

Budowa i struktura górnoreglowych borów świerkowych [*Picea abies* (L.) H. Karst] o charakterze pierwotnym w dolinach Jarząbczej i Pyszniańskiej (Tatrzański Park Narodowy)

Inventory and stage structure of two upper subalpine primary spruce [*Picea abies* (L.) H. Karst] forests in the Jarząbcza and Pyszniańska valleys (Tatra National Park)

Jan Karczmarski¹✉, Celina Bryniarska²

¹Katedra Szczegółowej Hodowli Lasu Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, al. 29 Listopada 46, 31–425 Kraków;

²Tatrzański Park Narodowy, ul. Chałubińskiego 42a, 34–500 Zakopane

✉ e-mail : j.karczmarski@ur.krakow.pl

Abstract. The paper discusses two upper subalpine primary spruce [*Picea abies* (L.) H. Karst] stands (permanent research plots), at an altitude of 1390–1450 m above sea level, in the Pyszniańska and Jarząbcza valleys of the Western Tatras (Tatra National Park).

In 2006, the diameter at breast height (DBH) and height of living and dead trees were measured in these stands. Assessments were made of the length of crowns, according to IUFRO classification, and the trees' developmental cohort (following Řehák 1964). Trunk length and mid-point diameter were measured from fallen dead trees and the degree of wood decomposition was recorded according to a three-stage classification index. Transects were established covering a specified number of regenerations, and a vertical and horizontal plan of stand structure was made. Volume of the studied stands was 479 m³ ha⁻¹ on the sample plots in Jarząbcza and 453 m³ ha⁻¹ in Pyszna, and number of living trees ha⁻¹ was 338 and 284, respectively. In the two stands, the largest spruces reached a DBH of 110 and 90 cm and height of 26.5 and 31.5 m, respectively. The DBH of living trees followed a unimodal and gamma distribution. Total volume of necromass on the sample plot was about 27 m³ ha⁻¹ in Jarząbcza and 157 m³ ha⁻¹ in Pyszna. The standing dead wood intensity secretion index (volume of necromass / living trees ha⁻¹) was about 0.05 in Jarząbcza and 0.35 in Pyszna. In the Jarząbcza plot, the stand had a simple almost-one-storey structure (with 73% in the top layer), whereas the Pyszna stand had a complex structure, with slight predominance of the upper layer (56%). Regeneration in both studied stands was dominated by *Sorbus aucuparia* L. (about 2.7–6.5 thousand trees ha⁻¹) with the occasional occurrence of undergrowth of *Picea abies* (6–8 trees ha⁻¹). The study plots' specific characters indicate that the stand in Jarząbcza is at its optimal developmental stage, whereas in Pyszna the stand has reached the first stage of decay.

Key words: *Picea abies*, Tatra mountains, primeval forest, stand volume, diameter structure, stand layers, stage and phase of development

1. Wstęp i cel pracy

Tatrzańskie górnoreglowe bory świerkowe zostały silnie przekształcone przez działalność człowieka, związaną z eksploatacją surowców mineralnych (Mirek 1996 a, b), pozyskiwaniem drewna na potrzeby funkcjonującego niegdyś na tym terenie przemysłu (Fabijanowski 1962) oraz z intensywną gospodarką pasterską (Fabijanowski et Dziewolski 1996; Mirek 1996 a, b). Już na początku XVI wieku na zboczach Ornaku (w niedalekim sąsiedztwie powierzchni Pyszna) istniały

sztolnie (Fabijanowski et Dziewolski 1996), a działalność górniczą prowadzono później także w Dolinach Starorobociańskiej i Chochołowskiej. Na skutek działalności pasterskiej obniżona została górna granica lasu, a przegon i wypas trzody oraz pozyskanie drewna na budulec i opał mogły wywierać bezpośredni wpływ na stan tutejszych świerczyn (Fabijanowski 1962).

W tatrzańskim górnym reglu, według Mirka (1996b), charakter pierwotny lub zbliżony do pierwotnego ma nie więcej niż około 27% drzewostanów. Zlokalizowane są one w miejscach trudniej dostępnych, najczęściej w

poblizu górnej granicy lasu oraz na zboczach o dużym nachyleniu.

W polskich Tatrach Zachodnich zachowało się piętnaście niewielkich enklaw rodzimego górnoreglowego boru świerkowego (Myczkowski et al. 1975). We fragmentach tych stopień wpływu człowieka na las jest różny, od silnie przekształconych przez cięcia borów w Dolinach Suchej Kasprowej czy Tomanowej, aż po najlepiej zachowane fragmenty w uroczyskach na zboczach Kamienistej i Ornaku w Dolinie Kościeliskiej i na zboczach Jarząbczego i Czerwonego Wierchu w Dolinie Jarząbczej (Myczkowski et al. 1975). Jednak tylko niektóre z nich (pomimo swojej rodzimości) mają charakter zbliżony do pierwotnego i nie wykazują śladów użytkowania.

W takich fragmentach górnego regla od lat 1990–91 prowadzone są w Tatrach obserwacje drzewostanów na stałych powierzchniach badawczych założonych przez Katedrę Szczegółowej Hodowli Lasu Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (Karczmarski 1995, 1999, 2005, 2007; Karczmarski et Zygarowicz 2007).

W 2006 roku obserwacjami objęto najlepiej zachowane fragmenty drzewostanów w dolinach Jarząbczej i Pyszniańskiej w Tatrach Zachodnich (Bryniarska 2008), położone w strefie luźnego boru, w poblizu częściowo obniżonej w tych miejscach górnej granicy lasu (Fabijanowski 1962; Myczkowski et al. 1975). Fragmenty te znajdują się wewnątrz enklaw rodzimego świerka tatrzańskiego, w uroczysku Dolinka Babie Nogi na zboczach Kamienistej w Dolinie Pyszniańskiej i uroczysku Kopieniec / Przykra Kopa w Dolinie Jarząbczej. Przez ostatnie prawie 70 lat procesy rozwojowe w tych drzewostanach nie były zakłócanie przez bezpośrednią działalność człowieka dzięki objęciu badanych drzewostanów ochroną ścisłą.

Celem niniejszej pracy było określenie stanu początkowego w długookresowych badaniach dynamiki świerczyn górnoreglowych (Karczmarski 2007; Karczmarski et Kowalczyk 2007; Karczmarski et Zygarowicz 2007), w tym struktury i budowy badanych drzewostanów, poznanie ich zasobności oraz określenie stadiów i faz rozwojowych, w naturalnym cyklu rozwojowym borów pierwotnych według Korpela (1989).

2. Metodyka

Badania były prowadzone na dwóch stałych powierzchniach badawczych o wielkości 0,25 ha (Pyszna) i 0,50 ha (Jarząbcza), o wymiarach odpowiednio 50×50 m i 74×67,5 m. Trwale oznaczono granice powierzchni badawczych oraz miejsca pomiaru pierśnic drzew. Prace terenowe przeprowadzono latem i jesienią 2006 roku.

Zmierzono pierśnicę wszystkich drzew żywych i martwych drzew stojących (o grubości od 2 cm) oraz ich wysokość (wysokościomierzem Vertex). Ponadto w przypadku drzew żywych pomierzono długość korony, wykonano klasyfikację IUFRO i oceniono przynależność drzewa do generacji rozwojowych według Řehaka (1964). W przypadku drzew leżących zmierzono ich długość oraz średnicę w połowie długości, wykonano także trzostopniową klasyfikację stopnia rozkładu drewna (klasa A – drewno świeże, nie rozłożone, klasa B – drewno częściowo rozłożone, klasa C – drewno silnie rozłożone, nie można rozpoznać gatunku).

Na obu powierzchniach założono transekty o wymiarach 10×50 m (Pyszna) i 10×74 m (Jarząbcza), na których określono liczebność odnowień (nalotów i podrostów do 2 cm pierśnicy) w wyróżnionych klasach oraz wykonano profil pionowy i rzut poziomy drzewostanu.

Zasobność drzewostanów obliczono jako sumę miąższości pojedynczych drzew, wykorzystując tablice miąższości drzew stojących Grundnera-Schwappacha (1952). Bonitację wzrostową określono metodą Flury'ego, opracowaną dla drzewostanów wielowiekowych i różnopiętrowych (Assmann 1968).

Parametry statystyczne pierśnic i wysokości drzew obliczono zgodnie z wcześniej stosowaną metodyką (Karczmarski 1995, 2007; Karczmarski et Zygarowicz 2007; Karczmarski et Kowalczyk 2007). Określono także typ rozkładu pierśnic według Pearsona, a w celu dokładniejszego dopasowania rozkładu pierśnic drzew żywych do rozkładu teoretycznego, na podstawie danych empirycznych obliczono funkcję gęstości rozkładów: normalnego, logarytmiczno-normalnego, χ^2 , Weibulla, gamma i wykładniczego (Liocourta-Meyera), zgodnie z metodyką opisaną przez Karczmarskiego (2005).

Stadia i fazy rozwojowe (w cyklu rozwojowym lasu o charakterze pierwotnym) wyróżniono według kryteriów proponowanych przez Korpela (1989).

3. Charakterystyka powierzchni badawczych

Powierzchnia Jarząbcza położona jest w oddziale 313 f obwodu ochronnego Chochołowska (tab. 1), na północnych zboczach Kopienca pod Jarząbczą Przełęczą, na wysokości około 1430–1450 m n.p.m. Powierzchnia Pyszna zlokalizowana jest natomiast w oddziale 267 f obwodu ochronnego Kościeliska (tab. 1), w dolnej części masywu Kamienistej na zboczu o wystawie zachodniej, na wysokości około 1390–1420 m n.p.m. (Bryniarska 2008).

Tabela 1. Lokalizacja powierzchni badawczych i ich charakterystyka siedliskowo-drzewostanowa

Table 1. Location of the sample plots and their site and stand characteristics

Nazwa powierzchni Name of sample plot	Jarząbcza	Pyszna
Obwód ochronny Protection range	Dolina Chochołowska	Dolina Kościeliska
Oddział Compartment)	313 f	267 f
Wysokość n.p.m. Altitude (m a.s.l.)	1430-1450	1390-1420
Ekspozycja Exposure	N-NE	W
Nachylenie Slope	15°-25°	20°-30°
Gleba Soil	bielice próchniczne skeleti-haptic podzol	bielice próchniczne i rankery bielcowe skeleti haptic podzol / albic leptosol
Zespół leśny Plant association	górnoreglowy bór świerkowy <i>Plagiothecio-Piceetum tatricum</i>	
Siedliskowy typ lasu Forest habitat type	bór wysokogórski high mountain coniferous forest	
Struktura wieku drzewostanu Structure of stand age	kilkugeneracyjna few-generation	
Stadium i faza rozwojowa wg Korpela (1989) Stage and phase of development acc. to Korpel (1989)	stadium optymalne, początek fazy starzenia optimum stage, beginning of ageing phase	stadium rozpadu, faza starzenia/przerębowa desintegration stage, ageing/selection phase

Obie powierzchnie znajdują się w obszarze występowania gleb bielcowych (bielice próchniczne), na powierzchni Jarząbcza także z niewielkim udziałem rankerów bielcowych (tab. 1). Gleby te wykształciły się na podłożu zbudowanym ze skał metamorficznych, przede wszystkim gnejsów i łupków krystalicznych, a w Dolinie Pysznej także z piaskowców kwarcytowych (Klimaszewski 1996; Passendorfer 1996; Komornicki et Skiba 1996; Skiba 2005).

Warunki klimatyczne dla wyższej części regla górnego, w jakim zlokalizowane są powierzchnie badawcze, odpowiadają klimatowi chłodnemu, ze średnią roczną temperaturą powietrza wynoszącą nieco poniżej +2°C, roczną sumą opadów około 1600 mm, pokrywają śnieżną utrzymującą się przez 180 dni w roku i zimą trwającą 155 dni (Hess 1996; Siarzewski 2005).

Pod względem fitosocjologicznym w obu drzewostanach zdecydowanie dominują płaty podzespołu paprociowego *Plagiothecio-Piceetum tatricum athyrietosum*. Obie powierzchnie reprezentują typ siedliskowy bór wysokogórski (tab. 1).

4. Wyniki

Skład gatunkowy, pole powierzchni przekroju pierśnicowego oraz miąższość drzew żywych i martwych

Obydwa badane drzewostany to jednogatunkowe świerczyny. Liczebność drzew żywych o pierśnicy > 7 cm wynosiła od 284 szt./ha w Dolinie Pysznej do 338 szt./ha w Jarząbczej. Powierzchnia przekroju pierśnicowego żywych świerków osiągnęła odpowiednio około 42,7 i 51,5 m²/ha, a zasobność około 453 i 479 m³/ha (tab. 2).

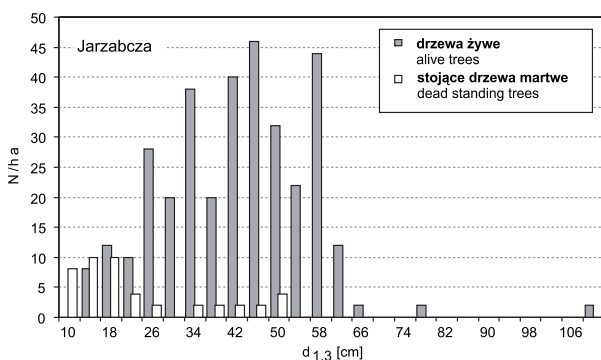
Na powierzchni Jarząbcza wśród drzew żywych liczebnie dominowały świerki ze stopni grubości 34–58 cm (ponad 50% ogólnej liczby żywych drzew) (ryc. 1). W przypadku drzew żywych aż 90% ich liczby, około 93% pola przekroju pierśnicowego oraz ponad 95% zasobności drzewostanu przypadało na drzewa o pierśnicy większej od 24 cm. Na powierzchni Pyszna licznie reprezentowane były drzewa stopni grubości 10–58 cm (około 90% liczby żywych drzew) (ryc. 2).

Liczebność martwych drzew stojących (pierśnica ≥ 7 cm) na powierzchniach Jarząbcza i Pyszna wynosiła odpowiednio 46 i 64 szt./ha, ich powierzchnia przekroju pierśnicowego około 2,5 i 13 m²/ha, a miąższość około 17 i 116 m³/ha (tab. 2).

Na obu powierzchniach dominował liczebnie posusz cienki (7–24 cm), stanowiący około 62–69% ogólnej liczby martwych drzew w tych klasach grubości. Na powierzchni w Dolinie Pysznej znaczna była także liczba stojących drzew martwych o pierśnicy przekraczającej 72 cm – 16 szt./ha, co stanowiło 25% całkowitej ich liczebności. W Dolinie Jarząbczej nie stwierdzono posuszu o pierśnicy przekraczającej 52 cm (ryc. 1, 2).

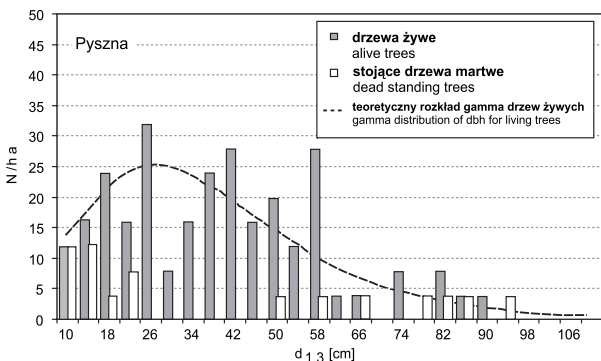
Pod względem pola przekroju pierśnicowego, na powierzchni Jarząbcza wśród posuszu stojącego dominowały drzewa o grubości 36–52 cm (około 64%), a na powierzchni Pyszna o pierśnicy powyżej 72 cm (około 69%). Pod względem miąższości, wśród posuszu na obu powierzchniach dominowały drzewa o pierśnicy powyżej 52 cm (po około 70%).

Miąższość martwych drzew leżących wynosiła w badanych drzewostanach nieco ponad 10 m³/ha na powierzchni Jarząbcza i około 41 m³/ha na powierzchni Pyszna (tab. 2).



Rycina 1. Rozkład pierśnic świerka (drzewa żywe i posusz stojący) na powierzchni Jarząbcza

Figure 1. Distribution of spruce DBH (alive and dead standing trees) on Jarząbcza sample plot



Rycina 2. Rozkład pierśnic świerka (drzewa żywe i posusz stojący) na powierzchni Pyszna

Figure 1. Distribution of spruce DBH (alive and dead standing trees) on Pyszna sample plot

Intensywność wydzielenia się drzew z drzewostanu była mniejsza na powierzchni Jarząbcza. Stosunek miąższości posuszu stojącego do miąższości drzew żywych wynosił bowiem w tym drzewostanie tylko około 3,5%, a stosunek miąższości leżaniny do miąższości drzew

Tabela 2. Liczba, pole przekroju i miąższość drzew żywych oraz objętość posuszu stojącego i leżącego oraz ich stosunek do miąższości drzew żywych w badanych drzewostanach

Table 2. Number, basal area and volume of living trees, volume of dead standing and lying wood and their relation to the volume of living trees in the investigated stands

Cecha Feature	Powierzchnia badawcza Sample plot	
	Jarząbcza	Pyszna
		drzewa żywe (L) living trees (L)
Liczba drzew Number of trees	N/ha	338
Powierzchnia przekroju Basal area	m ² /ha	51,49
Zasobność Volume	m ³ /ha	479,26
		posusz stojący (S) standing dead trees (S)
Liczba drzew Number of trees	N/ha	46
Powierzchnia przekroju Basal area	m ² /ha	2,45
Miąższość Volume	m ³ /ha	16,78
Stosunek miąższości posuszu stojącego (S) do miąższości drzew żywych (L) Ratio of volume of (S) to total volume of living trees (L)	%	3,5
		posusz leżący (D) lying wood (D)
Miąższość Volume	m ³ /ha	10,21
Stosunek miąższości posuszu leżącego (D) do miąższości drzew żywych (L) Ratio of volume of (D) to total volume of living trees (L)	%	2,1
		posusz łącznie (S+D) dead wood total (S+D)
Miąższość Volume	m ³ /ha	26,99
Stosunek miąższości posuszu (S+D) do miąższości drzew żywych (L) Ratio of volume of (S+D) to total volume of living trees (L)	%	5,6

Tabela 3. Charakterystyka statystyczna pierśnic (≥ 8 cm) żywych świerków oraz pierśnic martwych drzew stojących w badanych drzewostanachTable 3. Statistical DBH (DBH ≥ 8 cm) characteristics of alive spruce trees and standing dead tree DBH distribution in the studied stands

Powierzchnia Sample plot	Wielkość próby Sample size	Wartość Value			Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik Coefficient			Typ rozkładu wg Pearsona Pearson distribution
		min.	max.	średnia average		zmienności of variation $\times 100\%$	asymetrii of asymmetry	ekscesu of excess	
	szt. / no	cm							
drzewa żywe / alive trees									
Jarząbca	169	12,0	110,0	41,8	13,8	33	0,4732	2,4113	I
Pyszna	71	9,0	90,0	39,3	19,2	49	0,5474	-0,1737	I
posusz stojący / standing dead trees									
Jarząbca	23	10,0	48,0	22,6	12,9	57	0,9595	-0,6278	.
Pyszna	16	9,0	94,0	40,4	30,7	76	0,4886	-1,4411	.

żywych wyniósł około 2%. Stosunek całkowitej miąższości martwego drewna (stojącego i leżącego) do miąższości drzew żywych wynosił około 5,6% (tab. 2).

Na powierzchni Pyszna obumieranie drzew zachodziło ze znacznie większą intensywnością. Stosunek miąższości stojących drzew martwych do miąższości drzew żywych wynosił w tym drzewostanie prawie 26%, a stosunek miąższości leżaniny do miąższości drzew żywych wyniósł 9%. Stosunek całkowitej miąższości nekromasy (drzewa stojące i leżące) do miąższości drzew żywych wynosił około 35% (tab. 2). Intensywne wydzielanie się drzew (w tym tych najgrubszych) trwało prawdopodobnie od niedawna, na co wskazywała przewaga martwych drzew stojących (116,5 m³/ha) nad leżaniną (40,5 m³/ha) (tab. 2), a w leżaninie przewaga leżaniny świeżej (60% jej miąższości) (Bryniarska 2008).

Struktura pierśnic drzew żywych i stojących drzew martwych

Średnia pierśnica drzew żywych na powierzchni Jarząbca wynosiła 41,8 cm, a na powierzchni Pyszna 39,3 cm (tab. 3). Maksymalna pierśnica wynosiła odpowiednio 110 cm i 90 cm. Oba badane drzewostany charakteryzowały się stosunkowo dużym zróżnicowaniem pierśnicy. Współczynnik zmienności wynosił w przypadku powierzchni Jarząbca 33%, a w przypadku powierzchni Pyszna 49%. Struktura grubości żywych drzew na obu powierzchniach odpowiadała typowi I wg Pearsona (tab. 3, ryc.1–2). Najlepiej dopasowanym do danych empirycznych rozkładem teoretycznym był na powierzchni Pyszna rozkład gamma (test χ^2 , $p=0,389$).

Średnia pierśnica martwych drzew stojących na powierzchni Jarząbca osiągnęła około 22,6 cm i była o około 17 cm mniejsza od przeciętnej pierśnicy drzew żywych, a na powierzchni Pyszna wynosiła 40,4 cm,

nieznacznie przekraczając (o około 1 cm) średnią pierśnicę drzew żywych (tab. 3). Maksymalna pierśnica posuzu stojącego na Jarząbce wynosiła 48 cm, a na Pysznej 94 cm. W obu drzewostanach drzewa martwe wykazywały większą zmienność pierśnic niż drzewa żywe (57% i 33% dla Jarząbce oraz 76% i 49% dla Pysznej) (tab. 3).

Struktura wysokości, budowa pięterowa i bonitacja wzrostowa drzewostanów

W statystycznej charakterystyce wysokości drzew uwzględniono wyłącznie drzewa niezłamane (tab. 4) i takie też brano pod uwagę przy określeniu bonitacji wzrostowej badanych drzewostanów. Natomiast w zestawieniu dotyczącym budowy pięterowej (tab. 5) uwzględniono także żywe złomy.

Maksymalna wysokość żywych świerków na powierzchni Jarząbca osiągnęła 26,5 m, a na powierzchni Pyszna 31,5 m (tab. 4), średnia wysokość wynosiła 19,9 i 21,5 m (ze współczynnikiem zmienności około 22% i 30%). Rozkład wysokości drzew żywych w drzewostanie Jarząbca odpowiadał typowi jednomodalnemu z modą na początku rozkładu [typ I (J) według Pearsona], a na powierzchni Pyszna zgodny był z typem I (tab. 4).

Najwyższe martwe drzewa stojące na powierzchni Jarząbca osiągały wysokość 23 m, a na Pysznej 29 m. Ich średnia wysokość wynosiła odpowiednio 11,2 i 15,7 m, a współczynnik zmienności 50–56% (tab. 4).

Prostsza budową pięterową (wg klasyfikacji IUFRO) charakteryzował się drzewostan Jarząbca (tab. 5). Dominowało tam piętro najwyższe (100), reprezentowane przez prawie 73% żywych drzew, udział piętra środkowego osiągnął niespełna 22%, a w piętrze dolnym (300) znajdowało się tylko około 5% liczby drzew. Na powierzchni Pyszna stwierdzono mniejszy udział piętra górnego (około 56%), z wyraźnym udziałem piętra

środkowego (około 32%) i znaczącym udziałem piętra dolnego (nieco ponad 11%).

Tylko w jednym z badanych drzewostanów (Pyszna) rosły żywe drzewa ze załamanymi wierzchołkami (24 szt./ha). Występowały one wyłącznie w warstwach środkowej oraz dolnej (odpowiednio 8 szt./ha i 16 szt./ha).

Złamaniom ulegały świerki o mniejszej pierśnicy (10–22 cm) (Bryniarska 2008).

Na powierzchni Jarząbca średnia wysokość drzew w klasach grubości 36–51,9 cm i 52–71,9 cm wynosiła odpowiednio 23,6 i 28,1 m, a na powierzchni Pyszna 21,4 i 23,3 m. Świerki na powierzchni Jarząbca osiągały

Tabela 4. Charakterystyka statystyczna wysokości żywych świerków oraz wysokości martwych drzew stojących w badanych drzewostanach (drzewa nie złamane, pierśnica ≥ 8 cm)

Table 4. Characteristics of alive spruce tree and standing dead tree height distribution in studied stands (not broken trees, DBH ≥ 8 cm)

Powierzchnia Sample plot	Wielkość próby Sample size N	Wartość Value		średnia average	Odchylenie standardowe Standard deviation m	zmienności of variation $\times 100\%$	Współczynnik Coefficient		Typ rozkładu wg Pears ona Pearson distribution
		min.	max.				asymetrii of asymmetry	excesu of excess	
drzewa żywe / alive trees									
Jarząbca	169	4,5	26,5	19,9	4,46	22	-0,3073	1,5301	I(J)
Pyszna	65	5,5	31,5	21,5	6,49	30	-0,5142	-0,5536	I
posusz stojący / standing dead trees									
Jarząbca	21	2,0	23,0	11,2	5,64	50	0,4077	-0,7379	.
Pyszna	16	3,5	29,0	15,7	8,79	56	0,1587	-1,4468	.

Tabela 5. Liczebność oraz udział procentowy drzew w warstwach wg klasyfikacji IUFRO (nie złamane drzewa żywe, pierśnica ≥ 8 cm)

Table 5. Number and percentage of trees in stand layers according to IUFRO classification (not broken living trees, DBH ≥ 8 cm)

Powierzchnia Sample plot	Liczebność Number of trees N/ha	Warstwy (wg IUFRO) Stand layers (acc. to IUFRO classification)					
		100		200		300	
		N/ha	%	N/ha	%	N/ha	%
Jarząbca	338	246	72,8	74	21,9	18	5,3
Pyszna	284	160	56,3	92	32,4	32	11,3

Tabela 6. Liczebność oraz udział procentowy odnowień świerka i jarzębiny w badanych drzewostanach

Table 6. Number and share of natural regeneration of spruce and rowan in the studied stands

Gatunek Species	Nalot ($h \leq 50$ cm) Seedlings ($h \leq 50$ cm)					Podrost ($h > 50$ cm) Undergrowth ($h > 50$ cm)			
	jednolatk one-year-old		2-letnie i starsze ≥ 2 -year			$d_{1,3} \leq 1,9$ cm	$2,0 < d_{1,3} < 7,9$ cm	łącznie total	
			≤ 20 cm	21-50 cm	razem / total				
	N/ha	%	N/ha	N/ha	%	N/ha	N/ha	%	
Jarząbca									
<i>Picea abies</i>	-	-	-	-	-	-	6	6	0,2
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	405	3581	39 86	10 0,0	2568	-	25 68 99,8
Razem / Total	-	-	405	3581	39 86	10 0,0	2568	6	25 74 10 0,0
Pyszna									
<i>Picea abies</i>	400	10 0,0	0	100	100	4,2	60	8	68 23,6
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	400	1900	23 00	95,8	220	-	220 76,4
Razem / Total	400	10 0,0	400	2000	24 00	10 0,0	280	8	288 10 0,0

nęły zatem IV/V bonitację wzrostową, a na powierzchni Pyszna – bonitację V (wg Flury’ego) (Assmann 1968).

Liczebność i skład gatunkowy odnowień

Na powierzchni Jarząbcza w nalocie występował tylko jarząb pospolity (prawie 4 tys. szt./ha), w tym większość przypadła na klasę nalotu starszego (ponad 3,5 tys. szt./ha), tylko około 400 szt./ha na klasę nalotu młodszego, a odnowień jednorocznych (siewek) nie stwierdzono (tab. 6). Także w podroście zdecydowanie dominował jarząb (ponad 2,5 tys. szt./ha podrostu młodszego), a liczebność świerka wynosiła tylko 6 szt./ha, co odpowiadało zaledwie 0,2% ogólnej liczby podrostów w tym drzewostanie (tab. 6).

Na powierzchni Pyszna dominował jarząb zarówno w nalocie (2,3 tys. szt./ha), jak i w podroście (220 szt./ha). Jarząb stanowił prawie 96% ogólnej liczebności nalotu i 76% całkowitej liczby podrostów w tym drzewostanie (tab. 6). Obecność świerka stwierdzono we wszystkich klasach odnowienia z wyjątkiem nalotu młodszego, w liczbie 400 szt./ha siewek, 100 szt./ha nalotu starszego, 60 szt./ha podrostu młodszego i 8 szt./ha podrostu starszego (tab. 6).

Stadia i fazy rozwojowe

W roku wykonania pomiarów terenowych (2006) drzewostan na powierzchni Jarząbcza znajdował się w stadium optymalnym z początkową fazą starzenia, a drzewostan na powierzchni Pyszna reprezentował stadium rozpadu, z silnie zawansowaną fazą starzenia (miejscami obumierania) i zróżnicowaną budową i strukturą wskazującą na wykształcenie się fazy przełobowej.

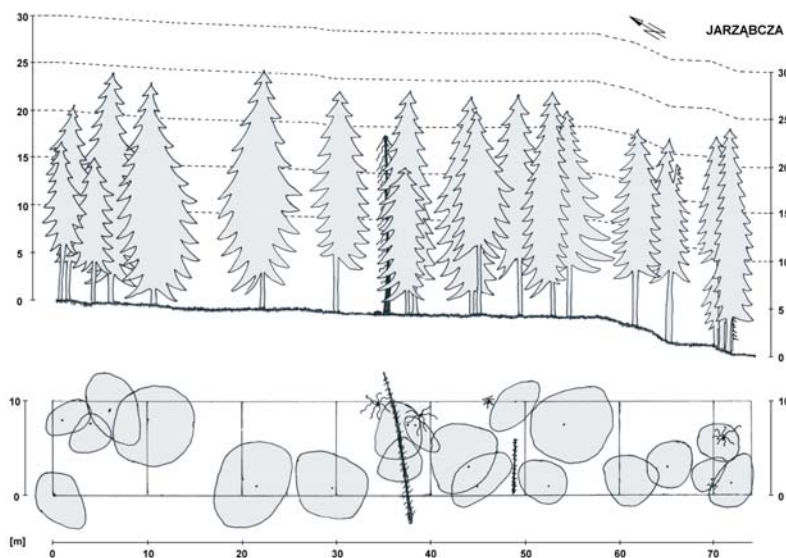
Na fakt, że drzewostan świerkowy na powierzchni Jarząbcza jest w stadium optymalnym, wskazywały następujące cechy:

- liczebna dominacja drzew reprezentujących generację optymalnego wzrostu według klasyfikacji Řehaka (1964) – ponad 53% (tab. 7),
- stosunkowo duża liczba drzew żywych w drzewostanie (338 szt./ha) (tab. 2),
- znaczna zasobność drzewostanu (prawie 480 m³/ha) (tab. 2), w tej części regla górnego (1430–1450 m n.p.m.) (tab. 1) bliska wartości maksymalnej,
- około 87% miazszości (powierzchni przekroju) zlokalizowane w stopniach grubości 36–72 cm (ryc. 1),
- duża średnia pierśnica drzew żywych (około 42 cm) oraz jednomodalna struktura pierśnic (tab. 3, ryc. 1),
- w posuszu stojącym liczebna przewaga świerków z niższych stopni grubości (przede wszystkim 8–24 cm) (ryc. 1),
- uproszczona budowa piętrowa drzewostanu, z wyraźną dominacją piętra górnego (prawie 73%) i nieznacznym udziałem drzew w piętrze dolnym (około 5%) (tab. 5, ryc. 3),

Tabela 7. Udział drzew w generacjach rozwojowych według klasyfikacji Řehaka (1964)

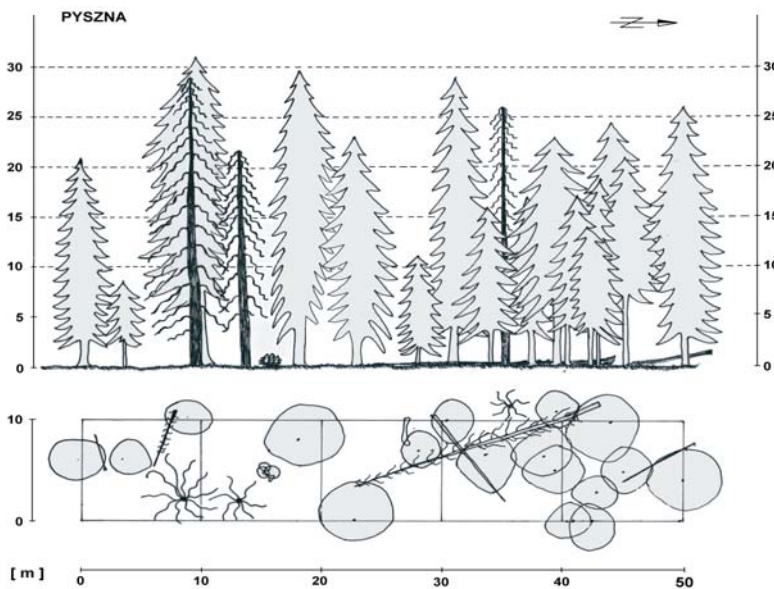
Table 7. Share of trees in the development generations by Řehak classification (1964)

Powierzchnia Sample plot	Generacje Generations						
	razem total	A	B	C	A	B	C
		N/ha			%		
Jarząbcza	338	104	180	54	30,7	53,3	16,0
Pyszna	284	76	104	104	26,8	36,6	36,6



Rycina 3. Przekrój przez drzewostan na powierzchni Jarząbcza

Figure 3. Vertical and horizontal projection of trees on the Jarząbcza sample plot



Rycina 4. Przekrój przez drzewostan na powierzchni Pyszna

Figure 4. Vertical and horizontal projection of trees on the plot Pyszna

– brak efektywnej fazy odnowienia drzewostanu, liczne odnowienia jarzębinowe (tab. 6) występujące w lukach i miejscach silniej prześwietlonych.

W drzewostanie Jarząbcza o niedawno rozpoczętej fazie starzenia się (charakterystycznej dla końca stadium optymalnego) świadczą natomiast:

– znaczący udział drzew żywych reprezentujących generację dożywania według klasyfikacji Řehaka (1964) – prawie 31% liczby drzew (tab. 7),

– słabo zaawansowany proces wydzielania się drzew, na co wskazuje mała liczebność martwych drzew stojących (46 szt./ha) i korzystny stosunek ich miąższości do drzew żywych w drzewostanie (3,5%),

– tylko pojedyncze martwe drzewa stojące o stosunkowo dużych rozmiarach (do 48 cm pierśnicy i 23 m wysokości) (tab. 3–4, ryc. 3),

– niewielka miąższość posuszu leżącego (około 10 m³/ha) (tab. 2) z dominacją leżaniny świeżej.

O zaawansowanym stadium rozpadu z fazą starzenia (miejscami obumierania) na powierzchni Pyszna świadczą następujące cechy drzewostanu:

– stosunkowo niewielka liczba drzew żywych (284 szt./ha) (tab. 2),

– znacząca liczebność (64 szt./ha) i duża miąższość posuszu stojącego (ponad 116 m³/ha), stanowiącego prawie 26% miąższości drzew żywych (tab. 2),

– wśród drzew martwych znaczny udział drzew grubych (72 cm) stanowiących 25% liczby posuszu stojącego i prawie 70% jego miąższości (ryc. 2),

– duże rozmiary maksymalne martwych stojących świerków (94 cm pierśnicy i 29 m wysokości) (tab. 3–4, ryc. 4),

– duża miąższość leżaniny (prawie 41 m³/ha) (tab. 2), przy czym około 60% udział leżaniny świeżej.

O wykształcaniu się w drzewostanie na powierzchni Pyszna fazy przerębowej świadczą natomiast:

– wyrównany udział drzew żywych we wszystkich trzech wyróżnionych generacjach rozwojowych według klasyfikacji Řehaka (1964) – po około 27–37% liczby drzew (tab. 7),

– duży współczynnik zmienności pierśnic (49%) (tab. 3) oraz struktura pierśnic zgodna z teoretycznym rozkładem gamma (ryc. 2),

– znaczący udział piętér środkowego i dolnego (łącznie prawie 44% liczby żywych drzew) w budowie piętrowej drzewostanu (tab. 5).

5. Dyskusja

Oba badane drzewostany charakteryzują się stosunkowo dużą zasobnością (tab. 2). Świerczyna na powierzchni Jarząbcza, reprezentująca stadium optymalne, dorównuje miąższością (prawie 480 m³/ha) najzasobniejszym drzewostanom górnoeregłowym w polskich Karpatach w tym samym stadium rozwojowym. W Tatrach Wysokich (Dolina Pańszczycy i Dwoisty Żleb w Dolinie Rybiego Potoku) świerczyny w tym stadium osiągają bowiem po około 465 m³/ha (Karczmarski 2007; Karczmarski et Zygarowicz 2007), na Babiej Górze 325–483 m³/ha (powierzchnie Akademicka Perć i Markowe Szczawiny) (Jaworski et Karczmarski 1995; Jaworski et al. 2008), a na szczycie Romanki w Beskidzie Żywieckim około 500 m³/ha (Karczmarski et Kowalczyk 2007). Jednocześnie zasobność drzewostanu w Dolinie Jarząbczej jest bliska wartości maksymalnej (około 500 m³/ha) dla strefy wysokości powyżej 1400 m n.p.m., którą określił Korpel (1989).

W drzewostanie na powierzchni badawczej Pyszna, reprezentującym stadium rozpadu, zasobność kształtowała się na poziomie około $450 \text{ m}^3/\text{ha}$ (tab. 2). W innych górnoeregłowych drzewostanach w stadium rozpadu, badanych według porównywalnej metodyki, miąższość drzew żywych była mniejsza i w trakcie trwania procesu rozpadu zmniejszała się, na przykład w Lesie Gąsienicowym (TPN) z 446 do $419 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Karczmarski 2007), na Babiej Górze (Czerwony Szlak) z około 430 do $339 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Jaworski et al. 2008) czy na Romance z 342 do $258 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Karczmarski et Kowalczyk 2007).

Duża zasobność drzewostanu Pyszna (tab. 2), z wyraźnymi symptomami rozpadu, oraz znaczna miąższość nekromasy świerkowej wskazują, że przed rozpoczęciem procesu obumierania drzew zasobność była istotnie większa. Miąższość martwych drzew stojących wynosi tu bowiem nieco ponad $116 \text{ m}^3/\text{ha}$, a leżących ponad $40 \text{ m}^3/\text{ha}$ (tab. 2). Łączna miąższość zgromadzonego na tej powierzchni drewna (żywego i martwego) osiąga około $610 \text{ m}^3/\text{ha}$. Miąższość ta jest większa niż miąższość innych świerczyn w stadium rozpadu, bowiem miąższość świerczyn Lasu Gąsienicowego (TPN) wynosi około $550 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Karczmarski 2007), na Babiej Górze (Czerwony Szlak) około 440 do $590 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Jaworski et al. 2008), a na Romance około $510 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Karczmarski et Kowalczyk 2007).

Intensywność wydzielenia się drzew w stadium rozpadu na powierzchni Pyszna (około 25%) jest znacząco większa od stwierdzonej na innych powierzchniach tatrzańskich, gdzie stosunek miąższości stojących drzew martwych do miąższości drzew żywych nie przekroczył 15–16% (Karczmarski 2007; Karczmarski et Zygarowicz 2007). Intensywność ta jest natomiast zbliżona do intensywności wydzielenia się drzew na Babiej Górze w reglu górnym, gdzie stosunek miąższości drzew martwych do żywych wynosił około 33% (Jaworski et Karczmarski 1995) (tab. 2).

Na powierzchni Jarząbca, reprezentującej stadium optymalne, wydzielenie drzew zachodzi ze znacznie mniejszą intensywnością. Stosunek miąższości martwych drzew stojących do miąższości drzew żywych wynosi zaledwie 3,5% (tab. 2). Podobny stosunek miąższości świerków martwych do żywych (4%) stwierdzono w świerczynie w stadium optymalnym w Dolinie Rybiego Potoku (Karczmarski et Zygarowicz 2007).

Zagęszczenie żywych świerków w badanych drzewostanach wynosi 284–338 szt./ha (tab. 2) i jest wyraźnie mniejsze od liczebności drzew podawanej z terenu Tatr Wysokich. W górnoeregłowych borach zlokalizowanych na morenie bocznej w Dolinie Rybiego Potoku liczba żywych drzew wynosiła bowiem, w zależności od powierzchni i momentu pomiaru, około 720–840 szt./ha (Karczmarski et Zygarowicz 2007), a w świerczynach z kompleksu Hala Gąsienicowa –

Dubrawiska – Pańszczyca, opisywanych przez Karczmarskiego (2007), kształtowała się na poziomie około 360–570 szt./ha. Średnie zagęszczenie drzew dla 160-hektarowego kompleksu boru na Skoruśniaku (określone według innej metodyki) wynosiło w 2002 roku około 620 szt./ha (Holeksa et al. 2007). Uwzględniając w cytowanych pozycjach tylko drzewostany reprezentujące porównywalne stadia rozwojowe, zagęszczenie drzew żywych w Tatrach Wysokich wynosi w fazie starzenia stadium optymalnego około 520–570 szt./ha, jest zatem o ok. 200 szt./ha większe niż na powierzchni Jarząbca, a w stadium rozpadu osiąga 360–390 szt./ha, czyli o około 100 szt./ha więcej niż na powierzchni Pyszna (Karczmarski 1995, 2007).

Omawiane w niniejszej pracy bory świerkowe, pod względem zagęszczenia żywych drzew, bardziej zbliżone są do drzewostanów beskidzkich (Babia Góra i Romanka), w których zagęszczenie drzew wynosi od około 320–390 szt./ha w stadium optymalnym i około 150–280 szt./ha w stadium rozpadu (Jaworski et Karczmarski 1995; Holeksa 1998; Karczmarski et Kowalczyk 2007; Jaworski et al. 2008).

Rozkład pierśnic w górnoeregłowych drzewostanach świerkowych reprezentujących stadium optymalne najczęściej ma charakter jednomodalny, może być także zgodny z rozkładem normalnym, pomimo złożonej struktury wiekowej i pierwotnego charakteru tych drzewostanów (Karczmarski 2005). Zgodność ta zanika w przypadku wystąpienia czynnika destabilizującego lub związanego z naturalnym rozpadem drzewostanu lub wystąpieniem szkód spowodowanych przez czynniki zewnętrzne (np. wiatr czy imisje) (Karczmarski 2005).

Na powierzchni Jarząbca rozkład pierśnic żywych drzew (tab. 3, ryc. 1) ma charakter jednomodalny, co wskazuje na brak czynników istotnie destabilizujących ten drzewostan. Potwierdzeniem stabilności tej świerczyny jest wydzielenie się drzew przede wszystkim z najcieńszych stopni grubości. Prawie 2/3 stojących martwych drzew to świerki o pierśnicy poniżej 20 cm (ryc. 1). Na podobny charakter procesu obumierania drzew w stadium optymalnym zwraca uwagę Holeksa et al. (2007).

Odmienne pod względem struktury pierśnic jest drzewostan w Dolinie Pysznej (tab. 3, ryc. 2). Zgodność rozkładu pierśnic świerków w górnoeregłowym borze z teoretycznym rozkładem gamma wskazuje, według Karczmarskiego (2005), na wykształcenie się fazy przerębowej.

W drzewostanie na powierzchni Jarząbca prawie nie pojawiało się odnowienie świerkowe, brak było siewek i nalotu, a podrostu stwierdzono tylko 6 szt./ha (tab. 6). W innych górnoeregłowych świerczynach znajdujących się w stadium optymalnym, liczebność odnowień świerka w nalocie jest na ogół znacząco

większa i wynosi od kilkuset do kilkunastu tys. szt./ha, natomiast w fazie podrostu nie przekracza około 30–100 szt./ha (Jaworski et Karczmarski 1995; Karczmarski 2007; Karczmarski et Kowalczyk 2007; Karczmarski et Zygarowicz 2007; Jaworski et al. 2008).

Sporadyczne pojawianie się młodych świerków w podroście na powierzchni Jarząbca związane może być z różnymi przyczynami. Pierwszą z nich jest stosunkowo równomierne zwanie drzewostanu z jednoczesnym brakiem większych luk (ryc. 3). Jak wynika z badań prowadzonych w masywie Babiej Góry, korzystne warunki do skutecznego odnowienia świerka w górnym reglu i wykształcenia się zwartego podrostu (młodnika) występują bowiem dopiero w lukach o wielkości kilku arów, pojawiających się na skutek obumarcia fragmentu starodrzewia złożonego z co najmniej kilku drzew (Holeksa 1998). Drugą przyczyną może być silne pokrycie powierzchni gleby przez łanowo występującą tu paproć *Athyrium distentifolium*. O ile kiełkowanie nasion świerka zachodzi pod osłoną wietlicy alpejskiej z dużą efektywnością, o tyle przeżywalność siewek i kilkuletnich nalotów pod osłoną tej paproci jest niewielka, co skutecznie uniemożliwia rozwój starszego nalotu. Trzecią przyczyną może być niewielka ilość martwego drewna (leżaniny), którego występowanie sprzyja powstawaniu odnowienia (w szczególności na grubych kłodach z silnie rozłożonym drewnem) (Holeksa 1998).

Nieco większą liczbę odnowień świerka stwierdzono na powierzchni Pyszna (w nalocie 100 szt./ha, w podroście 68 szt./ha) (tab. 6). Jest to jednak zagęszczenie wyraźnie mniejsze niż w innych drzewostanach świerkowych reprezentujących stadium rozpadu, w których stwierdzano od kilkuset do ponad 16 tys. szt./ha młodych świerków (Karczmarski 1995, 2007; Karczmarski et Kowalczyk 2007; Jaworski et al. 2008).

W porównaniu do powierzchni Pyszna liczebność podrostów świerka w stadium rozpadu była mniejsza na Babiej Górze (do około 120 szt./ha) (Jaworski et al. 2008), większa natomiast na Romance i w Tatrach Wysokich (około 330–380 szt./ha) (Karczmarski 1995, 2007; Karczmarski et Kowalczyk 2007; Karczmarski et Zygarowicz 2007). Pod względem zagęszczenia podrostów świerka, powierzchnia Pyszna jest bardziej zbliżona do słabiej odnawiających się drzewostanów babiogórskich.

Na obu omawianych w niniejszej pracy powierzchniach badawczych obficie odnawia się jarząb pospolity, którego szczególnie dużą liczebność stwierdzono w Dolinie Jarząbcej (prawie 4 tys. szt./ha w nalocie i ponad 2,5 tys. szt./ha w podroście) (tab. 6). Także wyniki uzyskane w innych drzewostanach górnoeregłowych wskazują, że jarząb najczęściej licznie występuje w nalocie (maksymalnie do 8–10 tys. szt./ha), ale za to w

podroście jego liczebność jest znacznie mniejsza, najczęściej nie osiągając 30–300 szt./ha (Jaworski et Karczmarski 1995; Karczmarski 1995, 2007; Karczmarski et Kowalczyk 2007; Karczmarski et Zygarowicz 2007; Jaworski et al. 2008).

6. Wnioski

1. Omówione drzewostany świerkowe charakteryzują się dużą zasobnością, niezależnie od reprezentowanego stadium rozwojowego lasu o charakterze pierwotnym (optymalne i rozpadu).

2. Drzewostan reprezentujący stadium optymalne (Dolina Jarząbca) ma budowę jednopiętrową i strukturę pierśnic odpowiadającą rozkładowi jednomodalnemu, a zachodzący w nim proces wydzielania drzew ma stosunkowo niewielką intensywność, nie zagrażającą stabilności drzewostanu.

3. W stadium rozpadu (Dolina Pyszna), związanym głównie z pojedynczym i grupowym obumieraniem starych świerków o dużych rozmiarach, wykształciła się przerębowa budowa drzewostanu, ze strukturą pierśnic zgodną z rozkładem gamma.

4. Brak nalotów oraz niewielka liczebność podrostów świerka wskazuje na przeszkody w ciągłości odnowienia tego gatunku w obu reprezentowanych fazach rozwojowych.

Literatura

- Assmann E. 1968. Nauka o produktywności lasu. PWRiL, Warszawa.
- Bryniarska C. 2008. Budowa i struktura naturalnego górnoeregłowego boru świerkowego w Dolinach Pysznej i Jarząbcej (Tatrzański Park Narodowy). Praca magisterska, KSzHL UR Kraków.
- Fabijanowski J. 1962. Lasy tatrzańskie. w: Tatrzański Park Narodowy. Kraków, ZOP PAN.
- Fabijanowski J., Dziewolski J. 1996. Gospodarka leśna. w: Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. (red. Mirek Z., Głowaciński Z., Klimek K., Piękoś-Mirkowa H.). Kraków-Zakopane, TPN.
- Grundner F., Schwappach A. 1952. Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Waldbäume und Waldbestände. Berlin - Hamburg, Paul Parey Verlag.
- Hess M.T. 1996. Klimat. w: Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. (red. Mirek Z., Głowaciński Z., Klimek K., Piękoś-Mirkowa H.). Kraków-Zakopane, TPN.
- Holeksa J. 1998. Rozpad drzewostanu i odnowienie świerka a struktura i dynamika karpackiego boru górnoeregłowego. Monographiae Botanicae 82, Kraków, Instytut Botaniki PAN, ISBN 83-86292-07-5.
- Holeksa J., Krawczyk B., Skawiński P., Wesołowska M., Wika S. 2007. Zmiany górnoeregłowego drzewostanu świer-

- kowego w Tatrzańskim Parku Narodowym w latach 1973–2002. *Sylwan* 151, 9, 29–40.
- Jaworski A., Karczmarski J. 1995. Budowa, struktura, dynamika i możliwości produkcyjne górnoreglowych borów świerkowych w Babiogórskim Parku Narodowym. *Acta Agraria et Silvustria, Series Silvestris*, 33, 75–113.
- Jaworski A., Kołodziej Z., Bartkowiec L. 2008. Structure and dynamics of the upper mountain zone Norway spruce stands on Mt. Babia Góra (1984–2004). w: Structure, production, coarse woody debris and regeneration processes of Norway spruce natural forest in National Nature Reserves Babia hora and Pilsko (red. M. Saniga et al.). Zvolen, Technical University in Zvolen. ISBN 978-80-228-1946-6.
- Karczmarski J. 1995. Budowa i struktura tatrzańskich górnoreglowych borów świerkowych o charakterze pierwotnym w dolinach Rybiego Potoku, Pańszczycy i Gąsienicowej. *Acta Agraria et Silvustria, Series Silvestris*, 33, 167–197.
- Karczmarski J. 1999. Kształtowanie się zależności pomiędzy budową i strukturą drzewostanów a wielkością przyrostu grubości, wybranymi cechami biomorfologicznymi oraz intensywnością procesu wydzielania się drzew w górnoreglowych borach świerkowych o charakterze pierwotnym w Karpatach Zachodnich. Praca doktorska, KSzHL AR, Kraków.
- Karczmarski J. 2005. Struktura rozkładów pierśnic w naturalnych górnoreglowych borach świerkowych Tatr i Beskidów Zachodnich w zależności od stadiów i faz rozwojowych lasu o charakterze pierwotnym. *Sylwan*, 149, 3, 12–23.
- Karczmarski J. 2007. Budowa, struktura i dynamika górnoreglowych borów świerkowych o charakterze pierwotnym w dolinach Pańszczycy i Stawów Gąsienicowych (Tatrzański Park Narodowy) w okresie kontrolnym 1991–2002. *Sylwan*, 151, 11, 41–59.
- Karczmarski J., Kowalczyk P. 2007. Budowa, struktura i dynamika górnoreglowego boru świerkowego o charakterze pierwotnym w rezerwacie Romanka w Beskidzie Żywieckim (w okresie kontrolnym 1993–2004). *Acta Agraria et Silvustria, Series Silvestris*, 45, 38–71.
- Karczmarski J., Zygarowicz J. 2007. Budowa, struktura i dynamika naturalnych górnoreglowych borów świerkowych w dolinie Rybiego Potoku (Tatrzański Park Narodowy) w okresie kontrolnym 1990–2001. *Sylwan*, 151, 12, 3–20.
- Klimaszewski M. 1996. Geomorfologia. w: Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. (red. Mirek Z., Głowaciński Z., Klimek K., Piękoś-Mirkowa H.). Kraków-Zakopane, TPN.
- Komornicki T., Skiba S. 1996. Gleby. w: Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. (red. Mirek Z., Głowaciński Z., Klimek K., Piękoś-Mirkowa H.). Kraków-Zakopane, TPN.
- Korpel S. 1989. Pralesy Slovenska. Bratislava, Veda, ISBN 9788022400312.
- Mirek Z. 1996 a. Antropogeniczne zagrożenia i przekształcenia środowiska przyrodniczego. w: Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. (red. Mirek Z., Głowaciński Z., Klimek K., Piękoś-Mirkowa H.). Kraków-Zakopane, TPN.
- Mirek Z. 1996 b. Zagrożenia i przekształcenia szaty roślinnej. w: Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. (red. Mirek Z., Głowaciński Z., Klimek K., Piękoś-Mirkowa H.). Kraków-Zakopane, TPN.
- Myczkowski S., Feliksik E., Słodyczka S. 1975. Świerk *Picea excelsa* Link. Rodzime drzewa Tatr. II. *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej PAN*, 4: 195–220.
- Passendorfer E. 1996. Geologia. w: Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. (red. Mirek Z., Głowaciński Z., Klimek K., Piękoś-Mirkowa H.). Kraków-Zakopane, TPN.
- Řehák J. 1964. Vyvoj stromu a porostnich utvaru v prirodzenych lesach. *Ochrana Přírody*, 19, 7: 105–117.
- Siarzewski W. 2005. Tatrzański Park Narodowy. Zakopane, TPN. ISBN 9788385832621.
- Skiba S. 2005. Gleby Tatr na tle pokryw glebowej innych systemów górskich. w: Tatrzański Park Narodowy na tle innych górskich terenów chronionych. (red. Kotarba A., Bobrowiec W.). Zakopane, TPN.