

Zasoby martwego drewna w lasach miejskich Warszawy

Resources of dead wood in the municipal forests in Warsaw

Konrad Skwarek, Szymon Bijak*

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny,
Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

*Tel. + 48 22 5938093, e-mail: szymon.bijak@wl.sggw.pl

Abstract. Dead wood plays an important role for the biodiversity of forest ecosystems and influences their proper development. This study assessed the amount of coarse woody debris in municipal forests in Warsaw (central Poland). Based on the forest site type, dominant tree species and age class, we stratified all complexes of the Warsaw urban forests in order to allocate 55 sample plots. For these plots, we determined the volume of dead wood including standing dead trees, coarse woody debris and broken branches as well as uprooted trees. We calculated the amount of dead wood in the distinguished site-species-age layers and for individual complexes. The volume of dead matter in municipal forests in Warsaw amounted to 38 761 m³, i.e. 13.7 m³/ha. The obtained results correspond to the current regulations concerning the amount of dead organic matter to be left in forests. Only in the Las Bielański complex (northern Warsaw) volume of dead wood is comparable to the level observed in Polish national parks or nature reserves, which is still far lower than the values found for natural forests. In general, municipal forests in Warsaw stand out positively in terms of dead wood quantity and a high degree of variation in the forms and dimensions of dead wood.

Keywords: dead wood, sanitary condition, urban forests, Warszawa

1. Wstęp

Martwe drewno to obumarłe tkanki drzew, które z czasem ulegają procesowi rozkładu. W środowisku leśnym występuje ono w postaci stojących, połamanych lub powalonych drzew, a także leżących na ziemi gałęzi i kawałków kory oraz korzeni, karp i pniaków (Harmon et al. 1986; Caza 1993; Stevens 1997; Lofroth 1998). Martwe drewno pojawia się w lesie zarówno w wyniku konkurencji między drzewami, jak i jako efekt zaburzeń wywołanych przez czynniki biotyczne (choroby grzybowe, gradacje owadów, uszkodzenia przez zwierzyne) lub abiotyczne (np. wiatr, ogień, śnieg) (Harmon et al. 1986; Stevens 1997). Rozkładające się drewno jest siedliskiem życia dla wielu gatunków organizmów leśnych od bakterii po drobne ssaki (Gutowski et al. 2004). Obumarła materia organiczna modyfikuje warunki siedliskowe i wpływa na kondycję gatunków oraz różnorodność biologiczną ekosystemów (Solon 2002). Oddziałuje także na obieg pierwiastków i materii oraz przepływ energii w ekosystemie leśnym. Według Bunnella i in. (2002) około 60% gatunków leśnych jest w pewnym stopniu powiązane i/lub korzysta z zasobów martwego drewna.

Do niedawna panowała opinia uznająca martwy materiał drzewny jako miejsce rozwoju szkodników leśnych, stratę ekonomiczną czy wynik zaniedbań i niegospodarności leśników (Wolski 2000). Obecnie obecność martwego drewna jest bardzo istotnym kryterium naturalności oraz różnorodności ekosystemów leśnych i czynnikiem, który warunkuje ich prawidłowy rozwój (Sokołowski 1999; Rykowski 2005). Obserwuje się zatem dążenie do utrzymywania wysokich i zróżnicowanych zasobów martwego drewna w lesie oraz do świadomego kształtowania jego ilości i struktury. Kwestia ta zawarta jest także w dokumentach regulujących leśnictwo i gospodarkę leśną w Polsce. Zapisy „Instrukcji ochrony lasu” (2011) pozostawiają gospodarkę martwą materią w lesie do decyzji nadleśniczego, który decyduje o jej pozostawieniu, uwzględniając uwarunkowania przyrodnicze, ekonomiczne i społeczne. Według „Zasad hodowli lasu” (2003) drzewa martwe, o ile nie stanowią zagrożenia dla ludzi, uznaje się za pożyteczne i pozostawia się w lesie. Istniejące systemy certyfikacji również zalecają pozostawianie martwych drzew stojących i leżących.

Badania, mające na celu rozpoznanie i scharakteryzowanie zasobów obumarłej materii organicznej oraz określenie

Wpłynęło: 15.01.2015 r., zrecenzowano: 9.04.2015 r., zaakceptowano: 18.05.2015 r.

jej roli w ekosystemach leśnych, prowadzi się w różnych miejscach na świecie. W lasach Stanów Zjednoczonych (Harmon et al. 1986) oraz Kanady (Tyrell, Crow 1994; Lofroth 1998) określono zasoby martwego drewna zarówno w lasach gospodarczych, jak i w tych, które można uznać jako pierwotne/naturalne. Dudley i Vallauri (2004) podali średnie zasoby martwej materii organicznej dla wybranych państw europejskich. Podobne szacunki znajdują się w raportach Europejskiej Komisji Gospodarczej (<http://w3.unece.org>) oraz Travagliniego i Chiriciego (2006). W Polsce najczęściej badań martwego drewna prowadzono w Puszczy Białowieskiej (Faliński 1978; Bobiec 2002; Bobiec et al. 2000; Gutowski et al. 2004). Tematykę tę podejmowano także w Tatrach (Zielonka, Niklasson 2001), na Górnym Śląsku (Maślak, Orczewska 2010) i w łódzkim rezerwacie Polesie Konstantynowskie (Pawicka, Woziwoda 2011). Zrealizowano także badania odnoszące się do zasobów martwego drewna w leśnych kompleksach promocyjnych (Solon, Wolski 2002; Wolski 2000, 2001, 2002a, b, 2003) oraz jego roli w ekosystemach leśnych naszego kraju (Bobiec, Stachura-Skierczyńska 2007; Czerepko 2008).

Celem pracy było oszacowanie zasobów martwego drewna znajdujących się w lasach miejskich Warszawy, a także ich porównane z wartościami charakteryzującymi lasy w innych miastach Europy oraz postulowanymi dla lasów naturalnych, chronionych i gospodarczych w Polsce.

2. Materiał i metody

2.1. Teren badań

Warszawa wyróżnia się wśród europejskich stolic znacznym udziałem lasów w powierzchni miasta. W jej obecnych granicach administracyjnych znajduje się 27 kompleksów leśnych o łącznej powierzchni blisko 8 tys. ha, co stanowi 15% powierzchni całego miasta. Kompleksy te są zlokalizowane głównie na obrzeżach stolicy i tworzą tzw. „zielony pierścień leśny”. Około 40% tych terenów znajduje się w zarządzie jednostki organizacyjnej m.st. Warszawy pod nazwą Lasy Miejskie Warszawa. Zasób ten stanowi 15 kompleksów podzielonych na 4 obwody leśne: Bielany-Młociny (838 ha), Bemowo-Koło (556 ha), Kabaty (903 ha) i Las Sobieskiego (1353 ha). W dalszej części pracy całość tych terenów będzie określana terminem „lasy miejskie”.

W strukturze siedlisk lasów zarządzanych przez Lasy Miejskie Warszawa przeważają żyzne siedliska lasów i lasów mieszanych, które zajmują odpowiednio prawie 34% i 24% łącznej powierzchni lasów miejskich. Siedlisk borów mieszanych i borów jest nieco mniej – odpowiednio 18,5 i 20%. Najmniejszą powierzchnię zajmują wilgotne siedliska olsów i łęgów (łącznie ok. 3,5%). Głównym gatunkiem lasotwórczym budującym warszawskie drzewostany jest sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris*), która występuje na niemal 56% powierzchni lasów miejskich. Dąb (*Quercus* sp.) jest gatunkiem dominującym w drzewostanach zajmujących 24% powierzchni. Znacznie mniejszy obszar (odpowiednio 8 i 6%)

zajmują drzewostany z panującą brzozą (*Betula* sp.) i olszą (*Alnus glutinosa*). Blisko 2% powierzchni lasów miejskich Warszawy (głównie Las na Kole) stanowią drzewostany, w których gatunkiem panującym jest introdukowana robinia akacja (*Robinia pseudoacacia*). W strukturze wiekowej przeważają drzewostany w trzeciej klasie wieku (40-60 lat), które zajmują niemal połowę całkowitej powierzchni lasów miejskich. Znacznie mniej liczne są drzewostany w drugiej oraz czwartej klasie wieku (po ok. 15% powierzchni każda). Stosunkowo dużo jest drzewostanów starych i bardzo starych (wiek ponad 140 lat). Ich udział w łącznej powierzchni wszystkich badanych kompleksów leśnych wynosi 9%.

2.2. Prace terenowe

Do wytypowania drzewostanów, w których wykonano pomiary terenowe, posłużyła otrzymana z Zarządu Lasów Miejskich Warszawa baza danych, zawierająca informacje o wszystkich wydzieleniach lasów miejskich. Dane te zostały wykorzystane do wyznaczenia liczby powierzchni próbnych, na których przeprowadzono pomiary terenowe, i ich alokacji. Z otrzymanej bazy wyodrębniono informacje o typie siedliskowym lasu, gatunku panującym i klasie wieku w poszczególnych drzewostanach, co stało się podstawą do wyznaczenia warstw siedliskowo-gatunkowych i określenia zajmowanych przez nie powierzchni oraz udziału w powierzchni całkowitej lasów miejskich. W przypadku gatunków najczęściej występujących (sosna i dąb) uwzględniano dodatkowo klasy wieku. Dla pozostałych gatunków głównych nie stosowano podziału na klasy wieku ze względu na małą powierzchnię wyznaczonych w ten sposób warstw (tab. 1).

Pomiary terenowe wykonano na powierzchniach próbnych i transektach badawczych według metodyki prezentowanej w pracach van Wagnera (1968) czy Wolskiego (2002a, b). Pojedynczą powierzchnią próbną stanowił kwadrat o boku 50 m oraz transekt długości 100 m, który przebiegał po dwóch bokach kwadratu stykających się w jego rogu. Wybór boków na każdej powierzchni próbnej był losowy. Do założenia powierzchni w terenie wykorzystano 50-metrowe taśmy miernicze.

Powierzchnie próbne zostały rozdzielone w taki sposób, aby zachować reprezentację struktury wyznaczonej podczas stratyfikacji siedliskowo-gatunkowo-wiekowej (tab. 1). Ponadto przyjęto warunek, że na każdy kompleks leśny powinna przypadać przynajmniej jedna powierzchnia próbna. Wyjątkiem od tej reguły był kompleks Wydma Żerańska (6,6 ha), w którym poszczególne wydzielenia są mniejsze aniżeli założona wielkość powierzchni próbnej (0,25 ha). Podobna sytuacja miała miejsce z gatunkami iglastymi innymi niż sosna, które także zajmowały niewielkie stanowiska. Z powodu braku danych dla kompleksu leśnego Dąbrówka zrezygnowano z lokalizacji tam powierzchni próbnych, które zastąpiono dodatkową powierzchnią wyznaczoną na terenie kompleksu Białoleka Dworska. W wyniku przyjętego rozdziału każdej powierzchni próbnej odpowiada średnio ok. 55 ha drzewostanów danej warstwy siedliskowo-gatunkowo-wiekowej.

Tabela 1. Udział wyznaczonych warstw siedliskowo-gatunkowo-wiekowych w całkowitej powierzchni lasów miejskich Warszawy oraz liczba powierzchni próbnych do nich alokowanych

Table 1. Share of distinguished habitat-age-species classes in total area of municipal forests in Warszawa and number of sample plots allocated to them

Warstwa Layer	Udział w powierzchni [%] Share in total area [%]						Liczba powierzchni próbnych Number of sample plots						
	B	BM	LM	L	O	razem total	B	BM	LM	L	O	razem total	razem total [%]
So _{I+II}	4,0	1,0	4,0	0,7	-	9,7	2	1	2	-	-	5	9,1
So _{III}	11,6	7,0	4,9	3,7	-	27,2	6	4	3	2	-	15	27,3
So _{IV}	2,4	3,2	0,2	3,2	-	9,1	2	2	-	2	-	6	10,9
So _V	-	0,2	1,8	2,3	-	4,4	-	-	1	1	-	2	3,6
So _{VI+}	0,1	0,5	2,7	2,7	-	6,1	-	-	1	2	-	3	5,5
Db _{I+II}	0,1	0,1	1,1	2,1	0,1	3,5	-	-	1	1	-	2	3,6
Db _{III}	1,1	1,6	2,3	5,3	-	10,3	1	-	1	3	-	5	9,1
Db _{IV}	0,0	0,8	2,6	0,2	-	3,7	-	-	2	-	-	2	3,6
Db _V	-	0,2	0,9	5,7	-	6,9	-	-	1	3	-	4	7,3
Brz	0,5	2,7	2,5	2,3	-	8,0	-	2	2	1	-	5	9,1
Ol	-	0,3	0,4	2,9	2,7	6,2	-	-	-	2	1	3	5,5
Ak	0,3	0,8	0,0	0,7	-	1,8	-	1	-	-	-	1	1,8
Lsc	-	0,1	0,3	1,9	0,5	2,8	-	-	-	1	1	2	3,6
Igl	-	-	0,2	0,2	0,0	0,4	-	-	-	-	-	0	0,0
Razem Total	20,3	18,6	23,8	34,0	3,4	100,0	11	10	14	18	2	55	100,0

Siedliska: B – borowe (Bs, Bśw), BM – borów mieszanych (BMśw, BMw), LM – lasów mieszanych (LMśw, LMw), L – lasowe (Lśw, Lw), O – olsowe i łąkowe (Ol, OI, LI); gatunek główny: So – *Pinus sylvestris*, Db – *Quercus* sp., Brz – *Betula* sp., Ol – *Alnus glutinosa*, Ak – *Robinia pseudoacacia*, Lsc – pozostałe liściaste, Igl – pozostałe iglaste; I, II, ... – kolejne 20-letnie klasy wieku

Site types: B – oligotrophic, BM – meso-oligotrophic, LM – meso-eutrophic, L – eutrophic, O – water-dependent; dominant species: So – *Pinus sylvestris*, Db – *Quercus* sp., Brz – *Betula* sp., Ol – *Alnus glutinosa*, Ak – *Robinia pseudoacacia*, Lsc – other deciduous, Igl – other coniferous; I, II, ... – consecutive age classes of 20 years

W pracy zastosowano podział martwej materii organicznej na: stojące w całości lub połamane martwe drzewa lub pnie, pniaki oraz gruby i drobny martwy materiał leżący (leżanina). Za granicę pomiędzy poszczególnymi kategoriami leżaniny przyjęto grubość równą 2,5 cm (Harmon et al. 1986). Na całej powierzchni próbnej inwentaryzacji i pomiarowi podlegały martwe drzewa stojące całe, martwe drzewa stojące złamane oraz pniaki, a na transekcje – leżanina gruba i drobna. Dla drzew martwych stojących określano gatunek oraz mierzono za pomocą średnicomierza pierśnicę, a wysokościomierzem Vertex III – wysokość. W celu oszacowania miąższości leżaniny dokonano pomiaru tylko kawałków leżących na ściółce (zagłębione w niej pomijano) o średnicy $\geq 2,5$ cm. Mniejsze elementy zliczano posztucznie. Długość kawałka określano wzdłuż jego osi morfologicznej, a pomiaru grubości dokonywano w miejscu przecięcia z transektem (odcinek prostopadły do osi morfologicznej kawałka, punkt środkowy to przecięcie osi morfologicznej z transektem). Pomiar grubości na każdym przecięciu transektu przez kawałek drewna następował indywidualnie, co oznacza, że linia sieczna przecięła

wielokrotnie ten sam kawałek, ponieważ każde przecięcie liczono jako osobną wartość (Wolski 2002b). Długość określano za pomocą dalmierza laserowego wbudowanego w wysokościomierz Vertex III. Dla każdego kawałka określano gatunek i stopień rozkładu według 5-stopniowej skali Maserę i in. (1979). Dodatkowo na powierzchni próbnej zliczano wszystkie pniaki, określając ich gatunek i stopień rozkładu.

2.3. Prace kameralne

Miąższość martwego drewna została obliczona dla każdej powierzchni próbnej oddzielnie. Miąższość martwych drzew stojących całych obliczano, wykorzystując wykonane pomiary i dostępne w literaturze wzory empiryczne do wyznaczania liczb kształtu dla danego gatunku. Dla sosny wykorzystano równania opracowane przez Bruchwalda i Rymer-Dudzińską (1996), dębu – Bruchwalda i in. (1996) i dla brzozy – Tomusiaka (2003). Dla grabu i klonu przyjęto wzór na liczbę kształtu dla buka (Dudzińska 2003), a dla robinii akacjowej, olszy i wierzy – wzór dla olszy (Dudzińska, Bruchwald

2003). Miąższość podszytu martwego stojącego całego oraz drzew martwych stojących złamanych obliczano jako objętość walca o wymiarach odpowiadających zmierzonym parametrom, tj. pierśnicy i wysokości. Dla leżaniny zastosowano wzór van Wagnera (1968):

$$V_l = \frac{\pi^2}{8 \cdot L} \cdot \sum d^2$$

gdzie:

d – grubość kawałka leżaniny [cm],

L – długość transektu [m].

Całkowitą miąższość martwego drewna (suma miąższości drzew martwych stojących całych i złamanych, podszytu oraz leżaniny grubej) na powierzchni próbnej przeliczano na miąższość na hektarze [m^3/ha]. Wyniki uśredniano, gdy w danej warstwie siedliskowo-gatunkowo-wiekowej została założona więcej niż jedna powierzchnia próbna. Wyznaczenia miąższości martwego drewna w poszczególnych drzewostanach dokonano na podstawie przeliczenia miąższości martwego drewna uzyskanej na jednostkę powierzchni w danej warstwie siedliskowo-gatunkowo-wiekowej na powierzchnię poszczególnych wydzieleni. Zasoby martwego drewna w analizowanych kompleksach leśnych obliczono, sumując miąższość tego elementu w wydzieleniach wchodzących w skład danego kompleksu. Dodatkowo wyliczono zasoby martwej

materii drzewnej w poszczególnych warstwach siedliskowych, wiekowych i gatunkowych.

3. Wyniki

Zasoby martwego drewna w kompleksach leśnych Lasów Miejskich Warszawa oszacowano łącznie na $38\,761\text{ m}^3$ (tab. 2). Zdecydowanie najwięcej martwej materii organicznej było w Lesie Kabackim ($16\,463\text{ m}^3$), natomiast najmniej stwierdzono w małych kompleksach: Wydma Żerańska (71 m^3) i Las Matki Mojej (95 m^3). Wielkość kompleksu leśnego nie zawsze przekładała się na zasoby martwego drewna. W stosunkowo niewielkich kompleksach Las Młociny czy Olszynka Grochowska stwierdzono większe zasoby niż w rozległej Białołęce Dworskiej (tab. 2). Przeciętna zasobność martwego drewna w warszawskich lasach miejskich wahała się od $3,66\text{ m}^3/\text{ha}$ w Białołęce Dworskiej do $33,50\text{ m}^3/\text{ha}$ w Lesie Bielany, średnio wynosiła $13,7\text{ m}^3/\text{ha}$ (tab. 2).

Najbardziej zasobne w martwe drewno były drzewostany na siedliskach lasowych, gdzie zinwentaryzowano prawie 24 tysiące m^3 martwej materii drzewnej. Najuboższe pod tym względem były siedliska olsowe i borowe (odpowiednio 1250 i 2200 m^3). Średnia ilość martwego drewna na jednostce powierzchni największa była na siedliskach lasowych

Tabela 2. Charakterystyka poszczególnych kompleksów Lasów Miejskich Warszawa pod względem powierzchni i miąższości martwego drewna

Table 2. Characteristics of the individual complexes of municipal forests in Warsaw in terms of area and resources of coarse woody debris

Kompleks leśny Forest complex	Powierzchnia Area		Miąższość martwego drewna Coarse woody debris volume		Średnia miąższość martwego drewna Average volume of dead wood [m^3/ha]
	[ha]	[%]	[m^3]	[%]	
Las Bemowo	445,70	15,8	5998,11	15,5	13,46
Białołęka Dworska	241,59	8,5	884,55	2,3	3,66
Las Bielański	142,21	5,0	4763,85	12,3	33,50
Las Bródno	128,34	4,5	2038,57	5,3	15,88
Dąbrówka	25,93	0,9	130,35	0,3	5,03
Henryków	18,64	0,7	106,55	0,3	5,72
Las Kabacki	867,00	30,7	16462,9	42,5	18,99
Lasek na Kole	45,78	1,6	617,50	1,6	13,49
Las Lindego	20,27	0,7	180,74	0,5	8,92
Las Młociny	83,38	2,9	1303,62	3,4	15,63
Las Matki Mojej	14,01	0,5	95,10	0,2	6,79
Las Nowa Warszawa	166,51	5,9	726,40	1,9	4,36
Olszynka Grochowska	61,09	2,2	1001,09	2,6	16,39
Las Sobieskiego	560,37	19,8	4380,41	11,3	7,82
Wydma Żerańska	6,61	0,2	71,05	0,2	10,75
Razem Total	2827,43	100,0	38760,80	100,0	13,71

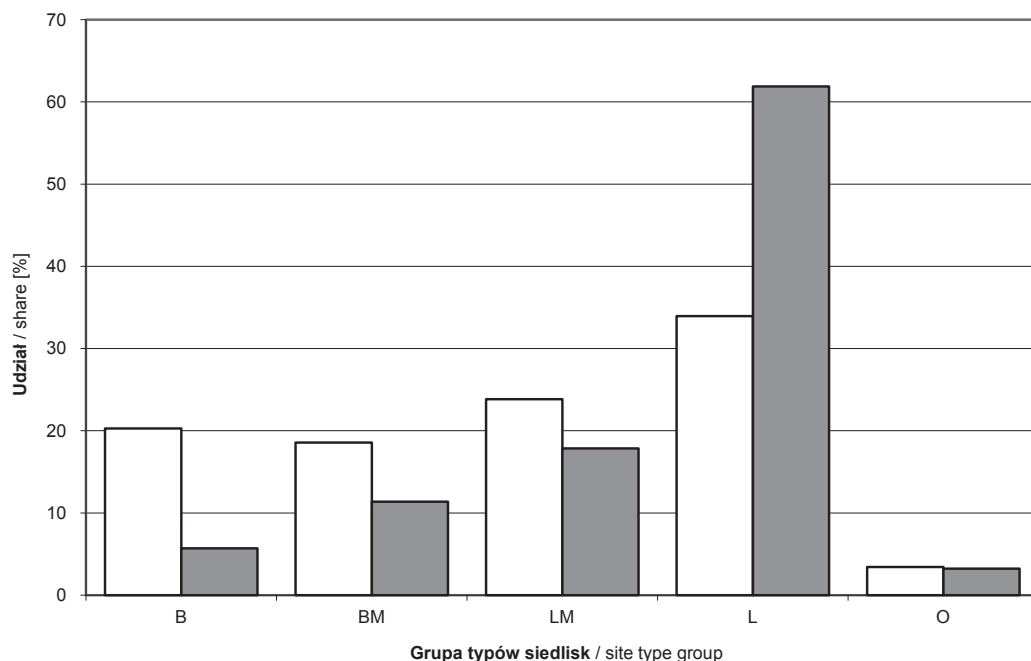
(25 m³/ha), a najmniejsza – na borowych (niecałe 4 m³/ha). O ile udział ilości obumarłego materiału drzewnego na siedliskach skrajnie wilgotnych w zasobach martwego drewna w lasach miejskich odpowiadał udziałowi tego typu siedlisk w ich powierzchni, to w przypadku drzewostanów rosnących na powierzchniach borowych był on prawie 4-krotnie mniejszy (ryc. 1). Jedynie w przypadku siedlisk lasowych znacznie przewyższał on udział powierzchni tego typu siedlisk w powierzchni lasów miejskich. Największa ilość martwego drewna zmagazynowana została w drzewostanach trzeciej klasy wieku (ok. 13,5 tysiąca m³), a najmniejsza – w pierwszej klasie wieku (prawie 400 m³). Zasobność martwego drewna w drzewostanach najstarszych wynosiła prawie 37 m³/ha, natomiast w najmłodszych – niecałe 9 m³/ha. Udział powierzchni zajmowanej przez poszczególne klasy wieku w powierzchni lasów miejskich był podobny do ich udziału w zasobach martwego drewna (ryc. 2). Największe różnice występowały w III (49% udział powierzchniowy, 35% udział w zasobach martwego drewna) i VII (odpowiednio 9 i 24%) klasie wieku. Najwięcej martwego drewna oszacowano w drzewostanach, gdzie gatunkiem panującym jest sosna (ponad 12,7 tysiąca m³) oraz dąb (nieco ponad 10 tysiąca m³). Szczególnie zasobne okazały się drzewostany brzożowe oraz innych gatunków liściastych (np. topola, grab, klon, wierzba, lipa). Przeciętna miąższość martwej materii organicznej wynosiła w nich do 38–39 m³/ha, podczas gdy w drzewostanach sosnowych – około 8 m³/ha. W stosunku do udziału w całkowitej powierzchni lasów miejskich sosna ma 1,5 razy mniejszy udział w zasobach nagromadzonej mar-

twej materii. W przypadku pozostałych gatunków proporcje te były zbliżone (ryc. 3).

4. Dyskusja

Świadome kształtowanie zasobów martwej materii drzewnej jest podstawą prawidłowo funkcjonującego ekosystemu leśnego, jego stabilności i zdrowotności oraz prowadzonej w nim gospodarki leśnej (Sokołowski 1999; Wolski 2002a; Rykowski 2005).

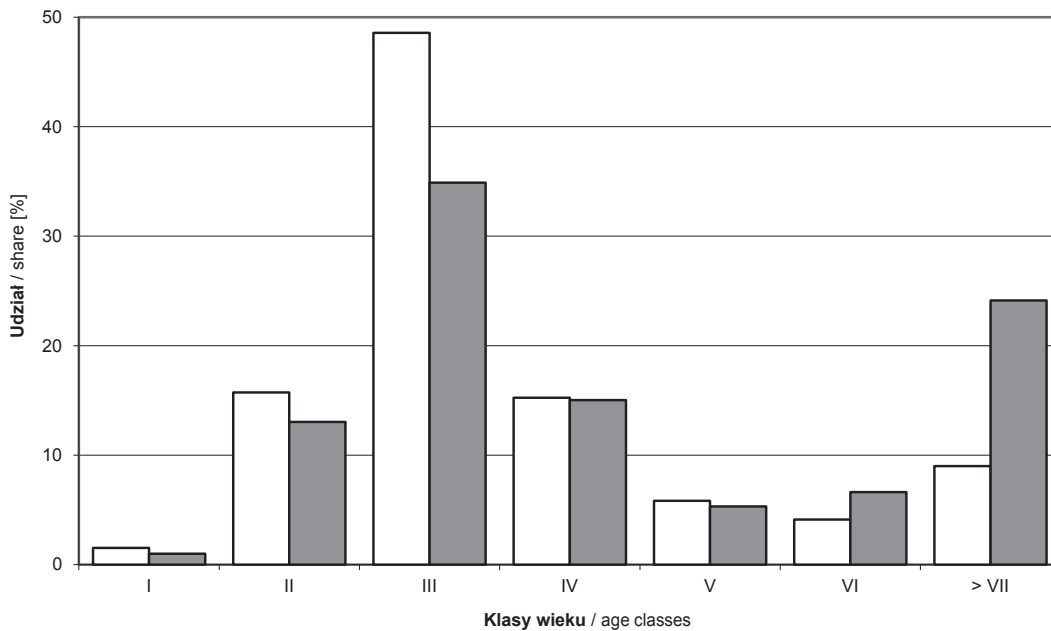
W najpospolitszych w Polsce drzewostanach sosnowych według Wolskiego (2002a) może występować ok. 3 m³ martwego drewna na hektar. Według Holeksy i Maciejewskiego (2006) ta wartość oscyluje między 2 a 5 m³/ha. Także wyniki wielkoobszarowej inwentaryzacji lasu (Neroj 2011) podają zbliżoną (5,2 m³/ha) zasobność martwego drewna dla Lasów Państwowych. Z kolei Czerepko (2008) podaje wartość jeszcze większą (9,6 m³/ha). W Stanach Zjednoczonych badania w 50-letnich drzewostanach sosnowych wykazały przeciętnie 30 m³ martwego drewna na hektar (Harmon et al. 1986). Zasoby martwej materii drzewnej w kompleksach leśnych, będących pod zarządem Lasów Miejskich Warszawa, kształtują się natomiast na poziomie blisko 14 m³/ha. Wartość ta jest zbliżona do raportowanej dla lasów gospodarczych w krajach zachodnioeuropejskich przez Europejską Komisję Gospodarczą (<http://w3.unece.org>). Jednakże, jak wynika z tego opracowania, lasy gospodarcze w Polsce mają jedną z najniższych średnich zasobności martwej materii drzewnej w Europie. Jest ona prawie



Rycina 1. Udział [%] poszczególnych grup siedlisk w całkowitej powierzchni (biały) i zasobach martwego drewna (szary) drzewostanów Lasów Miejskich Warszawa

Figure 1. Share [%] of site types groups in total area (white) and coarse woody debris volume (grey) of municipal forests in Warszawa

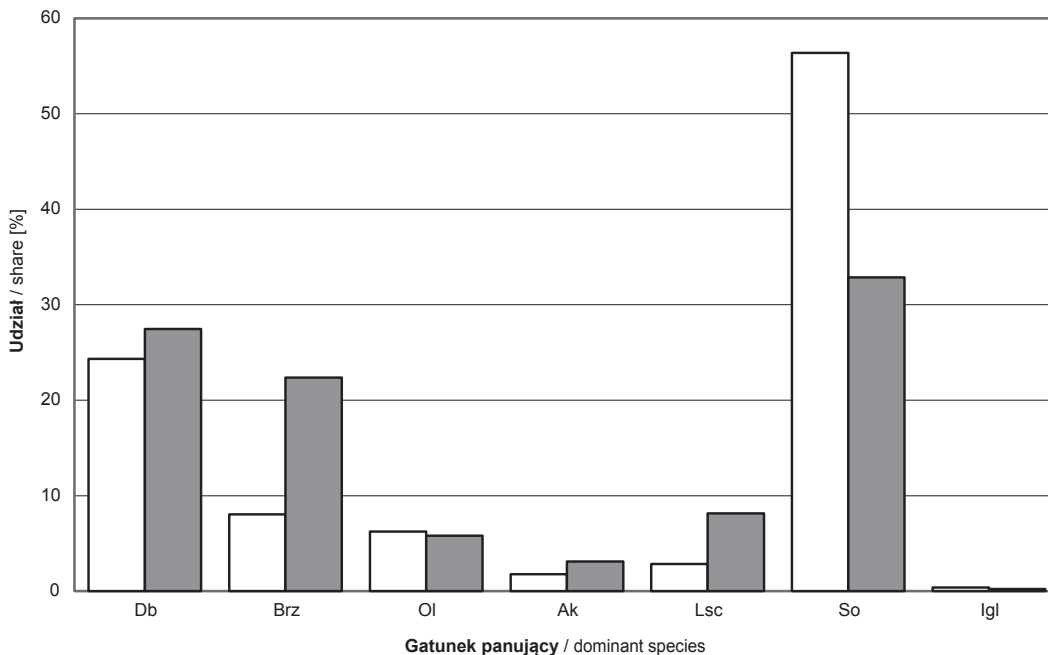
Określenia jak w tabeli 1/ Denotes as in table 1



Rycina 2. Udział [%] poszczególnych warstw klas wieku w całkowitej powierzchni (biały) i zasobach martwego drewna (szary) drzewostanów Lasów Miejskich Warszawa

Figure 2. Share [%] of age classes in total area (white) and coarse woody debris volume (grey) of municipal forests in Warszawa

Określenia jak w tabeli 1 / Denotes as in table 1



Rycina 3. Udział [%] poszczególnych gatunków w całkowitej powierzchni (biały) i zasobach martwego drewna (szary) drzewostanów Lasów Miejskich Warszawa

Figure 3. Share [%] of individual species in total area (white) and coarse woody debris volume (grey) of municipal forests in Warszawa

Określenia jak w tabeli 1 / Denotes as in table 1

trzykrotnie niższa niż uzyskana w Lasach Miejskich Warszawa. W lasach gospodarczych większości krajów europejskich (np. Austria, Szwajcaria, Niemcy, Słowenia) widać tendencję systematycznego wzrostu zasobności obumarłej

materii. Niektóre kraje od lat utrzymują zasobność martwego drewna na wysokim poziomie (Słowacja, Litwa, Rosja). Lasy Miejskie Warszawa mają średnią zasobność martwej materii drzewnej zbliżoną do lasów gospodarczych Estonii,

Niemiec, a zdecydowanie wyższą od wielu innych państw (np. Francja, Finlandia, Belgia).

Dużo większą zasobność martwego drewna wykazują lasy o charakterze zbliżonym do naturalnego lub będące pod ochroną (Ciach 2011). W wyniku pomiarów prowadzonych podczas wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu oszacowano, że zasobność obumarłej materii organicznej w polskich parkach narodowych przekracza 35,8 m³/ha (Neroj 2011). Podobną miąższość tej materii stwierdzono podczas prezentowanych badań w kompleksie Las Bielański, gdzie występują żyzne siedliska ze starymi drzewostanami, głównie dębowymi, dostarczającymi wiele elementów o znaczących rozmiarach do zasobów martwej materii drzewnej. Nieco więcej (38,9 m³/ha) martwego drewna stwierdzono w miejskim rezerwacie „Polesie Konstantynowskie” w Łodzi (Pawicka, Woziwoda 2011). Według Maślak i Orczewskiej (2009) zasoby martwego drewna w wybranych obszarach chronionych na Górnym Śląsku kształtowały się na poziomie 42-166 m³/ha. Martwe drewno jest elementem występującym w olbrzymich ilościach w lasach naturalnych. Nilsson i in. (2002) szacują, że przed ekspansją człowieka, w lasach europejskich było go średnio 130-150 m³/ha. Natomiast Dudley i Vallauri (2004) podają wartości dochodzące prawie 275 m³/ha (Las Fontainebleau we Francji czy Ridge Hanger w Wielkiej Brytanii).

Zalecenia odnośnie ilości pozostawianej w lesie obumarłej materii organicznej zmieniały się w czasie. Niegdyś proponowano utrzymanie ich na poziomie 3 lub 5-10 m³/ha (Ammer 1991; Utschik 1991). W miarę postępu badań, postulowana docelowa zasobność martwego drewna w lesie rosła. Obecnie uważa się, że powinna mieścić się w zakresie 15-30 m³/ha (Colak 2002; Jankovský et al. 2004; Bütler, Schlaepfer 2004) albo 5-10% (Möller 1994; Jedicke 1995; Bütler, Schlaepfer 2004; Vandekerckhove et al. 2009) lub nawet 20% (Humphrey, Bailey 2012) całkowitej miąższości drzewostanu. Gutowski i in. (2004) sugerują, że w lasach gospodarczych ilość martwego drewna powinna stanowić nie mniej niż 5% miąższości dojrzałego drzewostanu i składać się przynajmniej z 5 grubych (średnica powyżej 40 cm), rozkładających się kłód lub martwych drzew stojących na hektarze lasu oraz jak największej liczby drzew dziuplastych. Należy jednak pamiętać, że te sugerowane wartości nie muszą odzwierciedlać rzeczywistych wymagań poszczególnych ekosystemów (Solon, Wolski 2002). Na tle tych wartości należy uznać, że lasy miejskie w Warszawie spełniają aktualne postulaty w zakresie ilości martwego drewna pozostawianego w lesie.

Wyniki oszacowania zasobów martwego drewna w ekosystemach leśnych są uzależnione od wielu czynników. Na występowanie martwej materii organicznej w lesie wpływają przede wszystkim strefa klimatyczna, potencjalny typ roślinności, typ użytkowania drzewostanu, cechy drzewostanu (wiek, skład gatunkowy, zwarcie) i siedliska (wilgotność podłoża) oraz status ochronny obszaru (Harmon et al. 1986; Wolski 2003; Bujoczek 2012). Nie bez znaczenia pozostaje także oddziaływanie człowieka tak w postaci prowadzonej gospodarki leśnej, jak i korzystania z pozaprodukcyjnych funkcji lasu (rekreacja

i turystyka). Niska zasobność martwego drewna, którą odnotowywano w rosnących na ubogich siedliskach drzewostanach z sosną zwyczajną jako gatunkiem panującym, wynika z ekologii tego gatunku. Sosna w ciągu życia nie gwarantuje dostarczenia dużej ilości martwych elementów. Dopiero osobniki wypadające z drzewostanu mogą istotnie zasilić zasób martwego drewna, a proces ten może być znacznie rozłożony w czasie. Z kolei wysoka zasobność martwej materii organicznej w drzewostanach liściastych (szczególnie brzoźowych i dębowych) związana jest z rozbudową ich koron, które dostarczają duże elementy. Brzoza z racji tego, że nie jest gatunkiem długowiecznym, zasila ekosystem w martwe drewno w krótszym czasie, czego efektem jest obserwowana kumulacja martwej materii w wydzieleniach z jej udziałem. Również faza rozwojowa drzewostanu determinuje rodzaj i wymiary dostarczanego martwego materiału. W drzewostanach młodszych będzie to materiał drobny, natomiast w starszych klasach wieku – większe wymiarowo gałęzie, konary, kłody. Dlatego też stare drzewostany są najbardziej zasobne w martwą materię organiczną. Ilość martwego drewna jest także zależna od antropopresji, co w przypadku lasów miejskich lub położonych koło miast najczęściej może przejawiać się w postaci nadmiernego oddziaływania ze strony ruchu turystyczno-rekreacyjnego. Bliskość i dostępność lasów miejskich w Warszawie powodują ogromne zainteresowanie nimi wśród mieszkańców stolicy (Gołos 2013). Leżące martwe drewno staje się łatwym do zdobycia materiałem wykorzystywanym jako opał do kominka lub paliwo do rozpalanych ognisk. Dodatkowo wywierana jest przez społeczeństwo presja na zarządcę terenu, by uprzątnął znajdujące się w lesie martwe drewno ze względów estetycznych.

5. Wnioski

- Przeciętna zasobność martwego drewna w Lasach Miejskich Warszawa wynosi blisko 14 m³/ha. Poziom ten odpowiada aktualnym postulatom i zaleceniom odnoszącym się do ilości martwej materii organicznej pozostawianej w lesie.
- Ilość martwego drewna w Lasach Miejskich Warszawa jest porównywalna z obserwowaną w lasach gospodarczych Europy Zachodniej i jest blisko dwu-/trzykrotnie większa niż w drzewostanach gospodarczych w Polsce.
- Wśród lasów miejskich w Warszawie jedynie Las Bielański ma zasobność obumarłej materii drzewnej na poziomie obserwowanym w polskich parkach narodowych. Nie ma natomiast kompleksu, który pod tym względem mógłby dorównywać lasom naturalnym.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Podziękowania i źródła finansowania

Praca zrealizowana w ramach projektu pt. „Wykonanie badań dotyczących oceny stanu zdrowotnego i sanitarnego

lasów pod kątem głównych czynników wpływających na zachowanie trwałości ekosystemów leśnych oraz ocena populacji dzika w tym jego rozmieszczenia w celu zoptymalizowania prowadzonego odłowu” finansowanego przez Lasy Miejskie Warszawa.

Literatura

- Ammer U. 1991. Konsequenzen aus den Ergebnissen der Totholzforstung für die forstliche Praxis. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 110: 149–157. DOI: 10.1007/BF02741249.
- Bobiec A., van der Burgt H., Zuyderduyn C., Haga J., Meijer K., Vlaanderen B. 2000. Rich deciduous forests in Białowieża as a dynamic mosaic of developmental phases: premises for nature conservation and restoration management. *Forest Ecology and Management* 130: 159–175. DOI: 10.1016/S0378-1127(99)00181-4.
- Bobiec A. 2002. Living stands and dead wood in the Białowieża Forest: suggestions for restoration management. *Forest Ecology and Management* 165: 125–140. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00655-7.
- Bobiec A., Stachura-Skierczyńska K. 2007. Stare drzewa i martwe drewno w ekosystemach leśnych Polski – założenia, metodyka i wstępne wyniki projektu. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie* 16: 370–379.
- Bruchwald A., Dudzińska M., Wirowski M. 1996. Model wzrostu dla drzewostanów dębu szypułkowego. *Sylvan* 139(10): 35–44.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1996. Nowy wzór empiryczny do określania pierśnicowej liczby kształtu grubizny drzewa dla świerka. *Sylvan* 139 (12): 25–31.
- Bujoczek L. 2012. Dekompozycja obumarłych drzew w ekosystemach leśnych ze szczególnym uwzględnieniem świerka, buka i jodły. *Sylvan* 156 (3): 208–217.
- Bunnell F. L., Houde I., Johnston B., Wind E. 2002. How dead trees sustain live organisms in Western Forests. Proceedings of the Symposium on the Ecology and Management of Dead Wood in Western Forests. Reno, NV. General Technical Report PSW-GTR-181. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 291–318. ISBN 9780774858731.
- Butler R., Schlaepfer R. 2004. Wie viel Totholz braucht der Wald? *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 155(2): 31–37. DOI: <http://dx.doi.org/10.3188/szf.2004.0031>.
- Caza C. L. 1993. Woody Debris in the Forests of British Columbia: A Review of the Literature and Current Research. LMR 78. ISBN 0-771 8-9307-8.
- Ciach M. 2011. Martwe i zamierające drzewa w ekosystemie leśnym – ilość, jakość i zróżnicowanie. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie* 27: 186–199.
- Colak A. H. 2002. Dead wood and its role in nature conservation and forestry: a Turkish perspective. *Journal of Practical Ecology and Conservation* 5(1): 37–49.
- Czerepko J. (red.). 2008. Stan różnorodności biologicznej lasów w Polsce na podstawie powierzchni obserwacyjnych monitoringu. Synteza wyników uzyskanych w ramach realizacji projektu BioSoil Forest Biodiversity IBL, Sekocin Stary. ISBN 978-83-87647-75-9.
- Dudley N., Vallauri D. 2004. Deadwood – living forests. WWF Report, WWF.
- Dudzińska M. 2003. Wzory empiryczne do określania pierśnicowych liczb kształtu dla nizinnych drzewostanów bukowych. *Sylvan* 147(1): 35–40.
- Dudzińska M., Bruchwald A. 2003. Wzory empiryczne pierśnicowej liczby kształtu strzały w korze dla drzewostanów olszy czarnej (*Alnus glutinosa* L.). *Sylvan* 147(5): 36–41.
- Faliński J. B. 1978. Uprooted trees, their distribution and influence in the primeval forest biotope. *Vegetatio* 38: 175–183.
- Golos P. 2013. Rekreacyjna funkcja lasów miejskich i podmiejskich Warszawy. *Leśne Prace Badawcze* 74(1): 57–70. DOI: 10.2478/frp-2013-0007
- Gutowski J. M., Bobiec A., Pawlaczyk P., Zub K. 2004. Drugie życie drzewa. WWF Polska, Warszawa-Hajnówka.
- 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., Cummins K. W. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research* 15: 133–302.
- Holeksa J., Maciejewski Z. 2006. Martwe drzewa i ich rola w ekosystemie leśnym. Roztoczańskie spotkania 6: 61–74.
- Humphrey J., Bailey S. 2012. Managing deadwood in forests and woodlands. Forestry Commission Practice Guide. Forestry Commission, Edinburgh.
- Instrukcja ochrony lasu. 2011. CILP, Warszawa.
- Jankovský L., Lička D., Ježek K. 2004. Inventory of dead wood in the Kněhyně-Čertův mlýn National Nature Reserve, the Moravian-Silesian Beskids. *Journal of Forest Science* 50(4): 171–180.
- Jedicke E., 1995. Anregungen zu einer Neuauflage des Altholzinsel-Programms in Hessen. *Allgemeine Forstzeitung* 10: 522–524.
- Lofroth E. 1998. The dead wood cycle, w: Conservation biology principles for forested landscapes (red. J. Voller, S. Harrison). UBC Press, Vancouver, 185–214.
- Maser C., Anderson R. G., Cromack K. jr., Williams J. T., Martin R. E. 1979. Dead and down woody material, w: Wildlife habitats in management forests. The Blue Mountains of Oregon and Washington. (red. J. W. Thomas). USDA Forest Service Agriculture Handbook. Portland – Washington. 78–95.
- Maślak M., Orczewska A. 2010. Zasoby martwego drewna w zbiorowisku kwaśnej buczyny niżowej lesnych obszarów chronionych Górnego Śląska. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie* 25: 369–376.
- Möller G. 1994. Alt- und Totholzlebensräume. Ökologie, Gefährdungssituation, Schutzmaßnahmen. *Beiträge Forstwirtschaft und Landschaftsökologie* 28(1): 7–15.
- Neroj B. 2011. Zasoby martwego drewna w lasach na podstawie wyników wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu. BULiGL.
- Nilsson S. G. M., Niklasson J., Hedin G., Aronsson J. M., Gutowski P., Linder H., Ljungberg G., Mikusinski-Ranius T. 2002. Densities of large living and dead trees in old-growth temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management* 161: 189–204. DOI:10.1016/S0378-1127(01)00480-7.
- Pawicka K., Woziwoda B. 2011. Bilans martwego drewna w rezerwacie „Polesie Konstantynowskie”. *Sylvan* 155(12): 851–858.
- Rykowski K. 2005. O gospodarce leśnej w leśnych kompleksach promocyjnych. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Las. ISBN 83-87647-43-8.
- Sokołowski A. W. 1999. Charakterystyka oraz inwentaryzacja lasów o charakterze naturalnym na terenie Puszczy Białowieskiej. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Ser. B* 36: 26–37.
- Solon J. 2002. Ekologiczna rola martwego drewna w ekosystemach leśnych – dyskusja wybranych zagadnień w świetle literatury, w: Podstawy trwałego i zrównoważonego zagospodarowania lasów w Leśnych Kompleksach Promocyjnych (A. Breyemeyer, M. Degórski, E. Roo-Zielińska, J. Solon, J. Wolski). IBL, Sękocin Las.

- Solon J., Wolski J. 2002. Propozycje gospodarowania zapasem martwego drewna w Leśnych Kompleksach Promocyjnych, w: Podstawy trwałego i zrównoważonego zagospodarowania lasów w Leśnych Kompleksach Promocyjnych (A. Breymeyer, M. Degórski, E. Roo-Zielińska, J. Solon, J. Wolski). IBL, Sękocin Las.
- Stevens V. 1997. The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in British Columbia forests. Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Work. Pap. 30.
- Tomusiak R. 2003. A model percentage shares of fifteen sections in stem volume for birch stands. Paper collection of International Scientific Conference of PhD Students "YOUTH SEEKS PROGRESS 2003 14-15 November 2003. Lithuanian University of Agriculture.
- Travaglini D., Chirici G. 2006. Forest BIOTA Project. Forest Biodiversity Test-phase Assessments: Deadwood assessment. Work report. Accademia Italiana di Scienze Forestali.
- Tyrell L., Crow T. 1994. Structural characteristics of old-growth hemlock-hardwood forests in relation to age. *Ecology* 75: 370–386. DOI: 10.2307/1939541.
- Utschick H. 1991. Beziehungen zwischen Totholzreichtum und Vogelwelt in Wirtschaftswäldern. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 110: 135–148. DOI: 10.1007/BF02741248.
- van Wagner C. E. 1968. The line intersect method in forest fuel sampling. *Forest Science* 14(1): 20–26.
- Vandekerkhove K., de Keersmaeker L., Menke N., Meyer P., Verschelde P. 2009. When nature takes over from man: Dead wood accumulation in previously managed oak and beech woodlands in North-western and Central Europe. *Forest Ecology and Management* 258: 425–435. DOI:10.1016/j.foreco.2009.01.055.
- Wolski J. 2000. Ocena zapasu martwego drewna metodą Browna, w: Podstawy trwałego i zrównoważonego zagospodarowania lasów w Leśnych Kompleksach Promocyjnych (A. Breymeyer, M. Degórski, E. Roo-Zielińska, J. Solon, J. Wolski). IBL, Sękocin Stary.
- Wolski J. 2001. Pomiary zasobów leżącego martwego drewna w lasach czterech wybranych Leśnych Kompleksów Promocyjnych, w: Podstawy trwałego i zrównoważonego zagospodarowania lasów w Leśnych Kompleksach Promocyjnych (A. Breymeyer, M. Degórski, E. Roo-Zielińska, J. Solon, J. Wolski) IBL, Sękocin Stary.
- Wolski J. 2002a. Metoda pomiarów leżącego martwego drewna w lesie – założenia teoretyczne i przebieg prac terenowych, *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Ser. A 2* (932): 27–45.
- Wolski J. 2002b. Ocena zapasu leżącego martwego drewna, w: Podstawy trwałego i zrównoważonego zagospodarowania lasów w Leśnych Kompleksach Promocyjnych (A. Breymeyer, M. Degórski, E. Roo-Zielińska, J. Solon, J. Wolski) IBL, Sękocin Stary.
- Wolski J. 2003. Martwe drewno w lesie: ocena zapasu i propozycje postępowania. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Ser. A, 2* (953): 23–45.
- Zasady Hodowli Lasu. 2003. CILP, Warszawa.
- Zielonka T., Niklasson M. 2001. Dynamics of dead wood and regeneration pattern in natural spruce forest in the Tatra Mountains, Poland. *Ecological Bulletins* 49: 159–163.

Wkład autorów

K.S. – pomiary terenowe, opracowanie tekstu; Sz.B. – koncepcja pracy, pomiary terenowe, korekta.