znacznie słabiej ze średnią wysokością drzewostanu (HARMON i in. 1986; FRANKLIN i in. 1987; HARMON i

SEXTON 1996; SPETICH i in. 1999). Ponadto tempo rozkładu zależy od gatunku drzew – w tym przypadku może się różnić nawet dziesięciokrotnie (HARMON i in. 1987; LOFROTH 1998, za Mattsonem i in. 1987).

O'NEILL i DEANGELIS (1981) jako jedni z pierwszych stwierdzili, że ilość martwego drewna wzrasta wraz z produktywnością drzewostanu (w rozumieniu przyrodniczym). Wielu badaczy odnotowuje także większą roczną dostawę martwego drewna w drzewostanach iglastych (HARMON i HUA 1991). Jednak ze względu na zróżnicowanie czynników odpowiedzialnych za rozkład materii drzewnej często nie jest to skorelowane z jej ilością na dnie lasu.

Głównym celem tej pracy jest: prezentacja wyników pomiarów zapasu leżącego martwego drewna wykonanych w trzech leśnych kompleksach promocyjnych, analiza zaobserwowanych zależności, m.in. z wiekiem drzewostanu, przedstawienie wstępnych działań, mających na celu sformułowanie nowych zasad postępowania z martwym drewnem w lasach naszego kraju.

## 2. Charakterystyka stanowisk badawczych

Pomiar zapasu leżącego martwego drewna przeprowadzono na sześciu stanowiskach zlokalizowanych w trzech leśnych kompleksach promocyjnych: Borach Tucholskich, Borach Lubuskich i Puszczy Białowieskiej.

Powierzchnie dobrano tak, aby były możliwie zbliżone pod względem występujących typów gleb i ich właściwości oraz podstawowych charakterystyk fitosocjologiczno-florystycznych. Analizowane zbiorowiska leśne należą do klasy *Vaccinio-Piceetea*, rzędu *Cladonio-Vaccinietalia* i związku *Dicrano-Pinion*, czyli reprezentują naturalne oligo- i mezotroficzne zbiorowiska borowe, z wyraźną przewagą sosny w drzewostanie i runem krzewinkowo-mszystym lub trawiastomszystym. Różnice w przynależności syntaksonomicznej występują na poziomie zespołu (*Leucobryo-Pinetum*, *Peucedano-Pinetum* i *Serratulo-Pinetum*) (ROO-ZIELIŃSKA i SOLON 2002).

Wszystkie stanowiska założono w lasach gospodarczych o podobnym (przeciętnym) sposobie użytkowania, reprezentatywnym dla tego typu powierzchni leśnych w naszym kraju. Podstawowym kryterium różnicującym był wiek drzewostanu (37–154 lata). Dokładne dane lokalizacyjne i wybrane charakterystyki fitosocjologiczno-glebowe stanowisk zawiera tabela 1.

## 3. Metody

### *Prace terenowe*

Do pomiarów martwego drewna wykorzystano metodę linii<sup>1</sup> siecznych BROWNA (1974). Na każdym stanowisku o maksymalnej powierzchni ok. 0,7 ha wytyczono 20 linii siecznych o długości 10,5 m każda (20×10,5 m = 210 m). Kie-

<sup>1</sup> Nazwa metody używana przez większość autorów, natomiast sam Brown używa terminu “planar intersect method” (metoda powierzchni siecznych).

**Tabela 1**  
Table 1  
**Dane lokalizacyjne oraz wybrane charakterystyki glebowe i botaniczne stanowisk badawczych (wg DEGÓRSKI 2002, ROO-ZIELIŃSKA I SOLON 2002)**  
Location and selected soil and botanical characteristics of experimental plots (according to DEGÓRSKI 2002, ROO-ZIELIŃSKA I SOLON 2002)

Nazwa stanowiska Site name	Bory Lubuskie	Bory Tucholskie	Puszcza Białowieża (742) Browsk	Puszcza Białowieża (493) Białowieża	Puszcza Białowieża (520) Białowieża	Puszcza Białowieża (521) Białowieża
Nadleśnictwo Forest inspectorate	Lubsko	Tuchola	Browsk	Białowieża	Białowieża	Białowieża
Leśnictwo Forest district	Ciemny Las	Świt	Lacka Puszcza	Suche	Podcerkiew	Podcerkiew
Oddział i pododdział Forest department	223 h	66 i	742 b	493 Ag	520 Bh	521 Aa
Szerokość geograficzna N Latitude N	51°44'43"	53°33'08"	52°53'19"	52°41'32"	52°41'32"	52°41'32"
Długość geograficzna E Longitude E	14°45'19"	17°53'29"	23°37'10"	23°43'42"	23°43'42"	23°43'42"
Wysokość n.p.m. Altitude	119	147	109	120	120	120
Wiek sosny <i>Pinus sylvestris</i> age	98	94	93	154	37	71
Przynależność fitosocjol. Forest community	suboceaniczny bór sosnowy świeży <i>Leucobryo-Pinetum</i>	suboceaniczny bór sosnowy świeży <i>Leucobryo-Pinetum</i>	bór sosnowy świeży <i>Peucedano-Pinetum</i>	bór mieszały świeży <i>Serratulo-Pinetum</i>	bór mieszały świeży <i>Serratulo-Pinetum</i>	bór mieszały świeży <i>Serratulo-Pinetum</i>
Typ gleby Soil type	bielicowa podzolic	rdzawa właściwa rusty	bielicowa podzolic	bielicowo-rdzawa podzolic-rusty	bielicowo-rdzawa podzolic-rusty	bielicowo-rdzawa podzolic-rusty
Poziomy genetyczne Genetic horizons	O-AEes-Ees-Bhfe-C	O-AE-BfeBv-Bv-C	O-AEes-Ees-Bhfe-C	O-AE-BfeBv-Bv- BvC-C	O-AE-BfeBv-Bv- BvC-C	O-AE-BfeBv-Bv- BvC-C
Typ próchnicy Humus type	mor	moder-mor	mor	moder-mor	moder-mor	moder-mor
pH w poziomie próchn. pH in humus horizon	4,23	4,08	4,74	4,53	4,44	4,34
Gatunki drzew warstwy a1 Tree species in a1 layer	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Picea abies</i>	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Picea abies</i>	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Betula pendula</i>	<i>Pinus sylvestris</i>
Gatunki drzew warstwy a2 Tree species in a2 layer	–	<i>Betula pendula</i> <i>Fagus sylvatica</i>	<i>Quercus robur</i> <i>Betula pendula</i>	–	<i>Picea abies</i>	<i>Picea abies</i> <i>Betula pendula</i>

runki ich przebiegu były wyznaczane losowo w zakresie 0–150°, a początki leżały co 10,5 m wzdłuż poprowadzonych w terenie równoległych transektów oddalonych od siebie o 30 m.

Inwentaryzowano wszystkie kawałki martwego drewna leżące na poszczególnych liniach siecznych: o grubości 7,6 cm na całej długości, 2,5–7,6 cm na odcinku 0–3 m, 0–0,6 cm i 0,6–2,5 cm na odcinku 0–1,8 m. Materiał najdrobniejszy (<0,6 cm) zliczano, grubszy (0,6–7,6 cm) mierzono (długość, grubość), a w przypadku materiału >7,6 cm dodatkowo określano stopień rozkładu według pięciostopniowej skali HARMONA i SEXTONA (1996).

Szczegółowy przebieg prac terenowych wraz z proponowanymi modyfikacjami metodyki Browna autor przedstawił we wcześniejszej publikacji (WOLSKI 2002a). Zasady pomiarów poszczególnych kawałków leżaniny są dostępne w literaturze i oficjalnych wytycznych dotyczących inwentaryzacji lasu (Field Manual for Describing Terrestrial Ecosystems 1998; Vegetation Resources Inventory Ground Sampling Procedures 2000; MARSHALL i DAVIS 2002).

### **Obliczenia i analizy statystyczne**

Obliczenia zmiennych z próby i estymację parametrów z populacji wykonano na podstawie poniższych wzorów (VAN WAGNER 1982; MARSHALL i in. 2000; WOLSKI 2002a):

- miąższość leżącego martwego drewna (m<sup>3</sup>/ha):

$$y_i = \frac{\pi^2}{8 \times L} \times \sum_{j=1}^{m_i} d_{ij}^2$$

- średnia długość kawałka leżaniny (m):

$$y_i = \frac{m_i}{\sum_{j=1}^{m_i} l_{ij}}$$

- powierzchnia dna lasu zajęta przez leżące martwe drewno (m<sup>2</sup>/ha):

$$y_i = \frac{50 \times \pi}{L} \times \sum_{j=1}^{m_i} d_{ij}$$

- średnia miąższość z próby:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

- odchylenie standardowe z populacji:

$$S_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{n}}{n \times (n-1)}}$$

– średnia z populacji przy założonym poziomie ufności 95% dla testu dwustronnego:

$$\mu_y \in \left( \bar{y} - t_{n-1, \alpha/2} \times S_{\bar{y}}; \bar{y} + t_{n-1, \alpha/2} \times S_{\bar{y}} \right) \quad z \quad P = 1 - \alpha$$

gdzie:  $L$  – długość linii siecznej  $i$ ,  $l_{ij}$  – długość kawałka leżaniny  $j$  na linii siecznej  $i$ ,  $d_{ij}$  – średnica kawałka leżaniny  $j$  w miejscu przecięcia przez linię sieczną  $i$ ,  $m_i$  – liczba wszystkich fragmentów martwego drewna leżących na linii siecznej  $i$ ,  $n$  – liczba wszystkich linii siecznych  $i$  na danej powierzchni pomiarowej. Wartość  $t_{n-1, \alpha/2}$  odczytana z tablicy wartości krytycznych dla rozkładu  $t$  Studenta przy 19 stopniach swobody ( $n = 20$ ) wynosi 2,093.

Dla materiału o grubości w przedziale 0,0–0,6 cm wybrano wartość środkową przedziału, czyli 0,3 cm; frakcji tej nie brano pod uwagę w obliczeniach powierzchni i średniej długości. Przeprowadzono osobne wyliczenia dla poszczególnych klas wielkości uwzględniające różną długość linii siecznych:  $L = 1,8$  m dla 0,0–0,6 cm i 0,6–2,5 cm, 3 m dla 2,5–7,6 cm i 10,5 m dla powyżej 7,6 cm.

Do przeliczenia miąższości martwego drewna ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) na masę ( $\text{t}/\text{ha}$ ) niezbędna jest znajomość gęstości materiału ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). Ze względu na dominację sosny (*Pinus sylvestris* L.) na wszystkich stanowiskach dokonano obliczeń tylko dla tego gatunku. Przyjęto następujące wartości gęstości ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ): dla drewna świeżo ściętego – 820, powietrznie suchego o wilgotności bezwzględnej 12–15% – 510 i całkowicie suchego – 490<sup>1</sup>. Uwzględniając znaczne zmniejszanie się gęstości martwego drewna grubego wraz ze wzrostem stopnia jego rozkładu (HARMON i SEXTON 1996; HALE i PASTOR 1998; HARMON i in. 2000; ADAMS i OWENS 2001) oraz wieloletnie zaleganie drobnicy na świeżym powietrzu (dotyczy to zwłaszcza materiału o średnicy 2,5–7,6 cm niezagłębionego w runo ani w glebę) przypuszcza się, że rzeczywista masa leżaniny będzie zawarta pomiędzy masą obliczoną jak dla drewna powietrznie suchego (jako maksimum) a masą niższą o 30–50% (jako minimum).

#### 4. Wyniki

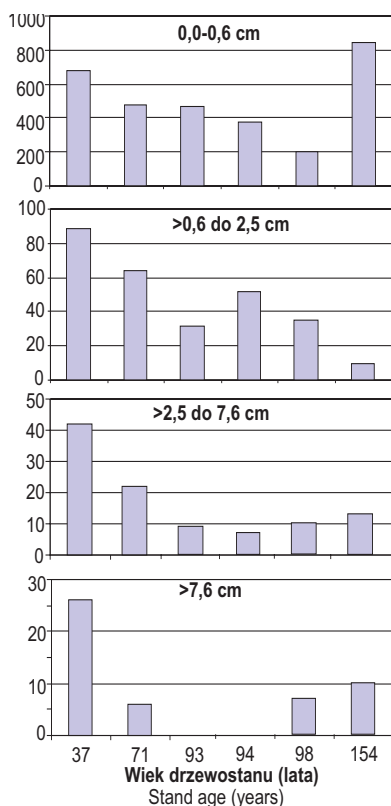
Rozkład leżaniny w poszczególnych klasach grubości jest bardzo wyraźny (tab. 2). Liczba kawałków maleje wraz ze wzrostem grubości, przy czym rozrzut wyników między poszczególnymi stanowiskami jest bardzo duży. Ponadto wraz z wiekiem drzewostanu ilość drobnicy maleje, natomiast ilość grubizny zauważalnie rośnie (ryc. 1). Bardzo duże nagromadzenie materiału najdrobniejszego (<0,6 cm) na stanowisku w Puszczy Białowieskiej (493) wydaje się przypadkiem jednostkowym, który nie może być podstawą do zanegowania zauważonej tendencji.

<sup>1</sup> Gęstość drewna przyjęto na podstawie danych Instytutu Technologii Drewna (“Użytkowe gatunki drewna – vademecum”, [www.itd.poznan.pl](http://www.itd.poznan.pl)) oraz literatury: SIMPSON 1993; MAŃKOWSKI i in. 1998; Forest Products Laboratory 1999, ponieważ w ramach obecnego projektu nie prowadzono laboratoryjnych pomiarów właściwości fizycznych drewna.

Tabela 2  
Table 2

**Liczebność kawałków leżaniny w podziale na klasy wielkości i stopnie rozkładu**  
Number of dead wood pieces by diameter classes and decomposition rate

Nazwa stanowiska Experimental plot	0–0,6 cm	0,6–2,5 cm	2,5–7,6 cm	>7,6 cm					Łącznie Total
				I	II	III	IV	V	
Bory Lubuskie	198	35	10	0	0	0	6	1	250
Bory Tucholskie	373	52	7	0	0	0	0	0	432
Puszcza Białowieska (742)	466	32	9	0	0	0	0	0	507
Puszcza Białowieska (493)	847	10	13	0	2	2	1	5	880
Puszcza Białowieska (520)	681	89	42	0	8	4	2	12	838
Puszcza Białowieska (521)	476	64	22	0	1	0	0	5	568
<b>Łącznie Total</b>	<b>3041</b>	<b>282</b>	<b>103</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>23</b>	<b>3475</b>



**Ryc. 1. Liczba kawałków martwego drewna w drzewostanach zróżnicowanych pod względem wieku**

Fig. 1. Number of dead wood pieces (Y axis) depending on stand age (X axis)

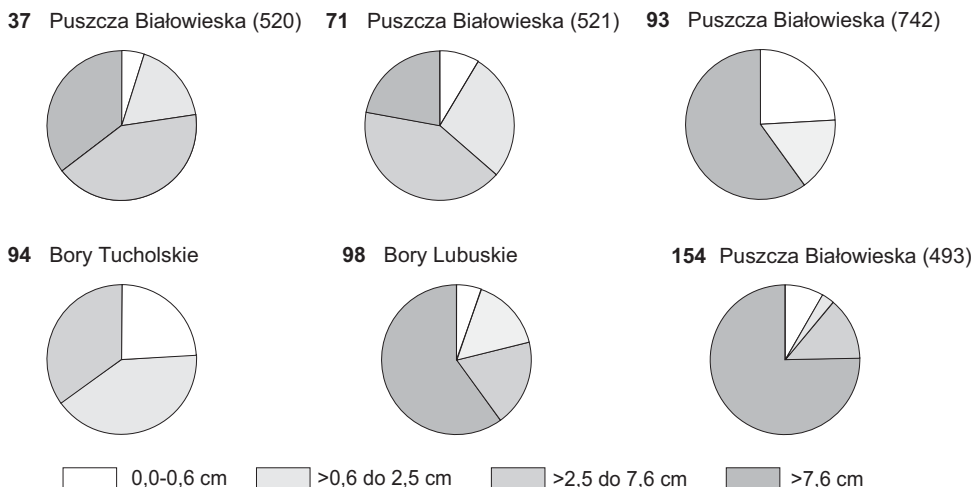
Wiek drzewostanu Stand age	Nazwa stanowiska Experimental plot
37	Puszcza Białowieska (520)
71	Puszcza Białowieska (521)
93	Puszcza Białowieska (742)
94	Bory Tucholskie
98	Bory Lubuskie
154	Puszcza Białowieska (493)

Na tym samym stanowisku żadnego spośród kawałków o średnicy powyżej 7,6 cm nie zakwalifikowano jako świeżego; zdecydowanie dominuje leżanina o największym stopniu rozkładu, stanowiąc prawie połowę całego stanu w tej klasie wielkości.



Tabela 3  
Table 3Miaższość i masa martwego drewna wraz z odchyleniem standardowym i średnią z populacji (w podziale na klasy grubości)  
Volume and mass of dead wood with standard deviation and 95% confidence interval (by diameter class)

Nazwa stanowiska Site name	Klasa grubości Diameter class	Suma cząstkowa Total by diameter class	Odchylenie standardowe Standard deviation	Średnia z populacji (95% confidence interval)	Suma Total m <sup>3</sup> /ha	Drewno całkiem suche Ovendry wood		Drewno powietrznie suche Air dry wood		Drewno świeżo ścięte Fresh wood	
						Suma cząstk. Total by dia- meter class	Suma Total t/ha	Suma cząstk. Total by dia- meter class	Suma Total t/ha	Suma cząstk. Total by dia- meter class	Suma Total t/ha
Bory Lubuskie	0,0–0,6	0,61	0,07	0,45; 0,77	12,12	0,30	0,30	0,31	0,31	0,50	0,50
	>0,6 do 2,5	1,95	0,61	0,67; 3,23		0,95	0,95	0,99	0,99	1,60	1,60
	>2,5 do 7,6	2,25	0,96	0,24; 4,26		1,10	1,10	1,15	1,15	1,85	1,85
	>7,6	7,32	4,61	-2,32; 16,96		3,59	3,73	3,73	6,00	6,00	
Bory Tucholskie	0,0–0,6	1,15	0,11	0,92; 1,37	5,11	0,56	0,56	0,59	0,59	0,94	0,94
	>0,6 do 2,5	1,94	0,61	0,66; 3,23		0,95	0,95	0,99	0,99	1,59	1,59
	>2,5 do 7,6	1,66	0,63	0,33; 2,99		0,81	0,81	0,85	0,85	1,36	1,36
	>7,6	0,00	0,00	n.d.		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Puszcza Białowieska (742)	0,0–0,6	1,44	0,18	1,07; 1,80	6,02	0,70	0,70	0,73	0,73	1,18	1,18
	>0,6 do 2,5	1,33	0,32	0,66; 2,01		0,65	0,65	0,68	0,68	1,09	1,09
	>2,5 do 7,6	3,25	1,14	0,87; 5,63		1,59	1,59	1,66	1,66	2,67	2,67
	>7,6	0,00	0,00	n.d.		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Puszcza Białowieska (493)	0,0–0,6	2,61	0,26	2,08; 3,14	30,48	1,28	1,28	1,33	1,33	2,14	2,14
	>0,6 do 2,5	0,76	0,29	0,16; 1,36		0,37	0,37	0,39	0,39	0,62	0,62
	>2,5 do 7,6	4,21	1,86	0,30; 8,11		2,06	2,06	2,14	2,14	3,45	3,45
	>7,6	22,91	16,91	-12,48; 58,30		11,22	11,68	11,68	18,78	18,78	
Puszcza Białowieska (520)	0,0–0,6	2,10	0,42	1,22; 2,98	39,35	1,03	1,03	1,07	1,07	1,72	1,72
	>0,6 do 2,5	6,83	1,10	4,53; 9,13		3,35	3,35	3,48	3,48	5,60	5,60
	>2,5 do 7,6	16,38	3,70	8,63; 24,12		8,02	8,02	8,35	8,35	13,43	13,43
	>7,6	14,04	3,70	6,29; 21,79		6,88	7,16	7,16	11,51	11,51	
Puszcza Białowieska (521)	0,0–0,6	1,47	0,19	1,06; 1,87	16,49	0,72	0,72	0,75	0,75	1,20	1,20
	>0,6 do 2,5	4,55	1,33	1,77; 7,33		2,23	2,23	2,32	2,32	3,73	3,73
	>2,5 do 7,6	6,73	1,59	3,41; 10,05		3,30	3,30	3,43	3,43	5,51	5,51
	>7,6	3,75	1,89	-0,21; 7,71		1,84	1,91	1,91	3,08	3,08	



**Ryc. 2. Udział poszczególnych klas grubości w całkowitej miąższości martwego drewna (liczba wytłuszczona oznacza wiek drzewostanu)**

Fig. 2. Percentage share of diameter classes in total dead wood volume (stand age is specified in bold)

Sumaryczna miąższość martwego drewna waha się od 5,11 m<sup>3</sup>/ha w Borach Lubuskich do 39,35 m<sup>3</sup>/ha w Puszczy Białowieckiej (493), tak więc różnica między “najuboższym” a “najbogatszym” stanowiskiem jest prawie ośmiokrotna (tab. 3). Masa leżaniny (drewna powietrznie suchego) mieści się w przedziale 2,42–20,07 t/ha, przy czym w praktyce, zwłaszcza na stanowiskach z dużym udziałem grubizny, wartości te mogą być niższe nawet o 50% i wynosić ok. 1–10 t/ha. Na powierzchniach, gdzie najgrubszy materiał nie występuje lub jest go relatywnie niewiele (Bory Tucholskie, Puszcza Białowiecka 742, 521), odnotowano znaczący udział materiału o grubości 0,6–2,5 cm (ryc. 2). Wydaje się to istotne, bowiem drobnica jest zazwyczaj pomijana w pomiarach lub zaliczana do materii organicznej dna lasu (często wcale nie jako drewno).

Zdecydowanie największą powierzchnię dna lasu zajmuje martwe drewno na stanowisku z najmłodszym drzewostanem (prawie 1200 m<sup>2</sup>/ha), a niemal dwukrotnie mniejszą w lesie 70-letnim (626 m<sup>2</sup>/ha); na stanowiskach z drzewostanem ponad 90-letnim wartości te oscylują ok. 300 m<sup>2</sup>/ha, mimo że miąższość leżaniny wynosi tam od 5,11 m<sup>3</sup>/ha do 30,48 m<sup>3</sup>/ha (tab. 3, 4, ryc. 3). Także w tym przypadku drobnica (0,6–2,5 cm) dominuje, przy jednocześnie znikomym udziale powierzchniowym najgrubszych frakcji – wyjątkiem jest stanowisko Puszcza Białowiecka (493), na którym proporcje te są odwrotne (ryc. 4).

Średnia długość kawałków drobnicy (0,6–2,5 cm) nie przekracza 0,5 m, natomiast fragmentów grubszych – 1 m (oprócz powierzchni Puszcza Białowiecka 493 i 520) (tab. 4).

Tabela 4

Table 4

**Powierzchnia dna lasu zajęta przez leżaninę i średnia długość kawałka wraz z odchyleniami standardowymi w podziale na klasy grubości (tylko fragmenty o średnicy >0,6 cm)**

Forest floor area occupy by down wood and average piece length with standard deviation by diameter classes (only pieces with diameter &gt;0,6 cm)

Nazwa stanowiska Experimental plot	Klasa grubości Diameter class	Średnia powierzchnia Average area	Odchylenie standardowe Standard deviation	Średnia długość Average length	Odchylenie standardowe Standard deviation
	(cm)	(m <sup>2</sup> /ha)		m	
Bory Lubuskie	0,6–2,5	181,38	54,06	0,14	0,04
	>2,5 do 7,6	85,77	35,02	0,20	0,06
	>7,6	63,84	35,13	0,98	0,36
Bory Tucholskie	0,6–2,5	241,98	42,30	0,39	0,06
	>2,5 do 7,6	61,71	23,17	0,29	0,12
	>7,6	0,00	0,00	0,00	0,00
Puszcza Białowieska (742)	0,6–2,5	145,19	30,67	0,16	0,04
	>2,5 do 7,6	95,45	29,82	0,65	0,26
	>7,6	0,00	0,00	0,00	0,00
Puszcza Białowieska (493)	0,6–2,5	60,17	20,13	0,23	0,08
	>2,5 do 7,6	129,70	48,18	0,58	0,27
	>7,6	106,89	50,52	1,46	0,64
Puszcza Białowieska (520)	0,6–2,5	557,21	86,47	0,48	0,08
	>2,5 do 7,6	454,23	84,04	3,05	0,54
	>7,6	181,79	44,33	3,47	0,64
Puszcza Białowieska (521)	0,6–2,5	373,22	98,04	0,25	0,04
	>2,5 do 7,6	208,94	42,43	0,81	0,23
	>7,6	43,88	18,97	0,38	0,17

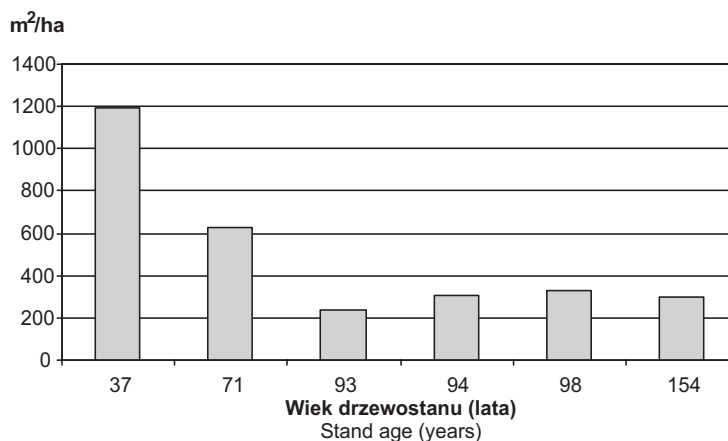
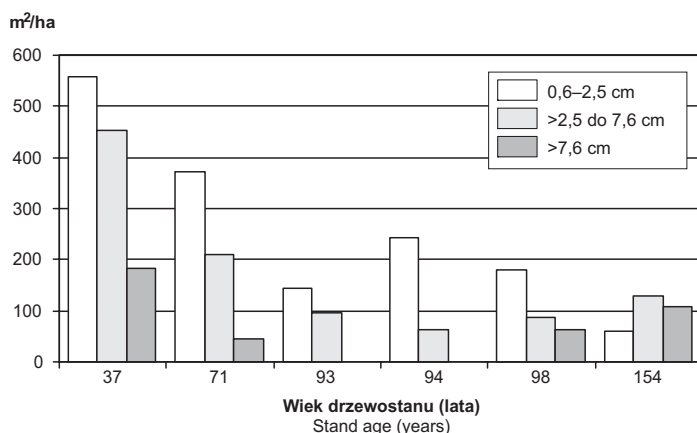
**Ryc. 3. Sumaryczna powierzchnia dna lasu zajęta przez martwe drewno w drzewostanach zróżnicowanych pod względem wieku**

Fig. 3. Total forest floor area occupied by down wood (Y axis) depending on stand age (X axis)



**Ryc. 4. Powierzchnia dna lasu zajęta przez martwe drewno w zróżnicowanych pod względem wieku drzewostanach (w podziale na klasy grubości)**

Fig. 4. Forest floor area occupied by down wood (Y axis) depending on stand age (X axis) and diameter class

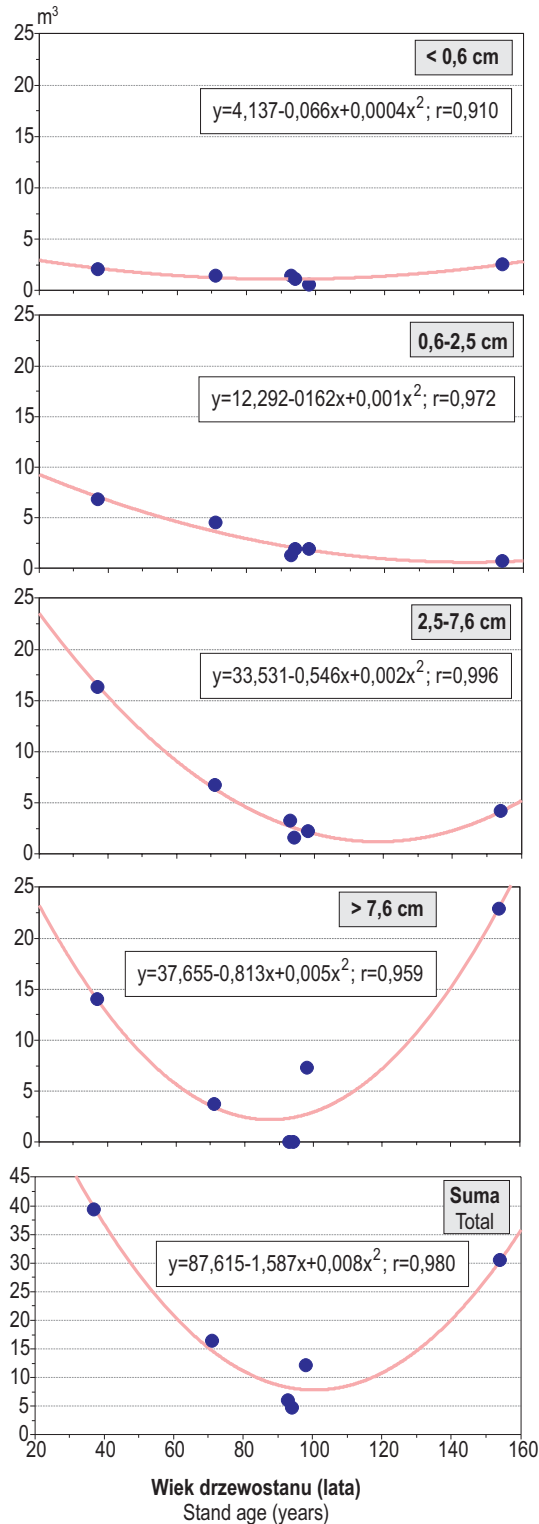
## 5. Dyskusja wyników

Porównanie miąższości martwego drewna w drzewostanach różniących się wiekiem na 6 badanych stanowiskach sugeruje istnienie zależności, która przybiera postać paraboli z minimum w przedziale wiekowym 80–100 lat (ryc. 5). Kształt sumarycznej krzywej jest bardzo podobny do przebiegu krzywej regresji dla leżaniny grubej (>7,6 cm) – widać, że właśnie ta frakcja jest odpowiedzialna za opisywaną zależność.

Ilość drobnicy znacznie słabiej związana jest z wiekiem drzewostanu i zależność ta wyraźnie maleje wraz z klasą grubości leżaniny. W tym przypadku trudno jednak szukać porównań w literaturze, bowiem tak szczegółowe pomiary drobnicy na świecie prowadzi się bardzo rzadko, a w Polsce – w ogóle.

Powyższe wyniki (zwłaszcza dotyczące grubizny) są zgodne z wieloma innymi obserwacjami prowadzonymi zarówno w lasach użytkowanych, jak i naturalnych (SPIES i CLINE 1988; MCCARTHY i BAILEY 1994; HARMON i SEXTON 1996; LOFROTH 1998; SPETICH i in. 1999) (tab. 5). Może to oznaczać, że bez względu na rodzaj i nasilenie zabiegów gospodarczych ogólne tendencje zmian ilości martwego drewna wraz z wiekiem drzewostanu pozostają niezmiennie i są zgodne z przebiegiem i następstwem procesów naturalnych. Potwierdzenie tej hipotezy w wyniku dalszych badań może mieć bardzo duże znaczenie przy formułowaniu nowych zasad postępowania z martwym drewnem<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Porównywanie "wprost" pomiarów wykonywanych tą samą metodą, ale przez różnych autorów jest mocno problematyczne (WOLSKI 2002a, 2002b). Przykładowo badania NEMEC'a i DAVIS'a (2002) wykazały, że rozrzut wyników w zależności od rozkładu, liczby i długości linii siecznych może przekraczać nawet 100%.



Prezentowane wyniki sugerują także, że od wieku drzewostanu zależy nie tylko miąższość martwego drewna, ale również wielkość kawałków i udział powierzchniowy. Wydaje się, że fundamentalną rolę odgrywają fazy rozwojowe, składające się na cykl życiowy drzewostanu.

W okresie młodocianym (15–40 lat) ma miejsce silne oczyszczanie się strzał z gałęzi i intensywne wydzielanie słabych drzewek. W lasach zagospodarowanych dodatkowym źródłem leżaniny są pozostałości po czyszczeniach późnych i trzebieży wczesnej. Taki przebieg naturalnych procesów i gospodarczej działalności tłumaczy bardzo dużą liczbę kawałków leżaniny różnej grubości, zajęcie znacznej powierzchni dna lasu (zwłaszcza przez drobnicę) i w efekcie bardzo wysoką miąższość leżaniny (Puszcza Białowieńska 520, 521).

W drzewostanie dojrzewającym wydzielanie się drzew jest bardzo wolne, naturalne oczyszczanie się strzał zanika; leżanina z okresu młodocianego jest w stanie całkowitego lub bardzo dużego rozkładu. Podczas trzebieży późnej usuwa się dodat-

**Ryc. 5. Krzywe regresji dla wartości zapasu martwego drewna (m³/ha) w odniesieniu do wieku drzewostanów w podziale na klasy grubości**

Fig. 5. Regression curves for dead wood volume (m³/ha, Y axis) depending on stand age (X axis) and diameter class

**Tabela 5**  
Table 5

**Zapas martwego drewna w różnych ekosystemach leśnych — wybrane przykłady**

Stock of dead wood in different forest ecosystems – examples

<b>Dominujące gatunki/drzewostan</b> Dominant tree species/stand	<b>Wiek</b> Age	<b>Zapas</b> Volume m <sup>3</sup> /ha	<b>Region</b> Region	<b>Państwo</b> Country	<b>Literatura</b> Literature
<b>Jedlica, choina</b> <i>Pseudotsuga, Tsuga</i>	515	1421	Oregon	USA	Agee i Huff 1987
<b>Sekwoja olbrzymia</b> <i>Sequoiadendrum giganteum</i>	<b>starodrzew</b> old-growth	1104,5	Kalifornia	USA	Harmon i in. 1987
<b>Jedlica, choina</b> <i>Pseudotsuga, Tsuga</i>	19	981	Oregon	USA	Agee i Huff 1987
<b>Jedlica, choina</b> <i>Pseudotsuga, Tsuga</i>	3	673	Oregon	USA	Agee i Huff 1987
<b>Choina zielona</b> <i>Tsuga heterophylla</i>	<b>dojrzały</b> mature	390	×	Kanada	Lofroth 1998
<b>Jedlica, choina</b> <i>Pseudotsuga, Tsuga</i>	110	389	Oregon	USA	Agee i Huff 1987
<b>Sekwoja olbrzymia</b> <i>Sequoiadendron giganteum</i>	<b>starodrzew</b> old-growth	340	Kalifornia	USA	Harmon i in. 1987
<b>Sosna Jeffreya</b> <i>Pinus jeffreyi</i>	<b>starodrzew</b> old-growth	340	Kalifornia	USA	Harmon i in. 1987
<b>Jedlica zielona</b> <i>Pseudotsuga menziesii</i>	404	313	Waszyngton	USA	Spies i in. 1988
<b>Sosna</b> <i>Pinus</i>	<b>dojrzały</b> mature	268,4	×	Kanada	Lofroth 1998
<b>Jedlica zielona</b> <i>Pseudotsuga menziesii</i>	65	248	Oregon	USA	Spies i in. 1988
<b>Sosna cukrowa, jodła jedno- barwna</b> <i>P. lambertiana, Abies concolor</i>	<b>starodrzew</b> old-growth	242,9	Kalifornia	USA	Harmon i in. 1987
<b>Jodła jednobarwna, jodła wspaniała</b> <i>Abies concolor, Abies magnifica</i>	<b>starodrzew</b> old-growth	151	Kalifornia	USA	Harmon i in. 1987
<b>Jedlica zielona</b> <i>Pseudotsuga menziesii</i>	121	148	Waszyngton	USA	Spies i in. 1988
<b>Dąb szypułkowy</b> <i>Quercus sessilis</i>	200	132	Tennessee	USA	Harmon i in. 1986
<b>Świerk, jodła</b> <i>Picea, Abies</i>	129–198	111	×	Finlandia	Siitonen i in. 2000
<b>Las mieszany z dębem</b> Mixed with oak	<5	102	Północna Karolina	USA	McMinn i Hardt 1996
<b>Las mieszany z dębem</b> Mixed with oak	>120	102	Północna Karolina	USA	McMinn i Hardt 1996
<b>Las mieszany z dębem</b> Mixed with oak	200	94	Tennessee	USA	Harmon i in. 1986
<i>Liliodendron tulipifera</i>	30	91,5	Północna Karolina	USA	McMinn i Hardt 1996

Dominujące gatunki/drzewostan Dominant tree species/stand	Wiek Age	Zapas Volume m <sup>3</sup> /ha	Region Region	Państwo Country	Literatura Literature
<b>Klon cukrowy</b> <i>Acer saccharum</i>	200	86,2	Północna Karolina	USA	McMinn i Hardt 1996
<b>Las mieszany z dębem</b> Mixed with oak	70	83,3	Północna Karolina	USA	McMinn i Hardt 1996
<b>Buk, brzoza</b> <i>Fagus, Betula</i>	200	82	Tennessee	USA	Harmon i in. 1986
<b>Sosna wejmutka, dąb</b> <i>Pinus strobus, Quercus alba</i>	200	65,6	Południowa Karolina	USA	McMinn i Hardt 1996
<b>Las mieszany z dębem</b> Mixed with oak	5–39	63	Północna Karolina	USA	McMinn i Hardt 1996
<b>Świerk</b> <i>Picea</i>	dojrzały mature	60	×	Kanada	Lofroth 1998
<b>Świerk, jodła</b> <i>Picea, Abies</i>	×	60	Tatry	Polska	Zielonka i Niklasson 2001
<i>Liliodendron tulipifera</i>	40	51	Tennessee	USA	Harmon i in. 1986
<b>Sosna pospolita</b> <i>Pinus sylvestris</i>	71	39,4	Puszcza Bia- łowiecka (521)	Polska	Wolski 2002b
<b>Sosna</b> <i>Pinus</i>	dojrzały mature	36,2	×	Kanada	Lofroth 1998
<b>Świerk, jodła</b> <i>Picea, Abies</i>	140	36	Leningrad oblast	Rosja	Tarasov i in. 2000
<b>Świerk, jodła</b> <i>Picea, Abies</i>	180	33	Leningrad oblast	Rosja	Tarasov i in. 2000
<b>Sosna zwyczajna</b> <i>Pinus sylvestris</i>	154	30,5	Puszcza Bia- łowiecka (493)	Polska	Wolski 2002b
<b>Sosna</b> <i>Pinus</i>	50	30	Tennessee	USA	Harmon i in. 1986
<i>Liliodendron tulipifera</i>	30	22,4	Północna Karolina	USA	McMinn i Hardt 1996
<b>Świerk, jodła</b> <i>Picea, Abies</i>	124–145	22	×	Finlandia	Siitonen i in. 2000
<b>Świerk, jodła</b> <i>Picea, Abies</i>	100	18	Leningrad oblast	Rosja	Tarasov i in. 2000
<b>Sosna zwyczajna</b> <i>Pinus sylvestris</i>	27	16,5	Puszcza Bia- łowiecka (520)	Polska	Wolski 2002b
<b>Świerk, jodła</b> <i>Picea, Abies</i>	95–118	14	×	Finlandia	Siitonen i in. 2000
<b>Sosna zwyczajna</b> <i>Pinus sylvestris</i>	98	12,1	Bory Lubuskie	Polska	Wolski 2002b
<b>Świerk, jodła</b> <i>Picea, Abies</i>	40	12	Leningrad oblast	Rosja	Tarasov i in. 2000
<b>Sosna zwyczajna</b> <i>Pinus sylvestris</i>	93	6	Puszcza Bia- łowiecka (742)	Polska	Wolski 2002b
<b>Sosna zwyczajna</b> <i>Pinus sylvestris</i>	94	5,1	Bory Tucholskie	Polska	Wolski 2002b

kowo drzewa o słabej żywotności i niewielkim przyroście, czyli prawdopodobnie przyszło martwe drewno. W efekcie na dnie drzewostanu dojrzałego brak leżaniny grubej, bardzo mało jest "grubszej" drobnicy (2,5–7,6 cm) i niezbyt wiele najcieńszych gałązek. Całkowita miąższość leżaniny osiąga wówczas wartość minimalną (Puszcza Białowieska 742, Bory Tucholskie).

W okresie starzenia drzewostanu część drzew osiąga naturalny kres życia – gwałtownie wzrasta udział martwej grubizny, zauważalnie, chociaż znacznie słabiej, drobnicy (głównie są to gałęzie umierających drzew). Takie proporcje powodują, że wielkość powierzchni dna lasu zajętej przez leżaninę prawie nie ulega zmianom, liczba kawałków (zwłaszcza "grubszej" drobnicy i grubizny) nieznacznie może się zwiększyć, a całkowita miąższość leżaniny zdecydowanie się zwiększa (Bory Lubuskie, Puszcza Białowieska 493).

Powyższy model – zgodny z przebiegiem procesów naturalnych i zabiegów gospodarczych, w dużym stopniu tłumaczy otrzymane wyniki. Koresponduje on także z innymi znanymi koncepcjami trój etapowego rozwoju lasu (SPETICH i in. 1999).

Problem ilości martwego drewna może być też rozpatrywany z punktu widzenia prawidłowego funkcjonowania ekosystemu leśnego. Może się bowiem okazać, że w polskich lasach jest nie zbyt dużo, lecz zbyt mało leżaniny, a najbardziej krytyczna pod tym względem sytuacja wydaje się być w drzewostanie dojrzałym.

## **II. PROPOZYCJE POSTĘPOWANIA Z MARTWYM DREWNIEM W LASACH GOSPODARCZYCH**

W Polsce, szczególnie w świetle coraz powszechniej uznawanej "ekologizacji leśnictwa", istnieje konieczność nowego zdefiniowania stosunku do pozostawiania martwego drewna w lesie (por. EUBANKS 1989). Wymaga to zmiany dotychczasowego sposobu myślenia, przede wszystkim odejścia od postrzegania martwego drewna w kategoriach strat ekonomicznych, zwiększonego zagrożenia pożarowego oraz jako wylęgarni szkodników wtórnych i chorób. Jest to zadanie trudne także pod względem merytorycznym (brak wieloaspektowych badań prowadzonych w lasach naszego kraju dotyczących szeroko pojmowanej ekologicznej roli leżaniny).

Wydaje się, że ten niełatwy proces można rozpocząć od zmodyfikowania (zarówno na poziomie ogólnych założeń, jak i szczegółowych praktyk) dotychczasowych zasad hodowli lasu przy jednoczesnej niewielkiej zmianie zasad organizacyjnych gospodarstwa leśnego (SOLON i WOLSKI 2002). Ogólne propozycje modyfikacji powinny dotyczyć postrzegania leżaniny jako składnika dynamicznego, powiązanego z cechami strukturalnymi drzewostanu, pojawiającego



się i zanikającego w sposób nierównomierny w czasie i przestrzeni oraz traktowania gospodarowania martwym drewnem jako jednego z elementów nowej i spójnej wewnętrznie gospodarki leśnej (BOBIEC 2002).

Propozycje szczegółowe odnoszące się do bezpośrednich działań gospodarczych w lesie sformułowali SOLON i WOLSKI (2002). Autorzy ci postulują, aby:

- zapewnić ciągłość występowania martwego drewna między pokoleniami lasu, co sprowadza się do pozostawienia na zrębach pojedynczych drzew stojących oraz grubego materiału leżącego,

- pozostawiać możliwie dużo martwych drzew stojących i drewna leżącego o zróżnicowanych wymiarach i w różnym stadium rozkładu; przyspieszać obumieranie wybranych drzew (np. osobników słabych i szkodliwych) przez obrączkowanie, sztuczne robienie dziupli, szczepienie grzybów czy ogławianie wierzchołków,

- unikać przemieszczania, składowania i cięcia materiału przeznaczonego do pozostawienia w lesie i niszczenia (fragmentacji) drzew już leżących na dnie lasu (zwłaszcza w miejscach pracy ciężkiego sprzętu, np. na zrębach czy w pobliżu szlaków zrywkowych).

Jednocześnie należałoby rozpocząć pomiary zasobów martwego drewna według jednolitej metodyki w zróżnicowanych typach lasów położonych w różnych regionach kraju. Pomiary te powinny objąć zarówno lasy naturalne, jak i użytkowane z dobrze rozpoznaną historią wszelkich działań gospodarczych (por. HEATH i CHOJNACKY 2001; Validation of a Modified Operational Cruise Designed to Sample Dead Wood 2001).

W pierwszym etapie można jedynie oszacować ilość martwego drewna, która powinna pozostawać w lasach gospodarczych. Pierwsze tego typu próby podjęte pod koniec lat 70. XX wieku w stanach Oregon i Waszyngton związane były z określaniem potrzeb życiowych populacji poszczególnych gatunków ptaków (przede wszystkim dzięciołów). Na tej podstawie wyliczono minimalną liczbę dziuplastych drzew stojących, które powinny pozostawać w lesie (MASER i in. 1979; THOMAS i in. 1979). Rozwiązania te trudno jednak uznać za uniwersalne, bowiem nie uwzględniają leżącego martwego drewna i dotyczą tylko określonej grupy zwierząt o dosyć specyficznych zapotrzebowaniach.

Inne szacunki bazują na porównaniu istniejącego zapasu leżaniny w różnych typach lasów naturalnych i zagospodarowanych. Autorzy instrukcji Blue River Residue Guideline (1986) stosowanej w Willamette National Forest zalecają pozostawianie na każdym akrze lasu 10–15 kłód martwego drewna (jeśli średnica przekroju poprzecznego mieści się w przedziale 40–107 cm), 8 kawałków w przypadku średnicy 107–152 cm (dodatkowo 2–7 mniejszych) lub 5 grubszych (dodatkowo 5–10 mniejszych) o minimalnej długości 2,4–9,1 m; ponadto postuluje się nie usuwać z lasu gospodarczego żadnych drzew o 3, 4 i 5 stopniu rozkładu (EUBANKS 1989; CAZA 1993).

Proponuje się także, aby w lasach gospodarczych pozostawiać kępy drzew, które nie będą podlegać ingerencji człowieka (FRANKLIN i in. 1981). Przykładowo, według badań amerykańskich, na każde 2 ha lasu produkcyjnego powinno przypa-

dać 0,1 ha drzewostanu nieużytkowanego (HILSZCZAŃSKI 1997). GUTOWSKI z zespołem (2002) sugeruje, aby w lasach ochronnych, zawierających cenne fragmenty rodzimej przyrody, a są nimi niewątpliwie leśne kompleksy promocyjne, martwe drewno stanowiło 15–20% miąższości drzewostanu, przy czym musi to być nie mniej niż 10 grubych rozkładających się całych kłód lub martwych drzew stojących oraz jak najwięcej drzew dziuplastych.

W przyszłości decyzja co do wielkości pozostawianej masy nie może mieć charakteru arbitralnego, ale powinna wynikać ze szczegółowych badań. Poznanie rzeczywistej ilości leżaniny, analiza jej miąższości i stopnia rozkładu w zależności od typu lasu czy warunków fizyczno-geograficznych umożliwi sformułowanie ostatecznych zasad gospodarowania martwym drewnem<sup>1</sup>.

### III. PODSUMOWANIE

1. Analiza zasobów leżącego martwego drewna na sześciu stanowiskach w różnowiekowych lasach gospodarczych sugeruje istnienie następujących zależności:

- a) miąższości leżaniny od wieku drzewostanu; zależność ta jest wyraźnie mniejsza w przypadku leżaniny cienkiej,
- b) liczby kawałków w poszczególnych klasach grubości od wieku drzewostanu,
- c) powierzchni dna lasu zajętej przez martwe drewno od liczby kawałków (głównie drobnicy); powierzchnia ta ma natomiast niewielki związek z ogólną miąższością leżaniny, determinowaną obecnością grubizny.

2. Powyższe zależności mogą dotyczyć nie tylko wieku drzewostanu, ale całego następstwa procesów naturalnych i działań człowieka podejmowanych w lasach gospodarczych, czyli cyklu życiowego drzewostanu. Badania amerykańskie i kanadyjskie dowiodły istnienie bardzo podobnych relacji także w lasach naturalnych. Może to oznaczać, że generalne tendencje rozkładu w przestrzeni ilości martwego drewna w poszczególnych klasach wiekowych drzewostanu pozostają niezmiennie bez względu na rodzaj zabiegów gospodarczych i są zgodne z przebiegiem i następstwem procesów naturalnych. Należy jednak pamiętać, że próba składała się tylko z sześciu stanowisk i na wyniki mógł mieć wpływ charakter miejscowej gospodarki.

<sup>1</sup> W ostatnich latach na świecie powstaje coraz więcej tego typu strategii uwzględniających problematykę leśną, ekologiczną i ekonomiczną. Są to m.in. A Short-term Strategy for Coarse Woody Debris Management in British Columbia's Forests (BC Ministry of Forests 2000, Victoria, BC), Oregon Forest Practices Act (Oregon Department of Forestry 1996) czy Maintaining Coarse Woody Debris in Post-Harvest Settings (DAVIS i in. 2000).

3. Na stanowiskach, gdzie najgrubszy materiał nie występuje lub jest go relatywnie niewiele, w ogólnej miąższości leżaniny odnotowano znaczący udział frakcji najdrobniejszej (<2,5 cm), zazwyczaj pomijanej w pomiarach lub zaliczanej do materii organicznej dna lasu. Całkowite deprecjonowanie drobnicy nie jest właściwym podejściem także dlatego, że w lasach gospodarczych, wobec braku większych ilości grubego drewna leżącego, odgrywa ona istotną rolę w krążeniu pierwiastków, procesie akumulacji węgla w ściółce, zwiększaniu bogactwa gatunkowego mszaków (KRUYS i JONSSON 1999; ÓDOR i STANDOVÁR 2001), a nawet wpływa dodatnio na liczebność populacji niektórych małych ssaków (ECKE i in. 2001).

4. Dla istnienia wielu populacji zwierząt i roślin duże znaczenie ma nie tylko miąższość leżaniny, ale także:

- a) wielkość fragmentów, np. o różnorodności mszaków i porostów decyduje przede wszystkim powierzchnia drewna dostępna do zasiedlenia; oznacza to, że największe jest bogactwo gatunkowe, gdy martwe drewno w lesie występuje we wszystkich klasach grubości (KRUYS i JONSSON 1999),
- b) stopień rozkładu, warunkujący m.in. obecność niektórych gatunków drobnych ssaków owadożernych (LOFROTH 1998), które we fragmentach lepiej rozłożonych szukają pokarmu, a w materiale o niższym stopniu rozkładu znajdują miejsca schronienia (BUNNELL i in. 1999),
- c) rozkład przestrzenny, np. składowanie leżaniny w jednym miejscu może doprowadzić do wyginięcia gatunków o ograniczonej zdolności do przemieszczania się,
- d) sposób zagospodarowania lasu, np. pozostałości po zrębach są zasiedlane jedynie przez 40–50% gatunków tych grzybów, które są obecne na martwych kłodach w lasach nieużytkowanych (SIPPOLA i RENVALL 1999).

Należy rozpocząć pomiary zasobów martwego drewna według jednolitej metodyki w zróżnicowanych typach lasu położonych w różnych regionach naszego kraju; powinny one objąć zarówno lasy naturalne, jak i użytkowane z dobrze rozpoznaną historią wszelkich działań gospodarczych. Jednocześnie należy podjąć wieloaspektowe badania nad rolą ekologiczną leżaniny w ekosystemie leśnym. Wydaje się, że leśne kompleksy promocyjne mogą być dobrymi poligonami badawczymi, a w przyszłości osiągnąć status obszarów modelowych pod względem prawidłowego gospodarowania zasobami martwego drewna. Proponowany model wymaga przetestowania na dużo większej liczbie powierzchni w różnych typach drzewostanu.

## PIŚMIENNICTWO

- ABER J. D., BOTKIN D. B., MELILLO J. M. 1978: Predicting the effects of different harvesting regimes on forest floor dynamics in northern hardwoods. *Can. J. For. Res.*, 8: 306–315.
- ADAMS M. B., OWENS D. R. 2001: Specific gravity of coarse woody debris for some central Appalachian hardwood forest species. *Res. Paper NE-716, USDA For. Serv., Northeastern Res. Stn.*, 4.
- AGEE J. K., HUFF M. 1987: Fuel succession in a western hemlock/Douglas-fir forests. *Can. J. For. Res.*, 17: 697–704.
- Blue River Residue Guideline 1986: USDA For. Serv., Willamette National Forest, Blue River Ranger District.
- BOBIEC A. 2002: Living stands and dead wood in the Białowieża Forest: suggestions for restoration management. *For. Ecol. Manag.*, 165, 1–3: 125–140.
- BORUSIEWICZ B. 1997: Stare drzewa i ich ochrona. *Las Pol.*, 6: 14–15.
- BROWN J. K. 1974: Handbook for inventorying downed woody material. *Gen. Tech. Rep. INT-16, USDA For. Serv., Intermountain For. Range Exp. Stn., Ogden, Utah*; ss. 24.
- BUNNELL F. L., BOYLAND M., WIND E. 1999: How should we distribute Dying and Dead Wood in Space? The Ecology and Management of Dead Wood in Western Forests. November 2–3, 1999, Reno, Nevada. Abstracts.\*
- CAZA C. L. 1993: Woody debris in the forests of British Columbia: a review of the literature and current research. *Land Manag. Rep.*, 78: 1–99.
- DAVIS G., PHILLIPS E., CAWLEY B. 2000: Maintaining Coarse Woody Debris in Post-Harvest Settings: Economic and Ecological Implications of Marking Non-Merchantable Logs After Bucking and Before Yarding. *Project Plan VFR-CWD-00-01*.\*
- DEGÓRSKI M. 2002: Martwe drewno i jego funkcje ekologiczne w lasach zagospodarowanych i rezerwach wybranych LKP. Charakterystyka gleb. [W:] *Podstawy trwałego i zrównoważonego zagospodarowania lasów w Leśnych Kompleksach Promocyjnych. Sprawozdanie z III etapu. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Las*.\*
- ECKE F., LÖFGREN O., HÖRNFELDT B., EKLUND U., ERICSSON P., SÖRLIN D. 2001: Abundance and diversity of small mammals in relation to structural habitat factors. *Ecol. Bull.*, 49: 165–171.
- EUBANKS S. 1989: Applied concepts of ecosystem management: developing guidelines for coarse, woody debris. [W:] *Maintaining the long-term productivity of Pacific Northwest forest ecosystems* (eds: D. A. Perry, R. Meurisse, B. Thomas, R. Miller, J. Boyle, J. Means, C. R. Perry, R. F. Powers). Timber Press, Portland, Oregon: 230–236.
- FALIŃSKI J. B. 1978: Uprooted trees, their distribution and influence in the primeval forest biotope. *Vegetation*, 38, 3: 175–183.
- Field Manual for Describing Terrestrial Ecosystems. 1998: *Land Manag. Handb.*, BC Ministry of Environment, Lands and Parks, Victoria, 25\*.
- Forest Products Laboratory 1999: Wood handbook – Wood as an engineering material. *Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113, USDA For. Serv., Forest Products Laboratory, Madison*; ss. 463.
- FRANKLIN J. F., SHUGART H. H., HARMON M. E. 1987: Tree death as an ecological process: the causes, consequences, and variability of tree mortality. *BioScience*, 37, 8: 550–556.
- FRANKLIN J. F., CROMACK K. jr., DENISON W., MCKEE A., MASER C., SEDELL J., SWANSON F., JUDAY G. 1981: Ecological characteristics of old-growth Douglas-fir forests. *Gen. Tech. Rep. PNW-118, USDA For. Serv., Pacific Northwest Res. Stn., Portland, Oregon*; ss. 48.
- GORE J. A., PATTERSON W. A. 1986: Mass of downed wood in northern hardwood forests in New Hampshire: potential effects of forest management. *Can. J. For. Res.*, 16: 335–339.
- GUTOWSKI J. M., BOBIEC A., PAWLACZYK P., ZUB K. 2002: Po co nam martwe drzewa? *Wydawnictwo Lubuskiego Klubu Przyrodników, Świebodzin*; ss. 63.

---

\* Maszynopis w Zakładzie Geoekologii IGiPZ PAN.

- GUTOWSKI J. M., BUCHHOLZ L., KUBISZ D., OSSOWSKA M. 2000: Chrząszcze saproksyliczne jako wskaźnik odkształceń ekosystemów leśnych borów świeżych. Białowieża (sprawozdanie niepublikowane).\*
- HALE C. M., PASTOR J. 1998: Nitrogen content, decay rates, and decompositional dynamics of hollow versus solid hardwood logs in hardwood forests of Minnesota. *Can. J. For. Res.*, 28: 1276–1285.
- HARMON M. E., KRANKINA O. N., SEXTON J. 2000: Decomposition vectors: a new approach to estimating woody detritus decomposition dynamics. *Can. J. For. Res.*, 30, 1: 76–84.
- HARMON M. E., CROMACK K. jr., SMITH B. G. 1987: Coarse woody debris in mixed-conifer forests, Sequoia National Park, California. *Can. J. For. Res.*, 17: 1265–1272.
- HARMON M. E., FRANKLIN J. F., SWANSON F. J., SOLLINS P., GREGORY S. V., LATTIN J. D., ANDERSON N. H., CLINE S. P., AUMEN N. G., SEDELL J. R., LIENKAEMPER G. W., CROMACK K. jr., CUMMINS K. W. 1986: Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Adv. Ecol. Res.*, 15: 133–302.
- HARMON M. E., HUA C. 1991: Coarse woody debris dynamics in two old-growth ecosystems. *BioScience*, 41, 9: 604–610.
- HARMON M. E., SEXTON J. 1996: Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems. Publication No. 20. Seattle, WA: LTER Network Office, University of Washington: 73.
- HEATH L. S., CHOJNACKY D. C. 2001: Down dead wood statistics for Maine timberlands, 1995. Resource Bulletin NE-150, USDA For. Serv., Northeastern Res. Stn.; ss. 80.
- HILSZCZAŃSKI J. 1997: Martwe drzewa w lesie – na podstawie badań amerykańskich. *Głos Lasu*, 8: 15–18.
- KRANKINA O. N., TREYFELD R. F., HARMON M. E., SPYCHER G., POVAROV E. D. 2001: Coarse woody debris in the forests of the St. Petersburg region, Russia. *Ecol. Bull.*, 49: 93–104.
- KRUYNS N., JONSSON B. G. 1999: Fine woody debris is important for species richness on logs in managed boreal spruce forests of northern Sweden. *Can. J. For. Res.*, 29, 8: 1295–1299.
- LASSETTRE N. S. 1999: Annotated Bibliography on the Ecology, Management and Physical Effects of Large Woody Debris. [W:] Stream Ecosystems. Univ. of California, California Dep. of For., Berkeley.\*
- LOFROTH E. 1998: The dead wood cycle. [W:] Conservation biology principles for forested landscapes (eds: J. Voller, S. Harrison). UBC Press, Vancouver, B.C.: 185–214.
- MAŃKOWSKI P., GIERLIK E., KRZOSEK S., DZBENSKI W. 1998: Testowanie metody próbek bliźniaczych w określaniu gęstości drewna. 12 Konf. Naukowa WTD SGGW. Warszawa: 159–163.\*
- MARSHALL P. L., DAVIS G. 2002: Measuring the Length of Coarse Woody Debris. Ext. Note EN-011, Res. Section, Vancouver Forest Region, Ministry of Forests, Nanaimo, BC; ss. 8.
- MARSHALL P. L., DAVIS G., LEMAY V. M. 2000: Using line intersect sampling for coarse woody debris. For. Res. Tech. Rep. TR-003, Vancouver Forest Region, Ministry of Forests, Nanaimo, BC; ss. 38.
- MASALSKA A. 1997: Zarastanie wykrotów świerkowych w zbiorowisku grądowym w Białowieskim Parku Narodowym (maszynopis w Białowieskiej Stacji Geobotanicznej UW).\*
- MASER C., TRAPPE J. M. (eds) 1984: The seen and unseen world of the fallen tree. Gen. Tech. Rep. PNW-164, USDA For. Serv., Pacific Northwest For. Range Exp. Stn., Portland, Oregon; ss. 59.
- MASER C., ANDERSON R., CROMACK K. jr., WILLIAMS J. T., MARTIN R. E. 1979: Dead and down woody material. [W:] Wildlife habitats in managed forests: The Blue Mountains of Oregon and Washington. USDA Handb., 553: 78–95.
- MASER C., TARRANT R. F., TRAPPE J. M., FRANKLIN J. F. (eds) 1988: From the forest to the sea: a story of fallen trees. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-229, USDA For. Serv., Portland, Oregon; ss. 153.
- MATTSON K. G., SWANK W. T., WAIDE J. B. 1987: Decomposition of woody debris in a regenerating, clearcut forest in the Southern Appalachians. *Can. J. For. Res.*, 17: 712–721.
- McCARTHY B. C., BAILEY R. R. 1994: Distribution and abundance of coarse woody debris in a managed forest landscape of the central Appalachians. *Can. J. For. Res.*, 24: 1317–1329.
- MCMINN J. W., CROSSLEY D. A. (eds.) 1996: Biodiversity and coarse woody debris in southern forests. Proceedings of the Workshop on Coarse Woody Debris in Southern Forests: Effects on

- Biodiversity. October 18–20, 1993, Athens, GA. Gen. Tech. Rep. SE-94, USDA For. Serv., Southern Res. Stn; ss. 146.
- MCMINN J. W., HARDT R. A. 1996: Accumulations of Coarse Woody Debris in Southern Forests. [W:] Biodiversity and coarse woody debris in southern forests (eds J. W. McMin, D. A. Crossley). Proceedings of the Workshop on Coarse Woody Debris in Southern Forests: Effects on Biodiversity. October 18–20, 1993, Athens, GA. Gen. Tech. Rep. SE-94, USDA For. Serv., Southern Res. Stn.: 1–9.
- MROZ G. D., GALE M., JORGENSEN M., REED D. 2001: Badania porównawcze akumulacji martwego drewna w naturalnych i zagospodarowanych lasach liściastych i iglastych. [W:] Modele akumulacji i zanikania martwego drewna na dnie starych lasów chronionych i zagospodarowanych w Białowieży i w Hiawatha National Forest (Michigan) – badania porównawcze. Raport 2001, Skłodowska-Curie M., II Fundusz.\*
- NEMEC A. F. L., DAVIS G. 2002: Efficiency of six line intersect sampling designs for estimating volume and density of coarse woody debris. B.C. Tech. Rep. TR-021, Res. Sec., Vancouver Forest Region, B.C. Ministry of Forest, Nanaimo; ss. 12.
- ÓDOR P., STANDOVÁR T. 2001: Richness of bryophyte vegetation in near-natural and managed beech stands: the effects of management induced differences in dead wood. *Ecol. Bull.*, 49: 219–229.
- O'NEILL R. V., DEANGELIS D. L. 1981: Comparative productivity and biomass relations of forest ecosystems. [W:] Dynamic properties of forest ecosystems (ed. D. E. Reichle ). Cambridge Univ. Press, Cambridge: 411–449.
- ORCZEWSKA A., SZWEDO J. 1996: Biocenotyczne funkcje martwych drzew w środowiskach leśnych. *Aura*, 11: 5–9.
- PIOTROWSKI W., WOLK K. 1975: O biocenotycznej roli martwych drzew w ekosystemach leśnych. *Sylvan*, 8: 31–35.
- ROO-ZIELIŃSKA E., SOLON J. 2002: Martwe drewno i jego funkcje ekologiczne w lasach zagospodarowanych i rezerwach wybranych LKP. Charakterystyka geobotaniczna. [W:] Podstawy trwałego i zrównoważonego zagospodarowania lasów w Leśnych Kompleksach Promocyjnych. Sprawozdanie z III etapu. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Las.\*
- SIITONEN J., MARTIKAINEN P., PUNTTILA P., RAUH J. 2000: Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forests in southern Finland. *For. Ecol. Manag.*, 128, 3: 211–225
- SIMPSON W. 1993: Specific gravity, moisture content, and density relationship for wood. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-76, USDA For. Serv., Forest Products Laboratory, Madison; ss. 13.
- SIPPOLA A. L., RENVALL P. 1999: Wood-decomposing fungi and seed-tree cutting: a 40-year perspective. *For. Ecol. Manag.*, 115, 2–3: 183–201.
- SOLON J. 2002: Martwe drewno i jego funkcje ekologiczne w lasach zagospodarowanych i rezerwach wybranych LKP. Ekologiczna rola martwego drewna w ekosystemach leśnych – dyskusja wybranych zagadnień w świetle literatury. [W:] Podstawy trwałego i zrównoważonego zagospodarowania lasów w Leśnych Kompleksach Promocyjnych. Sprawozdanie z III etapu. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Las.\*
- SOLON J., WOLSKI J. 2002: Martwe drewno i jego funkcje ekologiczne w lasach zagospodarowanych i rezerwach wybranych LKP. Propozycje gospodarowania zapasem martwego drewna w Leśnych Kompleksach Promocyjnych. [W:] Podstawy trwałego i zrównoważonego zagospodarowania lasów w Leśnych Kompleksach Promocyjnych. Sprawozdanie z III etapu. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Las.\*
- SPETICH M. A., SHIFLEY S. R., PARKER G. R. 1999: Regional distribution and dynamics of coarse woody debris in midwestern old-growth forests. *For. Sci.*, 45, 2: 302–313.
- SPIES T. A., CLINE S. P. 1988: Coarse woody debris in forests and plantations of coastal Oregon. [W:] From the forest to the sea: a story of fallen trees (eds C. Maser, R. F. Tarrant, J. M. Trappe, J. F. Franklin). Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-229, USDA For. Serv., Portland, Oregon: 5–24.
- TARASOV M. E., ALEXEYEV V. A., RYABININ B. N., SHOROHV A. A. 2000: Modeling dynamics of coarse woody debris and litter in managed and old-growth spruce forests in Leningrad oblast.

- [W:] Restoration and management of biodiversity (eds: L. Karjalainen, T. Kuuluvainen), Kuhmo, Finland.\*
- THOMAS J. W., ANDERSON R. G., MASER C., BULL E. L. 1979: Snags. Chapter 5. [W:] Wildlife habitats in managed forests: The Blue Mountains of Oregon and Washington. USDA Handb., 553: 60–77.
- Validation of a Modified Operational Cruise Designed to Sample Dead Wood 2001: Interim Working Document (Version 1) prepared for the TWF/INTERFOR Project Subcommittee of the Vancouver Forest Region CWD Working Group.\*
- VAN WAGNER C. E. 1982: Practical aspects of the line intersect method. Inf. Rep. Pl-X-12, Can. For. Serv., Petawawa National For. Inst., Chalk River, Ontario.\*
- Vegetation Resources Inventory Ground Sampling Procedures. Resources Inventory Branch. 2000: BC Ministry of Environment, Lands and Parks, BC Ministry of Forests, Victoria: 313.
- WOLSKI J. 2002a: Metoda pomiarów leżącego martwego drewna w lesie – założenia teoretyczne i przebieg prac terenowych. Prace Inst. Bad. Leś., A, 2 (932): 27–45.
- WOLSKI J. 2002b: Martwe drewno i jego funkcje ekologiczne w lasach zagospodarowanych i rezerwach wybranych LKP. Ocena zapasu leżącego martwego drewna. [W:] Podstawy trwałego i zrównoważonego zagospodarowania lasów w Leśnych Kompleksach Promocyjnych. Sprawozdanie z III etapu. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Las.\*
- ZIELONKA T., NIKLASSON M. 2001: Dynamics of dead wood and regeneration pattern in natural spruce forest in the Tatra Mountains, Poland. Ecol. Bull., 49: 159–163.