

Możliwości wykorzystania procesów sukcesyjnych w przebudowie drzewostanów na gruntach porolnych na przykładzie Nadleśnictwa Wielbark

The potential utility of successional processes during timber stand improvement on post-agricultural land in the Wielbark Forest District: a case study

Robert Krawczyk

Nadleśnictwo Wielbark, ul. Czarnieckiego 19, 12-160 Wielbark

Tel. +48 600 292 788, e-mail: robert.krawczyk@olsztyn.lasy.gov.pl

Abstract. In the Wielbark Forest District, and many other forest districts in Poland, disturbances caused by annosum root rot *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. have been observed regularly in timber stands cultivated on post-agricultural land. Natural regeneration in the resulting gaps is dominated by birches, but also other tree and shrub species occur. A better understanding of those natural successional processes is required in order to possibly include them in management practices, i.e., to employ them as an aid in stand conversion or improvement. This goal formed the foundation for this study, which was carried out under the assumption that the natural renewal of trees owing to annosum root rot would satisfy the requirements for silvicultural practices.

The work was carried out in a pine stand sequence, aged from 1 to 100 years, representing two habitat types, fresh coniferous forest (Bśw) and fresh mixed coniferous forest (BMśw), grown on post-agricultural land with a total area of 15 757.31 ha. A 100×100 m square grid was established within which 125 circular sampling fields were selected randomly. Both, the existing timber trees and natural regrowth were measured, including an estimation of *H. annosum* sporocarps to show whether root rot infection had taken place.

A detailed analysis of changes in the stocking index revealed that the most damaged tree stands belong to the third age group in both habitats. However, the changes observed in stands from the Bśw habitat were smaller and occurred with a delay compared with those from the BMśw habitat.

In conclusion, in response to a disturbance caused by annosum root rot, natural regrowth appeared, involving 4 and 8 tree species respectively in the Bśw and BMśw habitats, but for both habitats, the regrowth was mostly comprised of pine and birch. Therefore, the results from this study clearly indicate that spontaneous regenerative processes would be of use if they were to be included in silvicultural practices.

Keywords: timber stand improvement, post-agricultural land, afforestation, annosum root rot, secondary succession

Słowa kluczowe: przebudowa drzewostanów, grunty porolne, zalesienia, huba korzeni, sukcesja wtórna

1. Wstęp

Od kilku dziesięcioleci następuje w Polsce wzrost lesistości (Smykała 1990; KPZL 2003; Raport 2018). W rezultacie coraz więcej lasów ma charakter lasów wtórnych – rośnie na terenach w przeszłości użytkowanych rolniczo. Ten fakt jest ważny z uwagi na ich odmienność od lasów starych *ancient woodlands* (Rackham 1980). Drzewostany można łatwo odtworzyć, sadząc drzewa lub umożliwiając ich naturalne odnowienie w otwartych miejscach. Natomiast odtworzenie ekosystemu leśnego z całym jego bogactwem i różnorodno-

ścią gatunków roślin, zwierząt, grzybów i mikroorganizmów jest niemożliwe w miejscach przestrzennie izolowanych od lasów starych, ukształtowanych stopniowo, w bardzo długim czasie, w których te gatunki jeszcze żyją (Dzwonko 2015). Ma to szczególne znaczenie w Nadleśnictwie Wielbark, ponieważ w większości tworzą go monolity sosnowe powstałe w wyniku zalesień gruntów porolnych w XIX i XX wieku (Matuszkiewicz et al. 2017).

Główne cechy lasów powstałych z zalesień wynikają z uproszczonej struktury gatunkowej i wiekowej drzewostanów oraz specyficznych warunków glebowo-siedliskowych.

Wpłynęło: 6.01.2021 r., zrecenzowano: 20.01.2021 r., zaakceptowano: 15.02.2021 r.

Są one bliższe „agrocenozom” niż ekosystemom leśnym, w których sieć troficzna powiązań zapewnia mniej lub bardziej trwałą biologiczną stabilność. W tym sensie pierwsza generacja drzew leśnych na gruncie porolnym tworzy pewną fazę sztucznie inicjowanego procesu lasotwórczego, a samo zalesienie stanowi najczęściej narzucenie zbiorowiska obcego w stosunku do biotopu. Adaptacja takiego zbiorowiska niesie w sobie zawsze zjawiska chorobowe i jest to, w rozumieniu procesów ekologicznych, naturalna kolej rzeczy (Rykowski 1990). Przykładem takiego zjawiska jest huba korzeni powodowana przez korzeniowca wieloletniego *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. Ta powszechnie występująca choroba inicjuje wielorakie zmiany patologiczne w drzewostanie, prowadząc w konsekwencji do nadmiernego wydzielania się posuszu, spadku zadrzewienia i często do jego biologicznej degradacji (Sierota 1996). Zamieranie drzew wywołane przez *H. annosum* stanowi również początek spontanicznej przebudowy monokultur sosnowych, w drodze sukcesji naturalnej, w kierunku zbiorowisk bardziej dostosowanych do warunków siedliskowych.

Warto pamiętać, że naturalnym wzorcem powrotu lasu na tereny porolne jest wtórna sukcesja leśna (Faliński 1986). O tym, że jest to nadal proces silny i powszechny, świadczą chociażby doniesienia Instytutu Geodezji i Kartografii o powierzchni 800 tys. ha lasów poza ewidencją (Hościło et al. 2016). Jest to tym bardziej ważne, że zbiorowiska leśne powstałe w taki sposób, bez ingerencji człowieka, prezentują optymalne dla danych warunków środowiska struktury gatunkowe i przestrzenne ekosystemów leśnych. Mogą one trwać kilkadziesiąt lub nawet kilkaset lat, gdyż mają dwie ważne cechy: dużą bezwładność, czyli zdolność opierania się zmianom i utrzymania stanu względnej równowagi, oraz dużą elastyczność, czyli szybkość powrotu zbiorowiska do stanu równowagi po ustaniu czynnika stresowego (Gorzalak 1999). Dlatego pełniejsze wykorzystanie naturalnych procesów w zagospodarowanych lasach na gruntach porolnych jest uzasadnione nie tylko przyrodniczo, ale również jest zgodne z regułami racjonalnej gospodarki leśnej (ZHL 2012). Takie podejście sprzyja zmniejszeniu ryzyka hodowlanego, stałe towarzyszącego podejmowanym decyzjom gospodarczym, a wynikającego z nieprzewidywalności zjawisk przyrody wpływających na rozwój lasu i konkretnego drzewostanu (Bernadzki 2006).

W Nadleśnictwie Wielbark, podobnie jak w wielu innych nadleśnictwach w Polsce, od dawna rejestrowano szkody od huby korzeni w drzewostanach na gruntach porolnych. Jednocześnie w miejscach zamierania drzew obserwowano odnowienie naturalne przede wszystkim brzozy, ale też innych gatunków drzew i krzewów. To właśnie potrzeba poznania oraz ewentualnego włączenia tych naturalnych procesów sukcesyjnych w obszar działań gospodarczych – wykorzystania do przebudowy drzewostanów – leżała u podstaw przeprowadzonych badań. Przyjęto bowiem, że odnowienie naturalne drzew kształtujące się w wyniku obecności huby korzeni spełnia wymogi gospodarki leśnej.

2. Materiał i metody

Badaniami objęto lasy na gruntach porolnych w Nadleśnictwie Wielbark (RDLP Olsztyn). Zbliżone warunki edaficzne w obrębie obiektu badawczego, jakie stworzyła równina sandrowa oraz duża powierzchnia drzewostanów sosnowych w różnym wieku, umożliwiły przeprowadzenie badań ich dynamiki metodą chronosekwencji. W tym celu przyjęto następujące kryteria doboru powierzchni badawczych:

- cecha gleby – porolna,
- typ siedliskowy lasu – Bśw lub BMśw,
- rodzaj powierzchni – drzewostan,
- gatunek panujący – sosna,
- wiek gatunku panującego – od 1 do 100 lat.

W ten sposób wyznaczono obszar o powierzchni 15 757,31 ha (5429 wydzieleń), na którym zlokalizowano powierzchnie próbne. Następnie w siatce kwadratów 100×100 m rozmieszczono losowo (przypadkowo) 125 powierzchni badawczych, dążąc do równomiernego pokrycia obiektu i zachowania proporcji w udziale poszczególnych klas wieku (od 10 do 24 powierzchni dla klasy wieku w danym typie siedliskowym). Pomiarami objęto pierśnicę ($d_{1,3}$) i wysokość (h) drzewostanu oraz młodego pokolenia drzew z odnowienia naturalnego, które podzielono na 4 grupy (warstwy):

- nalot (N) – $h \leq 0,5$ m,
- podrost niski (PN) – $h > 0,5$ m i $d_{1,3} \leq 2$ cm,
- podrost wysoki (PW) – 2 cm $< d_{1,3} \leq 7$ cm,
- dolna warstwa drzewostanu (DW) – 7 cm $< d_{1,3} \leq 12$ cm.

Do obliczenia sumy wysokości przyjęto średnie wysokości dla poszczególnych warstw (N – 0,2 m, PN – 1,5 m, PW – 5,0 m, DW – 9,0 m). Jakość hodowlaną młodego pokolenia oceniano indywidualnie w skali 1–3 na podstawie własnych doświadczeń i obserwacji:

- 1 – w pełni przydatne (zdrowe, nieuszkodzone z dobrze ukształtowaną strzałką lub pniem),
- 2 – częściowo przydatne (zdrowe lub osłabione z uszkodzoną strzałką lub pniem, ale z wyraźnym „przewodnikiem”)
- 3 – nieprzydatne (osłabione lub zamierające, silnie uszkodzone z niewidocznym „przewodnikiem”).

Powierzchnię badawczą stanowiły 3 współśrodkowe koła o powierzchni (zakres pomiarów): 10 m² (N), 100 m² (PN, PW, DW), 250 m² (drzewostan).

Na powierzchniach inwentaryzowano również owocniki *H. annosum* potwierdzające obecność huby korzeni.

Miąższość grubizny poszczególnych drzew obliczono według formuły (Bruchwald et al. 2000):

$$V = \frac{\pi}{40000} \cdot d^2 \cdot h \cdot f$$

gdzie:

- V – miąższość grubizny drzewa [m³],
- d – pierśnica drzewa [cm],
- h – wysokość drzewa [m],
- f – pierśnicowa liczba kształtu grubizny drzewa.

Czynnik zadrzewienia określono jako iloraz miąższości obliczonej na podstawie pomiaru drzew do miąższości odczytanej z „Tablic zasobności i przyrostu drzewostanów” (Szymkiewicz 1986). Natomiast dla upraw i młodników niewykazujących miąższości grubizny wskaźnik zadrzewienia ustalono jako procent pokrycia powierzchni wyrażony w ułamku dziesiętnym. Dla drzewostanów o czynniku zadrzewienia $\leq 0,6$ oceniono możliwości wykorzystania drzew z odnowienia naturalnego do potencjalnej przebudowy.

Ze względu na to, że cechy charakteryzujące zarówno drzewostan, jak i młode pokolenie drzew z odnowienia naturalnego są zmiennymi skokowymi o dużym zróżnicowaniu – zarówno w obrębie typów siedliskowych lasu, jak i klas wieku – zastosowano testy nieparametryczne (test U Manna-Whitneya i test Kruskala-Wallisa) do zbadania ich zmienności. Do określenia siły związku pomiędzy czynnikiem zadrzewienia a sumą wysokości drzew z odnowienia naturalnego wykorzystano współczynnik korelacji Spearmana. Obliczenia wykonano w programie Statistica 10.0 (StatSoft 2011).

Na podstawie średnich wartości drzewostanu i młodego pokolenia drzew z odnowienia naturalnego wykonano wizualizację rozwoju drzewostanu na gruncie porolnym wg klas wieku i typów siedliskowych lasu. W tym celu posłużono się programem BWINPro wersja 6.2. (Nagel 1999).

alizację rozwoju drzewostanu na gruncie porolnym wg klas wieku i typów siedliskowych lasu. W tym celu posłużono się programem BWINPro wersja 6.2. (Nagel 1999).

3. Wyniki

3.1. Odnowienie naturalne

W badanych drzewostanach zarejestrowano 8 gatunków drzew z odnowienia naturalnego, które wymieniono poniżej, od najliczniej do najmniej reprezentowanego, podając jednocześnie skróty nazw gatunków występujące w dalszej części pracy (Tomanek 1994):

- sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L. SO,
- brzoza brodawkowata *Betula pendula* Roth. BRZ,
- dąb szypułkowy *Quercus robur* L. DB,
- lipa drobnolistna *Tilia cordata* Mill. LP,
- klon pospolity *Acer platanoides* L. KL,
- świerk pospolity *Picea abies* (L.) Karst. SW,
- topola osika *Populus tremula* L. OS,
- wiąz szypułkowy *Ulmus laevis* Pall. WZ.

Tabela 1. Frekwencja gatunków drzew [%] z odnowienia naturalnego na powierzchniach badawczych wg typów siedliskowych lasu (TSL) i klas wieku drzewostanu

Table 1. Frequencies of tree species [%] from natural regrowth on sampling areas according to forest habitat type (TSL) and stand age classification

TSL	Gatunek Species	Klasa wieku [%] / Age class [%]					ogółem / total	SD
		I	II	III	IV	V		
Bśw	SO	8,3	20,0	70,8	66,7	80,0	52,9	32,6
	BRZ	50,0	40,0	50,0	33,3	40,0	44,1	7,2
	DB	16,7	40,0	50,0	41,7	50,0	41,2	13,7
	SW	0,0	20,0	4,2	25,0	10,0	10,3	10,5
BMśw	DB	50,0	60,0	94,1	60,0	90,0	73,7	19,9
	BRZ	50,0	40,0	82,4	60,0	70,0	63,2	16,6
	SO	0,0	20,0	76,5	70,0	60,0	49,1	33,5
	SW	10,0	0,0	23,5	20,0	40,0	19,3	15,0
	LP	10,0	0,0	23,5	20,0	20,0	15,8	9,6
	KL	0,0	0,0	29,4	10,0	0,0	10,5	12,8
	OS	20,0	10,0	11,8	0,0	10,0	10,5	7,1
	WZ	0,0	0,0	11,8	0,0	0,0	3,5	5,3

Oznaczenia / Explanations: SO – Scots pine, BRZ – silver birch, DB – pedunculate oak, LP – small-leaved lime, KL – common maple, SW – Norway spruce, OS – aspen poplar, WZ – pedunculate elm, Bśw – fresh coniferous forest, BMśw – fresh mixed coniferous forest

Szczegółowe informacje dotyczące frekwencji gatunków drzew z odnowienia naturalnego na powierzchniach badawczych na siedlisku Bśw i BMśw z uwzględnieniem klas wieku zamieszczono w Tabeli 1.

Na siedlisku Bśw stwierdzono łącznie 4 gatunki drzew z odnowienia naturalnego na 82,4% powierzchni badawczych. Najczęściej na tym siedlisku odnawiała się sosna (52,9%), jednak dominowała nad innymi gatunkami dopiero od III klasy wieku, następnie brzoza (44,1%) i dąb (41,2%).

Na siedlisku BMśw odnotowano łącznie 8 gatunków drzew z odnowienia naturalnego na 96,5% powierzchni badawczych. Najczęściej rejestrowano dąb (73,7%) i brzozę (63,2%). Sosna, podobnie jak na siedlisku Bśw, wyraźnie zaznaczyła swoją obecność dopiero od III klasy wieku, a jej występowanie stwierdzono na nieco mniej niż połowie wszystkich powierzchni badawczych (49,1%). Pozostałe gatunki występowały nierównomiernie.

W I klasie wieku liczba drzew z odnowienia naturalnego była prawie pięciokrotnie większa na siedlisku BMśw niż Bśw (tab. 2). Ta różnica zaznaczyła się jeszcze wyraźniej w warstwie nalotu. Na obu siedliskach dominowała brzoza. Drugim co do ważności gatunkiem, również na obu siedliskach, był dąb, a na BMśw także lipa. Pozostałe gatunki występowały sporadycznie.

W II klasie wieku odnotowano wzrost liczebności drzew z odnowienia naturalnego w stosunku do I klasy wieku – jed-

nak zdecydowanie większy na Bśw niż na BMśw (tab. 3). Za ten wyraźny wzrost liczebności na Bśw odpowiada sosna, która zdominowała pozostałe gatunki. Natomiast na siedlisku BMśw nadal panowała brzoza z dębem.

W III klasie wieku liczebność drzew z odnowienia naturalnego na obu siedliskach wzrosła do tego samego poziomu ok. 8 tys. szt. na 1 ha (tab. 4). Na obu siedliskach panowały sosna i brzoza. Różnica między gatunkami drzew zaznaczyła się w liczebności poszczególnych warstw – sosna liczniej wystąpiła w warstwie nalotu, a brzoza w podroście niskim. Na siedlisku BMśw wzrosło znaczenie lipy, która stała się obok dębu ważnym gatunkiem domieszkowym. Na uwagę zasługuje również podobna liczebność dębu na obydwu siedliskach.

W IV klasie wieku liczebność drzew z odnowienia naturalnego na siedlisku Bśw była wyższa niż na BMśw (tab. 5), co wynikało przede wszystkim z dużej ilości nalotu sosnowego. Podobnie jak w poprzedniej klasie wieku sosna wyraźnie panowała na siedlisku Bśw, a na BMśw panowała ona wraz z brzozą i gatunkami domieszkowymi (dąb, lipa).

W V klasie wieku sosna nadal panowała liczebnie nad pozostałymi gatunkami na obu badanych siedliskach, jednak w różny sposób (tab. 6). Na siedlisku Bśw przewaga sosny zaznaczyła się we wszystkich warstwach. Na siedlisku BMśw sosna wyraźnie dominowała jedynie w nalocie, natomiast już w podroście niskim jej znaczenie ograniczyło się do roli gatunku domieszkowego. Z kolei w podro-

Tabela 2. Liczebność drzew [szt./ha] z odnowienia naturalnego wg gatunków i warstw w drzewostanach I klasy wieku na siedliskach Bśw i BMśw

Table 2. Amounts of trees [no./ha] from natural regrowth according to species and layers in the first (I) stand age group for both habitats (Bśw and BMśw)

TSL	Gatunek Species	Warstwa drzewostanu / Stand layer				ogółem / total	[%]
		N	PN	PW	DW		
Bśw	BRZ	83	300	0	0	383	73,1
	DB	83	50	0	0	133	25,4
	SO	0	8	0	0	8	1,5
	ogółem / total	166	358	0	0	524	100,0
BMśw	BRZ	900	720	20	0	1640	66,9
	DB	300	120	20	0	440	18,0
	LP	300	0	0	0	300	12,2
	OS	0	40	0	0	40	1,6
	SW	0	10	20	0	30	1,2
	ogółem / total	1500	890	60	0	2450	100,0

Oznaczenia jak w tabeli 1 / Explanations as in table 1

N – nalot / self-seedlings $h \leq 0,5$ m; PN – podrost niski / low undergrowth $h > 0,5$ m i $d_{1,3} \leq 2$ cm; PW – podrost wysoki / high undergrowth $2 \text{ cm} < d_{1,3} \leq 7$ cm; DW – dolna warstwa drzewostanu / low stand layer $7 \text{ cm} < d_{1,3} \leq 12$ cm.

Tabela 3. Liczebność drzew [szt./ha] z odnowienia naturalnego wg gatunków i warstw w drzewostanach II klasy wieku na siedliskach Bśw i BMśw

Table 3. Amounts of trees (no./ha) from natural regrowth according to species and layers in the second (II) stand age group for both habitats (Bśw and BMśw)

TSL	Gatunek Species	Warstwa drzewostanu / Stand layer				ogółem / total	[%]
		N	PN	PW	DW		
Bśw	SO	1700	0	0	0	1700	71,7
	BRZ	400	50	10	0	460	19,4
	SW	100	10	0	0	110	4,6
	DB	0	100	0	0	100	4,2
	ogółem / total	2200	160	10	0	2370	100,0
BMśw	BRZ	1400	1040	20	0	2460	69,5
	DB	900	150	0	0	1050	29,7
	SO	0	20	0	0	20	0,6
	OS	0	10	0	0	10	0,3
	ogółem / total	2300	1220	20	0	3540	100,0

Oznaczenia jak w tabeli 1 i 2 / Explanations as in table 1 and 2

Tabela 4. Liczebność drzew [szt./ha] z odnowienia naturalnego wg gatunków i warstw w drzewostanach III klasy wieku na siedliskach Bśw i BMśw

Table 4. Amounts of trees [no./ha] from natural regrowth according to species and layers in the third (III) stand age group for both habitats (Bśw and BMśw).

TSL	Gatunek Species	Warstwa drzewostanu / Stand layer				ogółem / total	[%]
		N	PN	PW	DW		
Bśw	SO	5167	404	88	4	5663	70,1
	BRZ	375	904	138	75	1492	18,5
	DB	667	229	21	0	917	11,4
	SW	0	4	0	0	4	0,0
	ogółem / total	6209	1541	247	79	8076	100,0
BMśw	SO	2765	865	94	29	3753	45,2
	BRZ	176	1224	647	65	2112	25,4
	LP	588	112	265	76	1041	12,5
	DB	412	324	41	6	783	9,4
	KL	294	124	41	29	488	5,9
	SW	0	24	35	12	71	0,9
	WZ	0	47	0	0	47	0,6
	OS	0	12	0	0	12	0,1
ogółem / total	4235	2732	1123	217	8307	100,0	

Oznaczenia jak w tabeli 1 i 2 / Explanations as in table 1 and 2

Tabela 5. Liczebność drzew [szt./ha] z odnowienia naturalnego wg gatunków i warstw w drzewostanach IV klasy wieku na siedliskach Bśw i BMśw

Table 5. Amounts of trees [no./ha] from natural regrowth according to species and layers in the fourth (IV) stand age group for both habitats (Bśw and BMśw)

TSL	Gatunek Species	Warstwa drzewostanu / Stand layer					ogółem / total	[%]
		N	PN	PW	DW			
Bśw	SO	5833	200	8	58	6099	86,9	
	BRZ	83	317	108	25	533	7,6	
	DB	167	83	0	0	250	3,6	
	SW	0	25	42	67	134	1,9	
	ogółem / total	6083	625	158	150	7016	100,0	
BMśw	SO	1600	230	20	50	1900	39,9	
	BRZ	400	700	30	30	1160	24,4	
	DB	600	420	60	10	1090	22,9	
	LP	300	200	30	20	550	11,6	
	SW	0	10	40	0	50	1,1	
	KL	0	10	0	0	10	0,2	
	ogółem / total	2900	1570	180	110	4760	100,0	

Oznaczenia jak w tabeli 1 i 2 / Explanations as in table 1 and 2

Tabela 6. Liczebność drzew [szt./ha] z odnowienia naturalnego wg gatunków i warstw w drzewostanach V klasy wieku na siedliskach Bśw i BMśw

Table 6. Amounts of trees [no./ha] from natural regrowth according to species and layers in the fifth (V) stand age group for both habitats (Bśw and BMśw)

TSL	Gatunek Species	Warstwa drzewostanu / Stand layer					ogółem / total	[%]
		N	PN	PW	DW			
Bśw	SO	3900	760	260	60	4980	90,1	
	DB	300	80	0	0	380	6,9	
	BRZ	0	160	0	0	160	2,9	
	SW	0	0	0	10	10	0,2	
	ogółem / total	4200	1000	260	70	5530	100,0	
BMśw	SO	2100	90	120	60	2370	42,7	
	DB	800	550	50	20	1420	25,6	
	BRZ	100	750	190	60	1100	19,8	
	LP	200	40	40	30	310	5,6	
	OS	0	180	10	0	190	3,4	
	SW	100	20	10	30	160	2,9	
	ogółem / total	3300	1630	420	200	5550	100,0	

Oznaczenia jak w tabeli 1 i 2 / Explanations as in table 1 and 2

ście wysokim i dolnej warstwie udział sosny kształtował się na podobnym, wysokim poziomie, co udział brzozy. Udział dębu na siedlisku BMśw (25,6%) wyraźnie wzrósł w stosunku do Bśw (6,9%), chociaż wynikało to przede wszystkim z dużej liczebności w nalocie.

Stwierdzono istotne różnice pomiędzy liczebnością drzew z odnowienia naturalnego w warstwach pomiędzy Bśw a BMśw (test Manna-Whitneya): w III klasie w PN ($p=0,007$), PW ($p=0,001$), DW ($p=0,035$) oraz w V klasie wieku w DW ($p=0,031$).

W celu określenia istotności różnic w liczebności drzew z odnowienia naturalnego między klasami wieku, oddzielnie dla typów siedliskowych lasu i poszczególnych warstw, zastosowano test Kruskala-Wallisa. Stwierdzono istotne różnice na siedlisku Bśw tylko w warstwie N ($p=0,019$), pomiędzy I a III klasą wieku. Natomiast na BMśw stwierdzono istotne różnice w: PN ($p=0,013$) i PW ($p<0,001$) pomiędzy I a III, II a III klasą wieku, DW ($p<0,001$) pomiędzy I a V, II a V klasą wieku.

Suma wysokości drzew odnowienia naturalnego była wyższa na siedlisku BMśw niż Bśw w drzewostanach wszystkich

klas wieku (tab. 7). Największe różnice wystąpiły w pierwszych dwóch klasach wieku, a najmniejsze w IV i V klasie wieku. Największą średnią wartość sumy wysokości zarejestrowano w III klasie wieku na siedliskach Bśw (5496 m/ha) i BMśw (12 518 m/ha).

Stwierdzono istotne różnice sumy wysokości drzew w III klasie wieku (test Manna-Whitneya $U=94,00$; $p=0,004$) pomiędzy siedliskami Bśw a BMśw. W pozostałych klasach wieku różnice okazały się nieistotne.

Wiek drzewostanu nie wpływał na sumę wysokości drzew z odnowienia naturalnego na siedlisku Bśw. Natomiast istotne zróżnicowanie sumy wysokości drzew odnowienia naturalnego odnotowano na siedlisku BMśw (test Kruskala-Wallisa $H=23,79$; $p<0,001$) pomiędzy I a III klasą wieku ($p=0,001$) oraz pomiędzy II a III klasą wieku ($p=0,001$).

Na uwagę zasługuje ranga poszczególnych gatunków drzew z odnowienia naturalnego w tworzeniu młodego pokolenia określona sumą wysokości (tab. 7). Na obu siedliskach gatunkami dominującymi były sosna i brzoza. Na siedlisku Bśw rolę gatunku panującego pełniła sosna (48,4%), a brzoza współpanującego (38,4%). Z pozostałych gatunków jedynie

Tabela 7. Suma wysokości drzew [m/ha] z odnowienia naturalnego wg gatunków w klasach wieku drzewostanu na siedliskach Bśw i BMśw

Table 7. Total tree height [m/ha] by species from natural regrowth for different stand age groups and habitats (Bśw and BMśw)

TSL	Gatunek Species	Klasa wieku [m/ha] / Age class [m/ha]					ogółem / total	[%]
		I	II	III	IV	V		
Bśw	SO	13	340	2115	2033	3760	1710	48,4
	BRZ	467	205	2794	1258	240	1356	38,4
	DB	92	150	581	158	180	298	8,4
	SW	0	35	6	846	90	170	4,8
	ogółem / total	572	730	5496	4295	4270	3534	100,0
BMśw	BRZ	1360	1940	5688	1550	2635	3010	45,8
	SO	0	30	2585	1215	1695	1287	19,6
	LP	60	0	2297	690	570	917	14,0
	DB	340	405	826	1140	1415	825	12,6
	SW	115	0	318	215	370	218	3,3
	KL	0	0	715	15	0	216	3,3
	OS	60	15	18	0	320	75	1,1
	WZ	0	0	71	0	0	21	0,3
ogółem / total	1935	2390	12518	4825	7005	6568	100,0	

Oznaczenia jak w tabeli 1 / Explanations as in table 1

dąb pełnił rolę gatunku domieszkowego (8,4%). Natomiast na siedlisku BMśw – odwrotnie – brzoza (45,8%) wyraźnie panowała, a znaczenie sosny (19,6%) jako gatunku współpanującego zmalało. Wyraźnie zaznaczyła swoją obecność lipa (14,0%) wraz z dębem (12,6%). Znaczenie pozostałych gatunków (świerk, klon, osika, wiąz) okazało się znikome (3,3% i mniej).

Ocena jakości hodowlanej drzew z odnowienia naturalnego wskazała na wysoki udział I klasy (47,0%), mniejszy II klasy (43,2%) i znikomy III klasy (9,8%). Udział klas jakości hodowlanej sosny (I – 52,3%, II – 36,1%, III – 11,4%) i brzozy (I – 53,4%, 43,1%, 3,5%) kształtował się na poziomie nieco wyższym od średniego. Natomiast udział klas dębu (I – 26,1%, II – 53,8%, III – 20,1%) znacząco odbiegał od średnich wartości. Podobnie do dębu układał się udział klas klonu, osiki i wiązu w przeciwieństwie do świerka (I – 66,0%, 31,9%, III – 2,1%).

3.2. Drzewostan główny

Wartości czynnika zadrzewienia mieściły się w zakresie od 0,08 do 1,51 (średnio 0,83) dla obu badanych typów siedliskowych lasu. Średnie wartości zadrzewienia dla Bśw i BMśw były zbliżone i wynosiły odpowiednio 0,81 i 0,86 (tab. 8). Na uwagę zasługuje duży spadek omawianego czynnika w III klasie wieku na siedlisku BMśw – do poziomu 0,63 oraz obniżenie jego wartości na siedlisku Bśw w III i IV klasie wieku – odpowiednio 0,71 i 0,73.

Nie stwierdzono istotnych różnic w zadrzewieniu pomiędzy typami siedlisk (test U Manna-Whitneya $p > 0,05$).

Stwierdzono istotną korelację czynnika zadrzewienia z sumą wysokości drzew z odnowienia naturalnego (Spearman $R = -0,3622$; $p < 0,001$).

Na rycinie 1 przedstawiono zmiany w udziale gatunków drzewiastych z odnowienia naturalnego w zależności od wieku i typu siedliskowego lasu na tle chronosekwencji drzewostanu sosnowego.

3.3. Drzewostany do przebudowy

Na 20% powierzchni badawczych zarejestrowano drzewostany o zadrzewieniu $\leq 0,6$, które zdefiniowano jako drzewostany zaburzone i potencjalnie kwalifikujące się do

przebudowy. Ich wiek mieścił się w zakresie od 32 do 77 lat. Jednak najwięcej z nich (68,0%) należało do III klasy wieku. Większą liczbę takich drzewostanów odnotowano na siedlisku Bśw niż BMśw – odpowiednio 56,0% i 44,0%, a średni czynnik zadrzewienia kształtował się na poziomie 0,5 dla Bśw i 0,4 dla BMśw.

Suma wysokości drzew z odnowienia naturalnego w tej grupie drzewostanów mieściła się dla Bśw w zakresie od 0 m/ha (brak drzew) do 28 300 m/ha (średnio – 8450 m/ha) i dla BMśw od 5500 m/ha do 25 900 m/ha (średnio – 15 477 m/ha).

Owocniki *Heterobasidion annosum* stwierdzono na 40% powierzchni badawczych. Najczęściej występowały pojedynczo, rzadziej po 2 lub po 3 sztuki, sporadycznie w większej liczbie. Maksymalną liczbę 7 sztuk owocników odnotowano na jednej powierzchni zlokalizowanej w III klasie wieku drzewostanu na siedlisku Bśw.

4. Dyskusja

Wymierne straty powodowane przez hubę korzeni wskazują na jej szkodliwy charakter (Sierota 2001). Jednocześnie zamieranie drzew wywołane przez *H. annosum* stanowi początek spontanicznej przebudowy monokultur sosnowych, w drodze sukcesji naturalnej, w kierunku zbiorowisk bardziej dostosowanych do warunków siedliskowych. Warunkiem włączenia tych naturalnych procesów sukcesyjnych w obszar działań gospodarczych jest liczba i jakość drzew z odnowienia naturalnego oraz stan drzewostanu.

Do badań klasyfikowano drzewostany sosnowe na podstawie cechy gleby określonej jako porolna w „Operacie siedliskowym opracowanym dla Nadleśnictwa Wielbark” (OS 2010). Przyjęto założenie, że dopóki utrzymuje się porolny charakter gleby, ma to decydujące znaczenie dla rozwoju całego ekosystemu leśnego na danym siedlisku, bez względu na pokolenie drzewostanu. Jest to zgodne z koncepcją podziału lasów na „stare” i „wtórne” wprowadzonej i ugruntowanej w literaturze przez Peterkena (1977) i Rackhmana (1980), a w Polsce przez Dzwonko i Loster (2001).

Jakkolwiek objawy huby korzeni w drzewostanie zwykle mają charakter niespecyficzny, to dowodem na występowanie tego patogenu jest obecność owocników w szyi korzeniowej drzew i pniaków. Biorąc tę etiologiczną oznakę jako

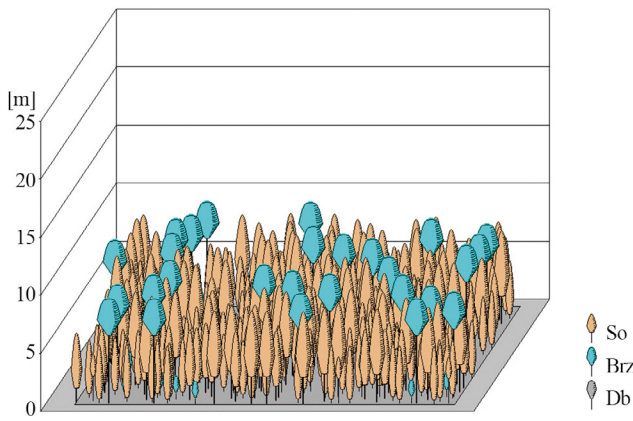
Tabela 8. Czynniki zadrzewienia w klasach wieku drzewostanu na siedliskach Bśw i BMśw

Table 8. Stocking index according to stand age classification and habitat (Bśw and BMśw)

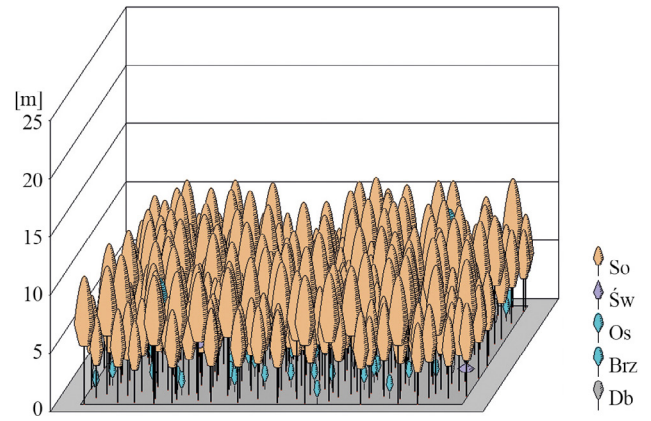
TSL	Klasa wieku / Age class					ogółem / total	SD
	I	II	III	IV	V		
Bśw	0,87	0,90	0,71	0,73	0,99	0,81	0,24
BMśw	0,90	0,97	0,63	0,91	1,04	0,86	0,30

Oznaczenia jak w tabeli 1 / Explanations as in table 1

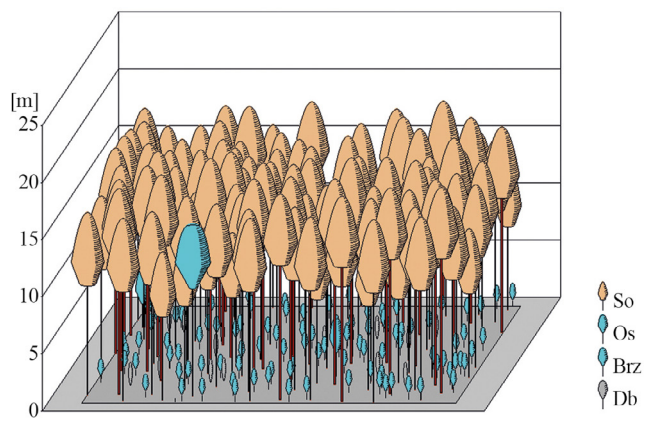
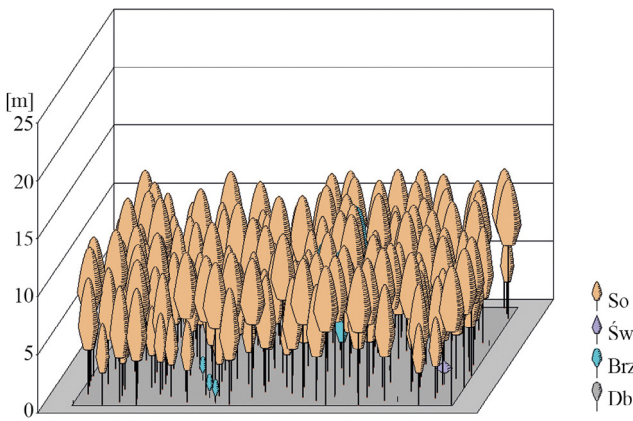
Bśw



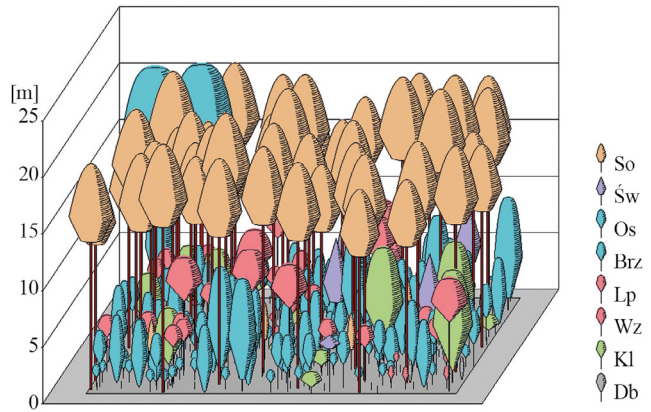
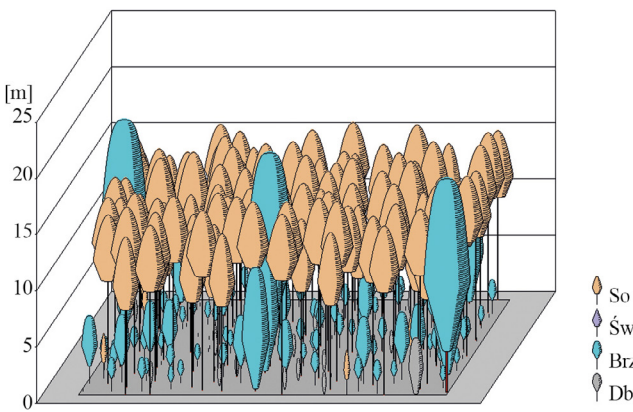
BMśw



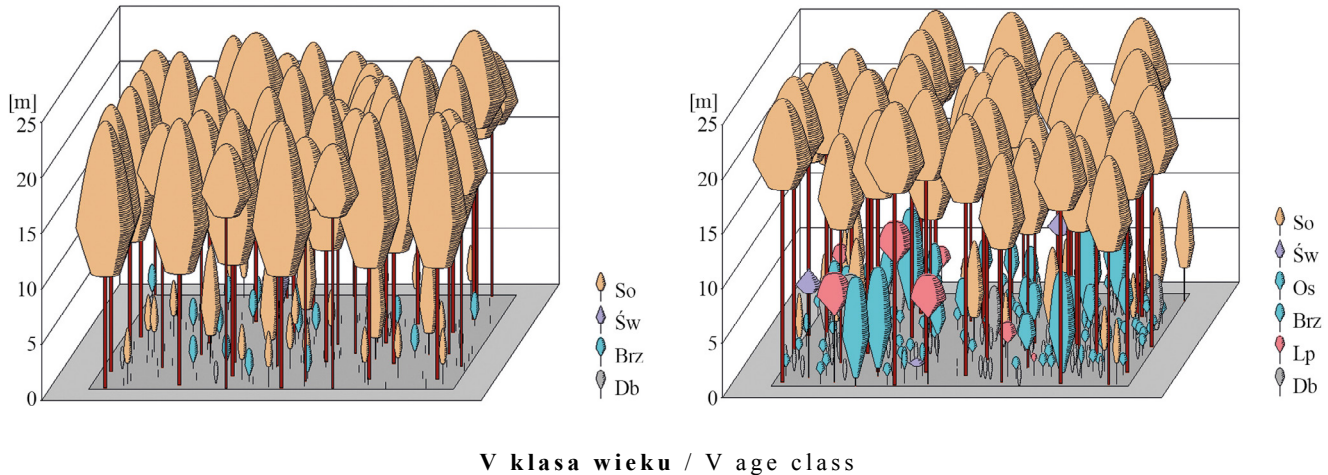
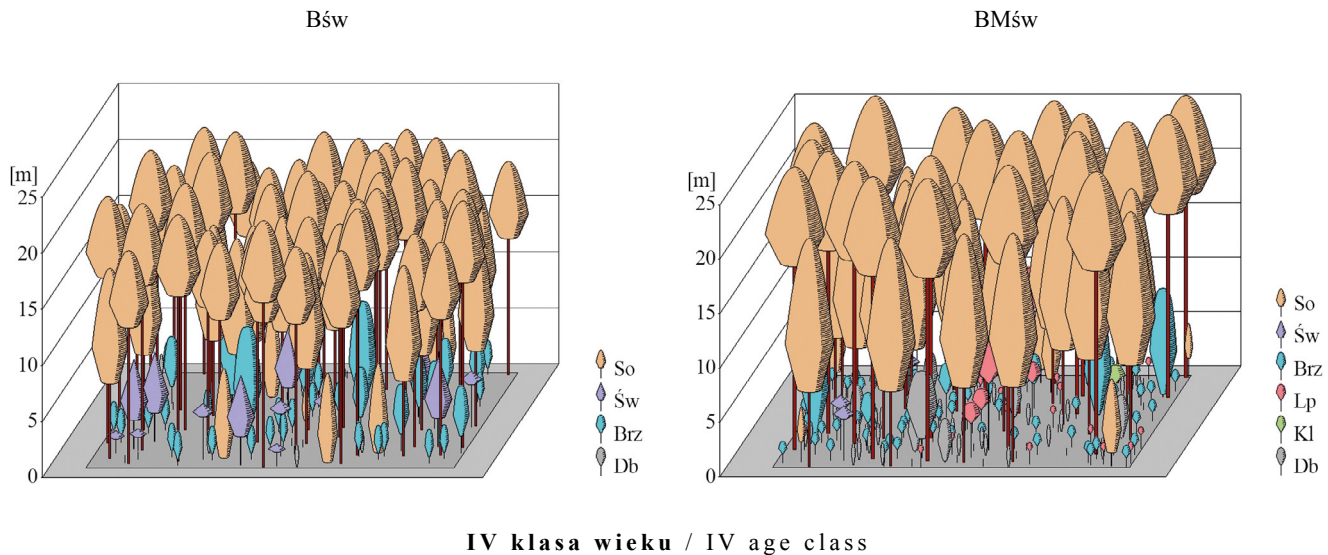
I klasa wieku / I age class



II klasa wieku / II age class



III klasa wieku / III age class



Rycina 1. Chronosekwencja rozwoju drzewostanu na siedlisku Bśw i BMśw w warunkach gruntu porolnego (oryg.)

Figure 1. Chronosequences of stand development for both habitats (Bśw – fresh coniferous forest, BMśw – fresh mixed coniferous forest) on post-agricultural land (orig.)

niezaprzeczalny objaw choroby, wykazano jej obecność na 40% powierzchni badawczych. Jak się wydaje, potwierdza to powszechność występowania huby korzeni w lasach Nadleśnictwa Wielbark.

Badane ekosystemy powstały przed laty w wyniku zalesień gruntów porolnych. Poprzez sztuczne nasadzenia sosny uruchomiony został proces sukcesji wtórnej „wymuszonej”, stymulujący rozwój siedliska i roślinności w kierunku zbiorowiska leśnego (Matuszkiewicz 2007b). W Nadleśnictwie Wielbark punktem odniesienia dla zbiorowisk na siedlisku Bśw jest zespół *Peucedano-Pinetum* W.Mat., a na siedlisku BMśw – *Quercu roboris-Pinetum* J.Mat. (Matuszkiewicz 2007a). Generalnie stwierdzono uproszczenia w strukturze pionowej i gatunkowej drzewostanów badanych zbiorowisk w stosunku do naturalnych wzorców, co można uznać za

przejaw monotypizacji, szczególnie widoczny na siedlisku BMśw (Ołaczek 1974).

Odnowienie naturalne drzew odnotowano we wszystkich trzech warstwach badanych ekosystemów. W runie leśnym rejestrowano nalot (N), w podszycie – podrost niski (PN) i wysoki (PW), a w drzewostanie – dolną warstwę (DW).

Szczegółowa analiza frekwencji, liczebności i sumy wysokości odnowień naturalnych na gruntach porolnych w Nadleśnictwie Wielbark wskazała na dominującą rolę sosny i brzozy w regeneracji ekosystemów leśnych. Do podobnych wniosków doszedł Buraczyk (2013) na podstawie badań nad wczesnymi fazami sukcesji wtórnej na gruntach porolnych. Potwierdzają to również wcześniejsze doniesienia o roli tych gatunków w kształtowaniu lasu na gruntach porolnych (Bernadzki, Kowalski 1983; Bernadzki 1990; Puchniarski 2000).

W przeciwieństwie do terenów porolnych, na których sukcesja wtórna przebiega spontanicznie – tworząc zróżnicowane układy roślinne (Faliński 1986) – tereny zalesione różnią się przede wszystkim strukturą zbiorowisk roślinnych. Gęsto posadzone drzewa już po kilkunastu latach skutecznie zacieniają warstwę roślin zielnych. W takich warunkach rosną jedynie drzewa gatunków o najszerszym spektrum ekologicznym. Trudno jest zakwalifikować spotkane tu fitocenozy do zespołu, związku czy klasy. Zanikają granice między zbiorowiskami występującymi w obniżeniach i wywyższeniach terenu. Nasadzenia są z reguły jednowiekowe, brak w nich wielowarstwowości w warstwie runa, krzewów i drzew. Różnogatunkowość opiera się niemal wyłącznie na posadzonych gatunkach docelowych leśnych zbiorowisk roślinnych (Matysiak 2007). W konsekwencji rozwój zbiorowisk ze sztucznych zalesień przebiega inaczej niż zbiorowisk rozwijających się spontanicznie. Do najważniejszych różnic należy zaliczyć przedwczesne wprowadzenie drzewostanu sosnowego, który hamuje rozwój biocenozy, utrudniając wkraczanie leśnych gatunków runa (Łaska 1997). Zaburza to proces kształtowania siedliska leśnego, a w dalszej perspektywie wpływa na predyspozycje chorobowe drzewostanu (Rykowski 1990).

Zamieranie drzew na skutek działania *H. annosum* prowadzi do powstania luk i przerzedzeń, a w dalszej kolejności do obfitego odnowienia naturalnego przede wszystkim gatunków drzewiastych będących wyrazem możliwości regeneracyjnych ekosystemu. Z uwagi na intensywniejszy przebieg zaburzeń (spadek zadrzewienia) na BMśw w stosunku do Bśw warunki rozwoju odnowienia naturalnego w III klasie wieku poprawiły się istotnie w stosunku do młodszych klas wieku oraz uwidoczniły się różnice pomiędzy Bśw a BMśw.

Badania ujawniły pełną przydatność hodowlaną drzew z odnowienia naturalnego. Ponadto ich liczebność daje podstawy do włączenia tych spontanicznych procesów regeneracyjnych do praktyki leśnej – pozwoliłoby to na realizację celów gospodarki leśnej (ZHL 2012). W drzewostanach zakwalifikowanych do przebudowy średnia suma wysokości drzew z odnowienia naturalnego oznacza wypełnienie przestrzeni, np. przez podrost niski, odpowiadający fazie kilkuletniej uprawy, w liczbie 5,6 tys. szt./ha na Bśw oraz w 10,3 tys. szt./ha na BMśw, natomiast w przypadku podrostu wysokiego, odpowiadającego fazie młodnika, w liczbie 1,7 tys. szt./ha na Bśw i 3,1 tys. szt./ha na BMśw.

Przyjęta cezura opisana czynnikiem zadrzewienia $\leq 0,6$, a zastosowana do kwalifikowania drzewostanów do przebudowy, nawiązuje do obowiązujących zasad gospodarki leśnej – dla takich drzewostanów nie planuje się zabiegów pielęgnacyjnych, a jedynie cięcia sanitarne (Szymański 1986). Jednocześnie wskazuje na stan drzewostanu, który powinien być główną przesłanką przy kwalifikacji do przebudowy, co jest zgodne z opinią wielu autorów na ten temat (Bernadzki 2006; Zajączkowski 2006; Rykowski 2010; Łukaszewicz, Zajączkowski 2016; Sierota 2016).

W tym kontekście huba korzeni, powodująca zaburzenia w ekosystemach na gruntach porolnych, uruchamia w nich procesy adaptacyjne prowadzące do kreowania struktur bardziej przystosowanych do warunków środowiska. W ten sposób przejawia się ich elastyczność rozumiana jako zdolność do absorbowania zmian (Holling 1973). Koresponduje to z opinią Bernadzkiego (2006), który wskazuje na możliwości racjonalizacji gospodarki leśnej w zakresie lepszego i pełniejszego wykorzystania naturalnych procesów zachodzących w ekosystemach leśnych. Chodzi tu przede wszystkim o naturalne procesy sukcesji wtórnej, które wyznaczają kierunek przebudowy nie tylko zaburzonych drzewostanów sosnowych, ale również całych ekosystemów. W tym sensie właściwszym terminem jest restytucja lub restauracja ekosystemu leśnego – *forest ecosystem restoration* (Wagner et al. 2000; Stanturf, Madsen 2002), ponieważ polski termin „przebudowa” odnosi się wyłącznie do drzewostanu (Rykowski 2010).

W świetle przeprowadzonych badań rysują się możliwości wykorzystania naturalnych odnowień sosny na siedlisku Bśw do kreowania drzewostanów sosnowych o złożonej strukturze w miejscach, gdzie trwałość lasu jest zagrożona. Jest to zgodne z opinią Andrzejczyka (2003, 2006) na temat celowości takich działań.

W Europie szersze zainteresowanie hodowlą różnowiekowych drzewostanów sosnowych jest widoczne w krajach skandynawskich, co wynika z dość powszechnego tam ich występowania, zwłaszcza w północnej Finlandii. Naturalnym czynnikiem sprzyjającym powstawaniu tam takich struktur są częste zaburzenia o małej skali (Lähde et al. 1999). Z kolei wieloletnie amerykańskie doświadczenia w prowadzeniu gospodarki przerębowej *Pinus taeda* L. i *Pinus echinata* Mill. wskazują na liczne zalety, zarówno ekonomiczne, jak i przyrodnicze, takiego sposobu gospodarowania (Baker et al. 1996).

W Polsce drzewostany sosnowe zbliżone do przerębowych spotykane są rzadko i to głównie w większych kompleksach drobnej własności na ubogich siedliskach borowych (Andrzejczyk 2003). Wynika to z faktu, że zrębowy sposób zagospodarowania doskonale nadaje się do hodowli sosny zwyczajnej. Niemniej jednak należy pamiętać, że prowadzi to do powstania dużych jednorodnych drzewostanów, co jest sprzeczne z zasadą półnaturalnej hodowli lasu (Bernadzki 1996, 2000). Z pewnością na taki stan rzeczy miały również wpływ nieudane próby wprowadzenia „gospodarki bezzrębowej” w okresie powojennym (Bernadzki 2011; Zajączkowski 2011).

Warto w tym miejscu odwołać się do idei lasu trwałego Alfreda Möllera i doświadczenia w Bärenthoren mogącego stanowić inspirację w gospodarowaniu drzewostanami sosnowymi w sytuacji zagrożenia ich trwałości (Helliwell 1997; Greger 2010), bowiem zachowanie trwałości lasu na gruntach porolnych w Nadleśnictwie Wielbark może być lokalnie trudne ze względu na zaburzenia powodowane przez *H. annosum*.

Z kolei duża ranga brzozy na BMśw stwarza okazję do przekształcania zaburzonych drzewostanów sosnowych w kierunku bardziej złożonych struktur odpowiadających borom mieszanym. Bez wątplenia takie działania przyczyniłyby się do poprawy stabilności ekologicznej badanych ekosystemów (Jaworski 2011). W tym procesie dąb może odegrać ważną rolę z uwagi na powszechne występowanie oraz zdolność do znoszenia ocienienia (Paluch 2012). Pozwala to przypuszczać, że na siedlisku BMśw, w dłuższej perspektywie, dąb może zastąpić brzozę. Jednak ważne są tu odpowiednio ukierunkowane zabiegi hodowlane uwzględniające procesy sukcesyjne (Bielak 2010).

W Europie, szczególnie w obszarze leśnictwa niemieckiego, przez wiele dziesięcioleci brzozę traktowano jako swego rodzaju chwast leśny i systematycznie tępiono. Jednak z czasem postrzeganie tego gatunku uległo zmianie, przede wszystkim w zakresie wpływu brzozy na gatunki drzew sąsiadujących (Sokołowski 1924; Newelski 1935; Zarzycki 1979). Poza tym uznano jej wartość w kształtowaniu ekosystemów leśnych na gruntach porolnych oraz zalety drewna brzoźowego (Bernadzki, Kowalski 1983). Współcześnie w Polsce brzoza zyskuje należne jej miejsce przede wszystkim jako gatunek domieszkowy oraz przedplonowy (ZHL 2012), a doniesienia z jednej z ostatnich narad hodowlanych LP potwierdzają przychylne nastawienie do tego gatunku (Drabarczyk 2016).

Pojawia się coraz więcej poglądów o celowości szerszego wykorzystania drzew pionierskich, które z racji dużej amplitudy ekologicznej lepiej dostosowują się do zmieniających się warunków siedliskowych. Liczne przykłady wykorzystania tych gatunków w przebudowie drzewostanów prowadzonej na dużych obszarach, gdzie wystąpiły wielkopowierzchniowe klęski spowodowane przez wiatr, śnieg, gradację szkodliwych owadów, opisuje Puchniarski (2002). Z kolei badania Palucha i Bielaka (2009) w 80–90-letnich drzewostanach, powstałych w wyniku spontanicznych procesów regeneracyjnych w Puszczy Białowieskiej, dowodzą celowości szerszego wykorzystania naturalnych procesów sukcesyjnych w praktyce leśnej.

5. Podsumowanie i wnioski

Huba korzeni powodowana przez *H. annosum* stanowi początek spontanicznej przebudowy ekosystemów leśnych na gruntach porolnych w kierunku zbiorowisk bardziej dostosowanych do warunków siedliskowych.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na duże możliwości i celowość wykorzystania naturalnych procesów sukcesyjnych do przebudowy uszkodzonych drzewostanów przez ten groźny patogen, co jest uzasadnione zarówno względami przyrodniczymi, jak i ekonomicznymi. Przebudowę takich drzewostanów należy prowadzić w ramach trzebieży przekształceniowej, polegającej na stopniowej regulacji składu gatunkowego za pomocą cięć jednostkowych

i grupowych odsłaniających kępy podrostu, przy równoczesnym uwzględnieniu potrzeb pielęgnacyjnych młodego pokolenia drzew z odnowienia naturalnego.

Konflikt interesów

Autor deklaruje brak potencjalnych konfliktów.

Podziękowanie

Badania wykonano w ramach rozprawy doktorskiej w Instytucie Badawczym Leśnictwa pod kierunkiem prof. dr hab. Doroty Dobrowolskiej.

Literatura

- Andrzejczyk T. 2003. Różnowiekowe drzewostany sosnowe: powstanie, struktura, hodowla. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 140 s. ISBN 83-7244-472-2.
- Andrzejczyk T. 2006. Rębnia przerębowa w drzewostanach sosnowych. *Sylwan* 150(8): 52–60. DOI 10.26202/sylvan.2005142.
- Baker J.B., Cain M.D., Guldin J.M., Murphy P.A., Shelton M.G. 1996. Uneven-aged silviculture for the loblolly and shortleaf pine forest cover types. USDA For. Serv., South. For. Exp. Sta., Asheville, NC. Gen. Tech. Rep. SO-118, 65 s.
- Bernadzki E., Kowalski M. 1983. Brzoza na gruntach porolnych. *Sylwan* 127(12): 33–42.
- Bernadzki E. 1990. Koncepcje hodowli lasu na gruntach porolnych. *Sylwan* 134(3–12): 51–59.
- Bernadzki E. 1996. Kształtowanie drzewostanów sosnowych. *Sylwan* 140(9): 21–32.
- Bernadzki E. 2006. Cele hodowlane i ich realizacja w przebudowie drzewostanów. *Sylwan* 150(12): 3–11. DOI 10.26202/sylvan.2006022.
- Bernadzki E. 2011. Od uprawy do hodowli lasu. 250 lat sporu o kształtowanie lasu, w: R. Paluch (red.) Półnaturalna hodowla lasu – przeszłość, teraźniejszość i przyszłość. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 160 s. ISBN 978-83-62830-04-6.
- Bielak K. 2010. Struktura i rozwój drzewostanów mieszanych z udziałem dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) na przykładzie zagospodarowanej części Puszczy Białowieskiej. Praca doktorska. SGGW, Warszawa.
- Buraczyk W. 2013. Struktura i wartość hodowlana samosiewów gatunków drzewiastych w początkowej fazie sukcesji wtórnej na gruntach porolnych niżowej części Polski. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 151 s. ISBN 978-83-7583-496-3.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T., Dudek A., Michalak K., Wróblewski L., Zasada M. 2000. Wzory empiryczne do określania wysokości i pierśnicowej liczby kształtu grubizny drzewa. *Sylwan* 144(10): 5–13.
- Drabarczyk J. 2016. Narada hodowlana z pokłonem dla brzozy. *Głos Lasu* 5(547): 12–13.
- Dzwonko Z., Loster S. 2001. Wskaźnikowe gatunki roślin starych lasów i ich znaczenie dla ochrony przyrody i kartografii roślinności. Typologia zbiorowisk i kartografia roślinności w Polsce

- rozważania nad stanem współczesnym. *Prace Geograficzne* 178: 119–132.
- Dzwonko Z. 2015. Rośliny runa wskaźnikami pochodzenia i przemian lasów. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie* 42(1): 27–37.
- Faliński J.B. 1986. Sukcesja roślinności na nieużytkach porolnych jako przejaw dynamiki ekosystemu wyzwolonego spod długotrwałej presji antropogenicznej. Część 1 i 2. *Wiadomości Botaniczne* 30.1: 12–50; 30.2: 115–126.
- Gorzela A. 1999. Zalesianie terenów porolnych. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa, 174 s. ISBN 83-87647-08-X.
- Greger O. 2010. Die praktische Bedeutung der Organismusidee Möllers als Basis des Dauerwaldgedankens. Waldökologische Gedanken anlässlich des 150. Geburtstages von Forstdirektor Professor Alfred Möller. *Archiv f. Forstwesen u. Landsch.ökol.* 44(2): 72–80.
- Helliwell D.R. 1997. Dauerwald. *Forestry* 70(4): 375–379.
- Holling C.S. 1973. Resilience and stability of ecological ecosystem. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 1–23.
- Hościło A., Mirończuk A., Lewandowska A. 2016. Inwentaryzacja rzeczywistej powierzchni lasów w Polsce na podstawie dostępnych danych przestrzennych. *Sylwan* 160(8): 627–634. DOI 10.26202/sylwan.2016067.
- Jaworski A. 2011. Hodowla lasu. Tom I. Sposoby zagospodarowania, odnowienie lasu, przebudowa i przemiana drzewostanów. PWRiL, Warszawa. ISBN 978-83-09-011075-3.
- KPZL 2003. Krajowy Program Zwiększania Lesistości – dokument przyjęty do realizacji uchwałą Rady Ministrów w czerwcu 1995 roku, zaktualizowany w 2003 roku przez Ministerstwo Środowiska. Warszawa.
- Lähde E., Laiho O., Norokorpi Y. 1999. Diversity-oriented silviculture in the Boreal Zone of Europe. *Forest Ecology and Management* 118: 223–243.
- Łaska G. 1997. Kształtowanie się leśnych zbiorowisk zastępczych na obszarach użytkowanych rolniczo. *Przegląd Przyrodniczy* 8(1/2): 77–86.
- Lukaszewicz J., Zajączkowski J. 2016. Przebudowa drzewostanów – aspekty przyrodnicze i hodowlane – za i przeciw. *Postępy Techniki w Leśnictwie* 133: 23–34.
- Matuszkiewicz J.M. 2007a. Zespoły leśne Polski. PWN, Warszawa, 357 s. ISBN 978-83-01-14555-2.
- Matuszkiewicz J.M. 2007b. Ewolucja zbiorowisk borów suchych i świeżych na gruntach porolnych w Nadleśnictwie Wielbark, w: Matuszkiewicz J.M. (red.) Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk roślinnych w wybranych regionach Polski. Monografie PAN. Warszawa, 143–164. ISBN 978-83-87954-78-0.
- Matuszkiewicz J.M., Solon J., Kowalska A., Wolski J., Affek A., Degórski M., Grabińska B., Kozłowska A., Plit J., Pawlicki R.W. 2017. Historyczne zmiany pokrywy leśnej na pograniczu mazursko-kurpiowskim w aspekcie rozwoju zrównoważonego krajobrazu. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN. *Prace Geograficzne* 259. Warszawa, 402 s. ISBN 978-83-61590-66-8.
- Matysiak A. 2007. Porównanie roślinności terenów porolnych zalesionych i pozostawionych naturalnej sukcesji w Kampinoskim Parku Narodowym. *Przegląd Przyrodniczy* 18(1–2): 109–191.
- Nagel J. 1999. Konzeptionelle Überlegungen zum schrittweisen Aufbau eines waldwachstumskundlichen Simulationssystems für Nordwestdeutschland. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Nieders. Forstl. Versuchsanstalt. Band 128, Frankfurt a. M., J.D. Sauerländer's Verlag, 122 s.
- Newelski T. 1935. Brzoza w praktyce leśnej. *Sylwan* 53(3): 120–126.
- Olaczek R. 1974. Kierunki degeneracji fitocenoz leśnych i metody ich badania. *Phytocoenosis* 3(3/4): 179–190.
- OS 2010. Operat siedliskowy. Część I Elaborat. Dokumentacja Nadleśnictwa Wielbark.
- PUL 2011. Plan Urządzenia Lasu dla Nadleśnictwa Wielbark na okres od 01.01.2011 do 31.12.2020 r. Część I Elaborat. Dokumentacja Nadleśnictwa Wielbark.
- Pałuch R., Bielak K. 2009. Przebudowa drzewostanów z wykorzystaniem naturalnych procesów sukcesyjnych w Puszczy Białowieskiej. *Leśne Prace Badawcze* 70(4): 339–354. DOI 10.2478/v10111-009-0032-z.
- Pałuch R. 2012. Dolne warstwy dębów (*Quercus robur* L., *Q. petraea* Liebl.) w drzewostanach sosnowych w północno-wschodniej Polsce – występowania, wzrost, rozwój i gospodarcze wykorzystanie. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 152 s. ISBN 978-83-62830-09-1.
- Peterken G. 1977. Habitat conservation priorities in British and European woodlands. *Biological Conservation* 11: 223–236.
- Puchniarski T. 2000. Zalesienia porolne. Krajowy program zwiększenia lesistości – poradnik od A do Z. PWRiL, Warszawa, 236 s. ISBN 83-09-01720-0.
- Puchniarski T. 2002. Przebudowa drzewostanów. Warszawa, PWRiL. ISBN 83-09-01752-9.
- Rackham O. 1980. Ancient woodland, its history, vegetation and uses in England. Edward Arnold. London: 1–406.
- Raport 2018. Raport o stanie lasów w Polsce 2018. CILP, Warszawa, 118 s.
- Rykowski K. 1990. Problem ochrony lasu na gruntach porolnych. *Sylwan* 134(3–12): 75–88.
- Rykowski K. 2010. O przebudowie drzewostanów z różnorodnością biologiczną w tle. *Sylwan* 154(4): 219–233.
- Sierota Z. 1996. Zagrożenie drzewostanów na gruntach porolnych przez patogeny grzybowe. *Sylwan* 140(12): 5–15.
- Sierota Z. 2001. Efficiency of *Phebiopsis gigantea* in PglBL preparation to control the root rot disease in threatened Scots pine stands in the last decade 2000. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Biological Sciences* 49(3): 197–202.
- Sierota Z. 2016. Uwarunkowania przebudowy drzewostanów na gruntach porolnych z punktu widzenia fitopatologii. *Postępy Techniki w Leśnictwie* 133: 14–18.
- Smykała J. 1990. Historia, rozmiar, i rozmieszczenie zalesień gruntów porolnych w Polsce w latach 1945–1987. *Sylwan* 134 (3–12): 1–7.
- Sokołowski S. 1921. Hodowla lasu. Nakładem Księgarni Polskiej Bernarda Połanieckiego, Lwów i Warszawa.
- Stanturf J.A., Madsen P. 2002. Restoration concept for temperate and boreal forest of North America and Western Europe. *Plant Biosystem* 136(2): 143–158.
- StatSoft, Inc. (2011). Statistica (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com [12.12.2020].
- Szymkiewicz B. 1986. Tablice zasobności i przyrostu drzewostanów ważniejszych gatunków drzew leśnych zestawione na podstawie tablic niemieckich, radzieckich i polskich. PWRiL, Warszawa. ISBN 83-09-01745-6.
- Tomanek J. 1994. Botanika leśna. PWRiL, Warszawa. ISBN 83-09-01819-3.

- Wagner M.R., Block W.M., Geils B.W., Wenger K.F. 2000. Restoration ecology, a new management paradigm, or another merit badge for forest? *Journal of Forestry* 98: 22–27.
- Zajączkowski J. 2006. Hodowlane kryteria kwalifikowania drzewostanów do przebudowy. *Sylvan* 150(12): 27–32. DOI 10.26202/sylvan.2006019.
- Zajączkowski J. 2011. Idee i ideologie w hodowli lasu, w: Paluch R. (red.) Półnaturalna hodowla lasu – przeszłość, terażniejszość i przyszłość. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 41–54. ISBN 978-83-62830-04-6.
- Zarzycki K. 1979. Zarys ekologii, w: Białobok S. (red.) Brzozy *Betula L.* Instytut Dendrologii PAN w Kórniku, 265–291. PWN, Warszawa – Poznań.
- ZHL 2012. Zasady hodowli lasu. CILP, Warszawa, 72 s. ISBN 978-83-61633-65-5.