

Andrzej Jaworski[✉], Maciej Pach¹

Charakterystyka wybranych cech morfologicznych świerków wpływających na ich stabilność, ukształtowanych w wyniku stosowania różnych rębni w borze górnoreglowym na Pilsku

Comparison of various cutting systems affecting those morphological features that determine stability in the Pilsko high mountain spruce forest

Abstract: The morphology of trees was studied in four sample plots located within the Pilsko high mountain spruce forest. Between the years 1950–1970 a single-tree selection system (Einzelplenterung) was used in the stands Pilsko 1 and 2, whereas in a third stand, Pilsko 3, selection was by group cutting (Gruppenplenterung). The tree-stand Pilsko 4 was generated by artificial restocking of a clear-cut area. The live crown ratio, coefficient of slenderness (h/d) and vitality of these four stands was compared. Group cutting (Pilsko 3), resembling a mountain selection system, produced the highest live crown ratio, lowest coefficient of slenderness (h/d) and highest vitality index of the four tree-stands examined. The spruces grown in the diversified tree-stands where a single-cutting system was used had features indicative of lower stability. In the artificial one-storey and even-aged stands, the two features that determine tree stability (namely, live crown ratio and coefficient of slenderness) had the worst values compared the remaining three stands. Consequently, to improve the stability of high mountain spruce forests in the Beskidy Mountains, under active environmental protection, we recommend the creation of groups within the forest, thus producing an irregular shelterwood system of group cuttings within a belt of closed forest, or a mountain selection system within a loose spruce forest.

Key words: *Picea abies*, irregular shelterwood system, mountain selection systems, live crown ratio, coefficient of slenderness

1. Wstęp

Zainteresowanie świerczynami górnoreglowymi wynika z kilku powodów. Znaczna część borów górnoreglowych w Tatrach i Beskidach to lasy pierwotne lub naturalne (Myczkowski 1964, 1977; Karczmarski 1995; Korpel 1995; Jaworski et al. 2000). Poznanie ich budowy, struktury, sposobu odnawiania oraz czynników decydujących o ich stabilności ma duże znaczenie poznawcze i praktyczne. To ostatnie wiąże się z wdrażaną w Europie koncepcją hodowli lasu bliską naturze (Leibundgut 1973; Schütz 1986, 1990; Jaworski 2009).

W wymienionych pasmach górskich ukształtowała się górna granica lasu. Poznanie jej przebiegu w Tatrach

i drzewostanów regła górnego zawdzięczamy M. Sokołowskiemu (1928). Autor ten przyjął, z pewnymi modyfikacjami, przedstawiony wcześniej przez Feketego i Blattnego (1914) podział świerczyn wysokogórskich na pasy obejmujące: drzewostan zwarty, drzewostan luźny, grupy drzew i krzywulce.

Badania Myczkowskiego (1964) dotyczące zróżnicowania budowy i ekologii zespołu świerczyn górnoreglowych uzupełniają w znacznym zakresie rezultaty prac Sokołowskiego (1928) i wnoszą istotny wkład w poznanie stabilności boru wysokogórskiego. Myczkowski (1964) w Tatrzańskim Parku Narodowym scharakteryzował cztery odrębne formy strukturalne drzewostanów oraz skupień drzew: pas boru zwartego, pas boru

¹ Uniwersytet Rolniczy, Wydział Leśny, Katedra Szczegółowej Hodowli lasu, Al. 29-listopada 46, 31–425 Kraków;

✉ Fax +48 12 4119715, e-mail: ajaworski@ar.krakow.pl

łuźnego, górną granicę lasu i szpalery świerkowe w kosodrzewinie. W pracy tego autora na podkreślenie zasługuje wyróżnienie naturalnie ukształtowanych biogrup – rot, które decydują o stabilności pasa boru luźnego. Praca ta weszła na trwałe do literatury europejskiej dotyczącej charakterystyki ekologicznej świerczyn wysokich położonych górskich (Mayer 1976; Mayer et Ott 1991).

Drzewostany tatrzańskie zostały scharakteryzowane, także pod względem budowy i produktywności, m.in. przez: Karczmarzkiego (1995) i Modrzyńskiego (1998). Górnoreglowe drzewostany Babiej Góry i Pilska były również przedmiotem badań m.in.: Zientarskiego (1976), Ceitla i in. (1989), Holeksego (1998), Jawor-

Tabela 1. Lokalizacja powierzchni badawczych, ich charakterystyka siedliskowo-drzewostanowa oraz postępowanie hodowlane (dane dla 2008 r.)

Table 1. Location of sample plots and their site-stand and silviculture characteristics (data of 2008)

Powierzchnia Plot	Pilsko 1	Pilsko 2	Pilsko 3	Pilsko 4
Nadleśnictwo Forest district	Jeleśnia			
Leśnictwo Forest subdistrict	Korbielów			
Oddział, pododdział Compartment	111c	107c	107c	110b
Wielkość, ha Area, ha	0,33	0,50	0,50	0,25
Ekspozycja Exposure	NEE	NEE	N	SE
Nachylenie, ° Slope, °	11–20	17–26	9–11	10
Wysokość n.p.m., m Altitude, m	1220	1240	1275	1210
Budowa drzewostanu Stand structure	wielopiętrowa, słabo wykształcona warstwa dolna, zwarcie pionowe multi-storied stand, poor understory, diversified vertical structure		wielopiętrowa, grupowo kępowa, zwarcie schodkowe multi-storied stand, group vertical structure	jednopiętrowa one-storey
Struktura wieku Tree age structure	wszechgeneracyjna uneven-aged stand			jednogeracyjna (drzewostan jednowiekowy) even-aged stand
Wiek maksymalny, lata* Age maximum, years	280	350	170**	115
Geneza i postępowanie hodowlane The origin and management system	drzewostan naturalny, przerąbywanie jednostkowe natural stand, a single-tree selection system		drzewostan naturalny, przerąbywanie grupowe natural stand, group cutting selection system	drzewostan sztuczny, na zrębie zupełnym artificial regenerated stand, clearcutting
Gleba Soil	bielicowa podsolic			
Zespół Association	<i>Plagiothecio-Piceetum tatricum</i>			
Typ siedliskowy lasu Forest site type	bór wysokogórski high mountain coniferous forest			
Zasobność, m³/ha Volume, m ³ /ha	479	397	298	464
Powierzchnia przekroju, m²/ha Stand basal area, m ² /ha	42	37	35	47
Liczba drzew, d_{1,3} ≤ 8 cm, szt./ha Tree number, dbh ≤ 8 cm, per ha	267	204	446***	992

* wiek określono na podstawie kilkunastu nawierconych drzew na każdej powierzchni (Jaworski et al. 2000)
age was determined from dozens of trees drilled on each sample plot (Jaworski et al. 2000)

** w 1998 r. wiek najstarszego świerka wynosił 281 lat, wydzielił się przed 2008 r.
in 1998 the age of oldest spruce was 281 years as determined in 2008

*** w tym 2 jarzębiny / including 2 rowans

skiego i in. (2000, 2008), Pacha i in. (2001), Sanigi i Kucbela (2008).

W Beskidzie Żywieckim szczególnie cenne drzewostany górnoreglowe, lokalnie nawet naturalne, dorównujące babiogórskim, zachowały się na północno-wschodnich zboczach Pilska na wysokości 1180–1390 m n.p.m. (Szymański 1981a,b). W celu ochrony tych drzewostanów w 1971 r. utworzono rezerwat o powierzchni 105,21 ha, który ma status rezerwatu częściowego.

W zagospodarowanych borach górnoreglowych, objętych ochroną czynną (częściową), znajdujących się tylko w Beskidach: Śląskim, Żywieckim i Sądeckim zalecano stosować rębnię przerębową (Zasady hodowli lasu 1979, 1988). Polegała ona na jednostkowym przerąbaniu, mimo że drzewostany świerkowe nie zawsze wykazywały cechy lasu przerębowego. Postępowanie takie nie zapewniało odnowienia. Skłoniło to leśników gospodarujących na Pilsku do stosowania (lata 1950–1970) w części drzewostanów, oprócz cięć jednostkowych (jednostkowe przerąbanie), także cięć grupowych (grupowe przerąbanie), połączonych z uzupełnieniem odnowień naturalnych (dosadzanie świerka) (Jaworski et al. 2000). W XIX wieku w reglu górnym na Pilsku stosowano także rębnię zupełną i odnawiano sztucznie (Kawecki 1939). Obecnie w tym miejscu występują świerczyny jednowiekowe i jednopiętrowe.

Obydwa sposoby cięć przerębowych i rębnia zupełna stosowane w naturalnych borach górnoreglowych na Pilsku wykształciły drzewostany o różnej budowie. W drzewostanach tych założono 4 powierzchnie doświadczalne (tab. 1). Na dwu powierzchniach budowa drzewostanu była złożona – pionowa z dominującą warstwą górną, słabiej wykształconą warstwą środkową oraz małym udziałem drzew w warstwie dolnej, a na trzeciej wielopiętrowa z panującą warstwą środkową, gdzie drzewa różnych generacji występowały na ogół obok siebie w formie grupowej i kępowej tworząc zwarcie schodkowe i skośne (Jaworski et al. 2000). Na czwartej powierzchni był lity drzewostan świerkowy jednopiętrowy i jednowiekowy. W drzewostanach tych powstały różne warunki wzrostu świerków. Założono, że wpłynęły one na zróżnicowanie cech biomorfologicznych świerków. Dlatego celem pracy była weryfikacja następującej hipotezy: świerki wyrosłe w górnoreglowych świerczynach w pasie boru zwartego, w których wykonywano jednostkowe przerąbanie, cięcia grupowe oraz zupełne różnią się względną długością koron i współczynnikiem smukłości, a więc cechami decydującymi o ich stabilności, i żywotnością.

2. Metodyka

W sierpniu 1998 r. w drzewostanach, w których stosowano przerąbanie jednostkowe lub grupowe, założono trzy powierzchnie próbne, na których wykonano szereg pomiarów, powtórzonych również w 2008 r. W sierpniu 2008 r. założono czwartą powierzchnię w drzewostanie jednopiętrowym (tab. 1). Na powierzchniach tych przeprowadzono pełny pomiar: pierśnic ($d_{1,3} \geq 8$ cm), wysokości drzew, w tym złomów i suchoczubów, oraz wysokości osadzenia korony drzew nieuszkodzonych (Jaworski et al. 2000; Pach et al. 2001). Na powierzchniach Pilsko 1, 2 i 3 klasyfikowano wszystkie drzewa, a na powierzchni 4 – co drugie.

Wykonano również klasyfikację żywotności drzew, wyróżniając: 1 – drzewa bujnie rozwinięte, 2 – drzewa normalne, 3 – drzewa lekko osłabione, 4 – drzewa silnie osłabione, 5 – drzewa obumierające.

Przyjęta wstępnie pięciostopniowa klasyfikacja nie umożliwiała przedstawienia pełnej zmienności żywotności świerków, dlatego w czasie wykonywania badań terenowych utworzono klasy pośrednie 1,5, 2,5, itd.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów drzew o pierśnicy ≥ 8 cm, po wyłączeniu złomów i suchoczubów, obliczono:

- wskaźnik względnej długości koron (D_K/h – iloraz długości korony i wysokości drzewa $\times 100$),
- współczynnik smukłości (h/d – iloraz wysokości i pierśnicy).

Obliczone wskaźniki i współczynniki zaliczono do 4 klas (patrz: „Wyniki”).

Uzyskane wyniki poddano weryfikacji statystycznej. Badane cechy (wskaźnik względnej długości koron, współczynnik smukłości i wskaźniki żywotności) nie mają rozkładu normalnego, dlatego zastosowano nieparametryczny test Kruskala-Wallisa.

3. Charakterystyka siedliskowa powierzchni badawczych

Powierzchnie próbne (tab. 1) były zlokalizowane w pasie boru zwartego około 300 m poniżej szczytu Pilska (1557 m n.p.m.). Szczyt Pilska znajduje się po stronie słowackiej i jest drugim co do wysokości (po Babiej Górze 1725 m n.p.m.) wzniesieniem Beskidu Wysockiego. Kompleks drzewostanów w polskiej części Pilska położony jest na terenie Nadleśnictwa Jeleśnia (RDLP Katowice).

Masyw Pilska ma cechy klimatu górskiego, i w porównaniu do pozostałych części Beskidu Żywieckiego charakteryzuje się większą ilością opadów, mniejszą ciepłotą, większą insolacją i siłą wiatrów (Romer 1962).

Wybrane cechy klimatu rejonu Pilska przedstawia poniższe zestawienie (dane z lat 1954–1963, dla stacji meteorologicznej na Hali Miziowej – 1330 m n.p.m., oddalonej od rezerwatu o około 1 km):

- średnia roczna temperatura: 3°C,
- średnia temperatura stycznia: –5°C,
- średnia temperatura lipca: 11,6°C,
- długość okresu wegetacyjnego (>5°C): 148 dni,
- roczna suma opadów: 1048 mm,
- suma opadów w okresie wegetacyjnym: 631 mm.

Badane drzewostany położone są w reglu górnym w pasie wysokości od ok. 1210 do 1275 m n.p.m. (tab. 1).

Pod względem geologicznym Pilsko w swej szczytowej partii jest zbudowane z piaskowców magurskich górnego eocenu, które wchodzi w skład płaszczyny magurskiej (Książkiewicz 1972). W tych warunkach ukształtowały się tu gleby bielcowe (Mucha et al. 1981). Wszystkie powierzchnie reprezentują zespół karpackiego boru świerkowego *Plagiothecio-Piceetum tatricum*, co odpowiada siedlisku boru wysokogórskiego, który tworzy świerk, wyjątkowo ze sporadyczną domieszką jarzębiny w warstwie dolnej (Jaworski et al. 2000).

4. Wyniki badań

Względna długość koron

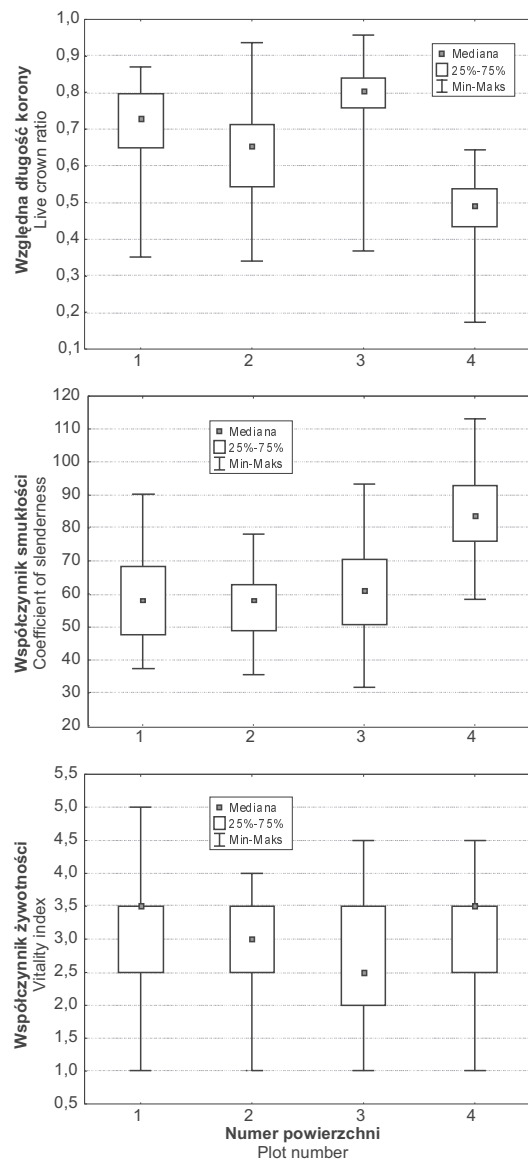
Spośród trzech badanych drzewostanów o złożonej budowie największe względne długości koron (lata 1998 i 2008) stwierdzono na pow. Pilsko 3. Dotyczy to świerków rosnących głównie w warstwie najwyższej, wyjątkowo środkowej (Pilsko 3 – 1998 r.). W czwartym drzewostanie o budowie jednopiętrowej względne długości korony były najmniejsze (tab. 2, ryc. 1).

Na powierzchni Pilsko 1 w warstwach górnej i środkowej świerki wykształciły dłuższe korony niż w drzewostanie Pilsko 2. W warstwie dolnej względna długość koron na tych powierzchniach osiągnęła różne wielkości w porównaniu z warstwami wyższymi. W drzewostanie Pilsko 3 względna długość koron w warstwie dolnej była mniejsza niż w obu pozostałych warstwach. W drzewostanie Pilsko 4 wszystkie poddane analizie świerki rosły w warstwie górnej (tab. 2).

W drzewostanach Pilsko 1 i Pilsko 2 największy udział w warstwie górnej miały drzewa 2. klasy względnej długości koron, a na powierzchni Pilsko 3 – drzewa klasy 1. W jednopiętrowej świerczynie (Pilsko 4) drzewa 3. klasy przeważały nad drzewami 2. klasy. W warstwie środkowej na pow. Pilsko 1 przeważały drzewa 1. klasy, a na pow. Pilsko 3 drzewa tej klasy dominowały. W drzewostanie Pilsko 2 największy udział w warstwie środkowej miały świerki należące do 2. klasy długości koron (tab. 2).

W warstwie dolnej na pow. Pilsko 1 w obu okresach pomiaru dominowały świerki 2. klasy, na powierzchni Pilsko 2 – klasy 2. (1998 r.) i klasy 1. (2008 r.), a na powierzchni Pilsko 3 – klasy 1. (tab. 2)

Test Kruskala-Wallisa wykazał, że mediana względnej długości koron świerków na czterech badanych powierzchniach (największa i najkorzystniejsza na pow. 3, a najmniejsza i najmniej korzystna na pow. 4) była istotnie różna (ryc. 1).



Rycina 1. Mediana trzech charakterystyk świerków na badanych powierzchniach (2008 r.): względnej długości korony, współczynnika smukłości i wskaźnika żywotności

Figure 1. Median of three characteristics of trees on the sample plots (2008): live crown ratio, coefficient of slenderness and vitality index

Tabela 2. Udział świerków w klasach względnej długości koron oraz średnia względna długość korony drzew (d/h) w wyróżnionych warstwach drzewostanu (dane z 1998 i 2008 r.)Table 2. Share of spruce trees in classes of the live crown ratio and the average of live crown ratio (d/h) in the specified stand storeys (data as of the years 1998 and 2008)

Rok Year	Warstwa IUFRO Stand storey (IUFRO clas.)	Liczba ocenianych drzew, szt./ha* Number of studied trees, per ha*	Udział drzew w klasach względnej długości korony, % Share of trees in classes of live crown ratio, %				d/h , %
			75	50–75	25–49	25	
Pilsko 1							
1998	100	162	29,6	63,0	7,4	-	69
	200	66	40,9	36,4	22,7	-	66
	300	42	28,6	57,1	14,3	-	64
	razem / total	270	32,2	55,6	12,2	-	67
2008	100	150	34,0	62,0	4,0	-	70
	200	66	45,5	40,9	13,6	-	69
	300	18	33,3	50,0	16,7	-	69
	razem / total	234	37,2	55,1	7,7	-	70
Pilsko 2							
1998	100	120	15,0	65,0	20,0	-	62
	200	82	4,9	63,4	31,7	-	55
	300	8	25,0	50,0	25,0	-	56
	razem / total	210	11,4	63,8	24,8	-	59
2008	100	108	14,8	72,2	13,0	-	63
	200	54	7,4	74,1	18,5	-	61
	300	6	66,7	33,3	-	-	76
	razem / total	168	14,3	71,4	14,3	-	63
Pilsko 3							
1998	100	70	82,6	17,4	-	-	80
	200	192	88,5	11,5	-	-	83
	300	66	69,7	30,3	-	-	79
	razem / total	328	137	27,0	-	-	81
2008	100	108	88,9	11,1	-	-	81
	200	182	71,4	26,4	2,2	-	78
	300	32	56,2	37,5	6,3	-	74
	razem / total	322	75,8	22,3	1,9	-	78
Pilsko 4							
2008	100	468	-	46,2	53,0	0,8	48

* klasyfikacji nie podlegały świerki złamane i suchoczuzy / broken spruces and dry-top spruces have not been classified

Współczynnik smukłości

Najkorzystniejszy współczynnik smukłości w obu okresach pomiaru (najniższe współczynniki smukłości) osiągnęły świerki na pow. Pilsko 3 rosnące w warstwie górnej. W obu pozostałych drzewostanach o złożonej budowie (Pilsko 1 i Pilsko 2) najmniejszy stosunek h/d osiągnęły również świerki z warstwy najwyższej, ale był on większy niż na pow. Pilsko 3 (tab. 3).

Wśród badanych drzewostanów świerki z drzewostanu jednopiętrowego osiągnęły największy stosunek h/d (średnio 79). W warstwie górnej (Pilsko 1, 2 i 3) dominowały świerki o współczynniku smukłości ≤ 60 (klasa 1). Na pow. Pilsko 4 największy udział miały świerki 2. klasy. W warstwie środkowej (Pilsko 1, 2 i 3) największy udział wykazały świerki klasy 2.

W warstwie dolnej w drzewostanie Pilsko 1 jednokowy udział miały świerki w klasach 1. i 2., na Pilsku 2 panowały świerki klasy 1. (1998 r.) i klasy 2. (2008 r.), a w drzewostanie Pilsko 3 współpanowały w takim samym udziale drzewa 1. i 2. klasy (tab. 3).

Analiza statystyczna (test Kruskala-Wallisa) wykazała, że tylko mediana współczynnika smukłości na powierzchni Pilsko 4 (największa wartość a zarazem najmniej korzystna) istotnie różniła się od wartości mediany h/d pozostałych drzewostanów (ryc. 1).

Żywotność

Najwyższy średni wskaźnik żywotności cechował świerki w warstwach górnej i środkowej drzewostanu Pilsko 3. Dotyczy to oceny zarówno z 1998 r., jak i

z 2008 r. W tych warstwach wskaźnik żywotności na powierzchniach Pilsko 1 i 2 osiągnął zbliżoną wartość, ale większą (mniej korzystną) niż na pow. Pilsko 3 i 4. W drzewostanie Pilsko 4 żywotność świerków była nieco słabsza niż świerków z warstwy górnej na powierzchni Pilsko 3 (tab. 4).

W drzewostanach o złożonej budowie pionowej najwyższy wskaźnik żywotności miały świerki z warstwy górnej; były to drzewa o żywotności pośredniej między normalną a lekko osłabioną (wskaźnik od 2,4 – Pilsko 3 w 2008 r., do 3,0 – Pilsko 2 w 1998 r. i 2008). Wskaźnik żywotności świerków z warstwy środkowej osiągnął wartości charakteryzujące drzewa od lekko osłabionych (2,9 – Pilsko 3 w 2008 r.) do średnio osłabionych (3,4 – Pilsko 1 w 1998r.). W latach 1998 i 2008 średni wskaźnik żywotności świerków z warstwy dolnej

wynosił odpowiednio: Pilsko 1 – 3,3 i 3,4 – drzewa o żywotności pośredniej między lekko i średnio osłabionymi, Pilsko 2 – 3,6 i 2,7 – świerki średnio osłabione i zbliżone do lekko osłabionych, Pilsko 3 – 3,6 i 3,9 – drzewa średnio i silnie osłabione (tab. 4).

W drzewostanach Pilsko 1 i Pilsko 2 w warstwie najwyższej największy udział w 1998 i 2008 r. miały świerki średniej żywotności (wskaźnik 3,5), natomiast na powierzchni Pilsko 3 w obu okresach badawczych przeważały świerki o normalnej żywotności (2,0). W drzewostanie jednopiętrowym (Pilsko 4) największy udział miały również świerki o normalnej żywotności (tab. 4).

W warstwie środkowej na wszystkich trzech powierzchniach w obu okresach pomiaru największy udział miały świerki średnio osłabione (wskaźnik 3,5).

Tabela 3. Udział świerków w klasach współczynnika smukłości oraz średni współczynnik smukłości (h/d) drzew w wyróżnionych warstwach drzewostanu (dane z 1998 i 2008 r.)

Table 3. Share of spruce trees in classes of slenderness coefficient and the average coefficient of slenderness (h/d) in the specified stand storeys (data as of the years 1998 and 2008)

Rok Year	Warstwa IUFRO Stand storey (IUFRO clas.)	Liczba ocenianych drzew, szt./ha* Tree number, per ha*	Udział drzew w klasach współczynnika smukłości, % Share of spruce trees in classes of slenderness coefficient, %						h/d
			1a	1b	1 (1a+1b)	2	3	4	
			45	45–59	≤59	60–79	80–99	100	
Pilsko 1									
1998	100	162	22,2	48,2	70,4	27,8	1,8	-	53
	200	66	-	18,2	18,2	68,2	13,6	-	67
	300	42	14,3	35,7	50,0	50,0	-	-	60
	razem / total	270	15,6	38,9	54,5	41,1	4,4	-	57
2008	100	150	18,0	50,0	68,0	28,0	4,0	-	54
	200	66	-	18,2	18,2	63,6	18,2	-	69
	300	18	50,0	-	50,0	50,0	-	-	56
	razem / total	234	15,4	37,2	52,6	39,7	7,7	-	59
Pilsko 2									
1998	100	120	18,3	65,0	83,3	16,7	-	-	52
	200	82	-	22,0	22,0	78,0	-	-	63
	300	8	-	75,0	75,0	25,0	-	-	57
	razem / total	210	10,5	48,6	59,1	40,9	-	-	56
2008	100	108	16,7	64,8	81,5	18,5	-	-	53
	200	54	-	22,2	22,2	77,8	-	-	64
	300	6	-	-	-	100,0	-	-	70
	razem / total	168	10,7	48,8	59,5	40,5	-	-	57
Pilsko 3									
1998	100	70	60,0	34,3	94,3	5,7	-	-	44
	200	192	6,3	33,3	39,6	56,3	3,1	1,0	62
	300	66	3,0	45,5	48,5	48,5	3,0	-	62
	razem / total	328	17,1	36,0	53,1	43,9	2,4	0,6	58
2008	100	108	46,3	35,2	81,5	18,5	-	-	48
	200	182	3,3	20,9	24,2	70,3	5,5	-	66
	300	32	-	37,5	37,5	37,5	25,0	-	67
	razem / total	322	17,4	27,3	44,7	49,7	5,6	-	60
Pilsko 4									
2008	100	468	-	0,8	0,8	53,0	41,9	0,8	79

* klasyfikacji nie podlegały świerki złamane i suchoczuzy / broken spruces and dry-top spruces have not been classified

Tabela 4. Udział świerków w klasach żywotności oraz średni wskaźnik żywotności drzew w wyróżnionych warstwach drzewostanu (dane z 1998 i 2008 r.)

Table 4. Share of spruce trees in the vitality classes and the average vitality index in the specified stand storeys (data as of the years 1998 and 2008)

Rok Year	Warstwa IUFRO Stand storey (IUFRO clas.)	Liczba drzew, szt./ha* Number of trees, per ha*	Udział drzew w klasach żywotności, %** Share of spruce trees in the vitality classes, %**									Średni wskaźnik żywotności Average vitality index
			1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	
Pilsko 1												
1998	100	171	7,0	5,3	24,6	5,3	14,0	38,5	3,5	-	1,8	2,8
	200	78	-	-	15,4	11,5	7,7	38,5	15,4	-	11,5	3,4
	300	42	-	-	14,3	14,3	21,4	14,4	21,4	7,1	7,1	3,3
	razem / total	291	4,1	3,1	20,6	8,2	13,4	35,1	9,3	1,0	5,2	3,0
2008	100	162	5,6	1,9	18,5	16,6	11,1	33,3	5,6	3,7	3,7	2,9
	200	75	-	-	8,0	16,0	12,0	52,0	8,0	-	4,0	3,3
	300	30	-	-	-	20,0	20,0	30,0	20,0	10,0	-	3,4
	razem / total	267	3,4	1,1	13,5	16,8	12,3	38,2	7,9	3,4	3,4	3,1
Pilsko 2												
1998	100	142	2,8	1,4	15,5	14,1	15,5	43,7	5,6	-	1,4	3,0
	200	96	-	2,1	6,2	18,7	12,5	41,7	16,7	2,1	-	3,2
	300	8	-	-	-	-	50,0	25,0	-	-	25,0	3,6
	razem / total	246	1,6	1,6	11,4	15,4	15,5	42,3	9,8	0,8	1,6	3,1
2008	100	132	1,5	3,0	16,7	18,2	13,6	37,9	-	9,1	-	3,0
	200	66	-	-	9,1	18,2	12,1	45,4	6,1	6,1	3,0	3,3
	300	6	-	33,3	-	-	33,3	33,4	-	-	-	2,7
	razem / total	204	1,0	2,9	13,7	17,7	13,7	40,2	2,0	7,8	1,0	3,1
Pilsko 3												
1998	100	86	2,3	-	44,2	4,7	16,3	27,9	2,3	-	2,3	2,7
	200	248	6,5	-	12,9	4,8	18,5	48,4	7,3	-	1,6	3,1
	300	140	2,9	-	10,0	5,7	8,6	25,7	25,7	4,3	17,1	3,6
	razem / total	474	4,6	-	17,7	5,1	15,2	38,0	11,8	1,3	6,3	3,2
2008	100	122	19,7	1,6	29,5	8,3	16,4	19,7	1,6	1,6	1,6	2,4
	200	222	9,0	0,9	21,6	6,3	5,4	43,2	10,0	3,6	-	2,9
	300	100	-	2,0	8,0	6,0	2,0	22,0	16,0	26,0	18,0	3,9
	razem / total	444	9,9	1,3	20,7	6,8	7,7	32,0	9,0	8,1	4,5	3,0
Pilsko 4												
2008	100	468	4,3	-	33,3	26,0	29,9	29,0	2,6	4,3	-	2,8

* oceną objęto wszystkie świerki rosnące na powierzchni próbnej / all spruces growing within the sample plot were examined

** klasy żywotności: 1 – drzewa bujne, 1,5 – drzewa o żywotności pośredniej między bujnymi i normalnymi, 2,0 – drzewa normalne, 2,5 – drzewa o żywotności pośredniej między normalnymi i lekko osłabionymi, 3,0 – drzewa lekko osłabione, 3,5 – drzewa średnio osłabione, 4,0 – drzewa silnie osłabione, 4,5 – drzewa bardzo silnie osłabione, 5,0 – drzewa obumierające / vitality classes: 1 – luxuriant trees, 1,5 – trees of vitality between luxuriant and normal, 2,0 – normal trees, 2,5 – trees of vitality between normal and slightly weakened trees, 3,0 – slightly weakened trees, 3,5 – average weakened trees, 4,0 – strongly weakened trees, 4,5 – very strongly weakened trees, 5,0 – dying trees

W warstwie dolnej w drzewostanie Pilsko 1 w 1998 roku największy był udział świerków klasy 3. (lekko osłabione) i 4. (silnie osłabione), a w 2008 r. o żywotności średniej – 3,5. Na powierzchni Pilsko 2 w 1998 r. panowały świerki lekko osłabione (3,0), a w 2008 r. współpanowały świerki o żywotności pośredniej między drzewami bujnymi i normalnymi (1,5), lekko osłabione (3,0) i średnio osłabione (3,5). W warstwie dolnej na powierzchni Pilsko 3 w 1998 r. największy udział miały świerki średnio osłabione (wskaźnik 3,5) i silnie osłabione (4,0), a w 2008 r. bardzo silnie osłabione (4,5) i średnio osłabione (3,5).

Test Kruskala-Wallisa wykazał, że mediana wskaźnika żywotności z powierzchni Pilsko 3 różni się od mediany tej cechy z powierzchni Pilsko 1 i 4. Wyższy wskaźnik żywotności, oznaczający większą żywotność, miały świerki na powierzchni Pilsko 3.

5. Dyskusja

Charakterystyka cech morfologicznych świerków wzrastających w naturalnych borach regla górnego w Polsce było tematem licznych prac (m.in.: Myczkowski

1956, 1964; Sokołowski 1966; Myczkowski et al. 1975; Barzdajn 1991; Barzdajn et al. 1987; Danielewicz, Zien-tarski 1993). W badaniach hodowlanych duże znaczenie przypisuje się cechom korony i strzały, które leśnik może kształtować, przyjmując odpowiednie zagęszczenie przy odnawianiu i regulując je cięciami pielęgnacyjnymi (Johann et Pollanschütz 1980; Wenk et al. 1982; Stępień 1986; Zajączkowski 1991; Zachara 2006).

Cechy morfologiczne świerka, m.in. typy ugałęzienia uwarunkowane są dziedzicznie, ale podlegają też intensywnemu wpływowi środowiska (Gruber 1989). Budowa, wielkość i kształt korony drzew leśnych były przedmiotem badań wielu leśników: Burgera (1939), Chodzickiego (1966), Lemke (1966), Barzdajna et al. (1987, 1993), Skrzyszewskiego (1993, 1995). Cechy te wywierają wpływ na przyrost (Meyer 1959; Skrzyszewski 1995), decydują też o stabilności drzewostanu (Myczkowski 1956; Burschel et Huss 1997).

Na kształtowanie niektórych cech morfologicznych drzew duży wpływ wywiera budowa i struktura drzewostanu (Barzdajn 1991). Potwierdzają to badania na Pilsku, które wykazały, że w drzewostanie Pilsko 3 świerki wykształciły dłuższą koronę niż w obu pozostałych drzewostanach o złożonej budowie. Ten pierwszy drzewostan ukształtowany został przed około 30–40 laty w wyniku cięć grupowych, natomiast w obu pozostałych drzewostanach prowadzone były cięcia posztuczne.

Porównawcze pomiary przeprowadzone w sztucznym jednowiekowym i jednogatunkowym drzewostanie położonym na Pilsku na podobnej wysokości n.p.m. wykazały, że średnia względna długość korony wynosiła 48%, a więc była znacznie mniejsza niż w trzech drzewostanach o złożonej budowie pionowej (tab. 2, por. też ryc. 1).

Niektóre cechy świerka, w tym względna długość korony, w drzewostanach na Pilsku (oddział 107) były też przedmiotem badań Barzdajna i in. (1981). Autorzy ci stwierdzili m.in., że na dwóch powierzchniach najwyższej położonych (pow. III – 1365–1395 m n.p.m., i pow. II – 1270–1300 m n.p.m.) dominował świerk o względnej długości korony odpowiednio 68 i 63%, podczas gdy na powierzchni I (1180–1200 m n.p.m.) – świerk o długości korony równej 66 i 75% wysokości drzew.

W borach naturalnych Babiogórskiego Parku Narodowego najmniejsza średnia względna długość korony cechowała drzewostany o budowie jednopiętrowej (pow. Markowe Szczawiny – 1227–1242 m n.p.m, i Czerwony Szlak – 1240–1265 m n.p.m.), a także najniższej położony drzewostan o złożonej budowie (Górny Płaj – 1150–1170 m n.p.m.). Najdłuższą koroną charakteryzowały się świerki w drzewostanie będącym w stadium dorastania – faza przerębowa (Żółty Szlak –

1125–1240 m n.p.m.) i w najwyższej położonym jednopiętrowym drzewostanie w stadium optymalnym (Akademicka Perć – 1350–1360 m n.p.m) (tab. 5).

Badania przeprowadzone w Karkonoszach wykazały również dużą zależność względnej długości korony od wysokości nad poziomem morza. Na powierzchniach najwyższej położonych stwierdzono wysoki udział świerków z koroną dłuższą od połowy wysokości drzewa. W transekcie Karpacza, na wysokości 1200 m n.p.m., nieco ponad 95% świerków ma koronę do samej ziemi. W litych i zwartych monokulturach świerkowych niżej położonych (800–700 m n.p.m.) największy udział (odpowiednio 85 i 76%) mają drzewa o koronie do 1/4 długości strzały. Z badań wynika także, że w drzewostanach z przewagą sosny (55%) świerki wykształcają koronę dłuższą – do 1/2 długości strzały (Barzdajn et al. 1987).

Mayer i Ott (1991) podają, że względna długość korony równa 1/3–1/2 wysokości drzewa jest jedną z cech wskazujących na jego stabilność. Również Burschel i Huss (1997) uważają, że o stabilności starych świerków świadczy korona dłuższa od 1/3 wysokości w przypadku drzewostanów o wysokości górnej 25 m, i dłuższa niż 40% wysokości drzew w drzewostanach o wysokości górnej 18–28 m. Można zatem przyjąć, że na Pilsku względna długość koron świerków rosnących zarówno w górnej, jak i środkowej warstwie jest wystarczająco duża, zapewniająca ich odporność na śniego- i wiatrołomy.

Druga analizowana cecha to współczynnik smukłości. Jest on uważany za cechę pozwalającą na określenie odporności drzew na złamania przez wiatr i śnieg.

Tabela 5. Względna długość korony świerków (D_k/h) w 1984 i 1994 r. w Babiogórskim Parku Narodowym (Jaworski et al. 1998)

Table 5. Spruce live crown ratio (D_k/h) in 1984 and 1994 in the Babia Góra National Park (Jaworski et al. 1998)

Rok Year	Liczba ocenianych drzew, szt./ha Tree number, per ha	D_k/h , %
Markowe Szczawiny		
1984	154	63
1994	154	59
Żółty Szlak		
1984	212	73
1994	212	71
Czerwony Szlak		
1984	96	62
1994	96	60
Akademicka Perć		
1984	202	71
1994	202	68
Górny Płaj		
1984	214	62
1994	214	60

Drzewa o $h/d < 80$ uważa się za stabilne, a o $h/d < 60$ za bardzo stabilne (Abetz 1976; Pollanschütz 1980; Burschel et Huss 1997).

W badanych trzech drzewostanach o złożonej budowie na Pilsku w warstwie najwyższej dominowały świerki o współczynniku smukłości $h/d < 60$, który w 1998 r. na poszczególnych powierzchniach wynosił od 44 (Pilsko 3) do 53 (Pilsko 1), a w 2008 r. odpowiednio od 48 do 54. W pozostałych warstwach (200 i 300) panowały świerki o $h/d < 80$. W świerczynie jednopiętrowej (Pilsko 4) współczynnik smukłości wynosił 79 i był większy niż w pozostałych badanych drzewostanach (tab. 3).

Najmniejszy wskaźnik smukłości miały świerki na powierzchni Pilsko 3, co może być związane z genezą tego drzewostanu (cięcia grupowe) lub/i z wyższym położeniem n.p.m. (tab. 1). Drzewostan Pilsko 3 wyróżniał się ponadto bardzo dużym udziałem świerków o współczynniku smukłości około 40, który jest charakterystyczny dla drzew rosnących na powierzchni otwartej (Abetz 1976). W drzewostanach o złożonej budowie dominowały świerki bardzo stabilne $h/d < 59$, a w świerczynie jednopiętrowej stabilne o $h/d \geq 60$ –79 (tab. 3).

W Babiogórskim Parku Narodowym współczynnik smukłości świerków na najwyższej położonej powierzchni (1350–1360 m n.p.m.) osiągnął najniższą wartość – 48, a w drzewostanie najniższej położonym (1150–1170 m n.p.m.) – 60 (Jaworski et al. 1998).

Również badania przeprowadzone w Karkonoszach (Barzdajn et al. 1987) wykazały najniższą smukłość drzew na wysokości 1200 m n.p.m. (transekt Jagniańców – 45, a transekt Karpacz – 47). Największą smukłość (87) stwierdzono w transekcie Jagniańców na wysokości 900 m n.p.m., a w transekcie Karpacz na wysokości 700 i 630 m n.p.m. – po 71. Cytowani autorzy sądzą, że omawiana cecha nie zależy jedynie od warunków określonych położeniem n.p.m. Z przedstawionych wyżej danych wynika, że górnoreglowe bory świerkowe charakteryzują się stosunkowo niewielkim zróżnicowaniem h/d .

Badania Orła i Sochy (1999) wykazały natomiast, że w 60-letnich drzewostanach świerkowych Beskidów Żywieckiego i Śląskiego współczynnik smukłości osiągnął bardzo duże zróżnicowanie, np. w drzewostanach położonych na wysokości 600 m n.p.m. wynosił od 54 do 194, a na wysokości 1200 m n.p.m. od 39 do 112.

Świerki wyrosłe w dolnoreglowym jednopiętrowym około 165-letnim drzewostanie nasiennym w Nadleśnictwie Wisła (leśnictwo Bukowiec, oddział 149h, dane z 1999 r.) charakteryzowały się współczynnikiem smukłości, obliczonym oddzielnie dla drzew klas Krafra 1, 2 i 3: 79, 85 i 92 (dane niepublikowane), a więc znacznie większym od współczynnika smukłości drzew z górnej warstwy badanych na Pilsku świerczyn (tab. 3).

W górnoreglowych świerczynach Babiej Góry o złożonej budowie pionowej (stadium dorastania faza przerębowa) świerki z warstwy górnej miały $h/d = 48$ (pow. Żółty Szlak) i 55 (Górny Płaj). Również współczynnik smukłości świerków z warstwy górnej pozostałych drzewostanów z Babiej Góry należały do klasy $h/d < 60$ (Jaworski et al. 1998).

Reininger (1997) podaje, że w lasach pierwotnych drzewa z warstwy górnej (2/3–3/3 wysokości drzewostanu) mają współczynnik smukłości 70. W badanych drzewostanach o złożonej budowie (Pilsko 1, 2 i 3) współczynnik smukłości osiągnął mniejsze, a więc korzystniejsze wartości h/d (tab. 3).

Dla scharakteryzowania stabilności drzewostanu wykorzystuje się często stosunek wysokości do grubości przeciętnego drzewa przekrojowego (h_g/d_g). Wenk i in. (1982) wykazali, że świerki w wieku 30–37 lat, które przez 18 lat wzrastały na badanych powierzchniach po zabiegach doprowadzających do zagęszczenia: 1000, 2000, 3000, 4000 i 5000 drzew/ha, osiągały współczynnik smukłości odpowiednio: 82, 89, 94, 97 i 99. Wartość współczynnika determinacji (r^2) dla opisanej zależności współczynnika smukłości od liczby drzew wyniosła 0,269, co wskazuje, że istnieje jeszcze wiele innych czynników, które wpływają na smukłość drzew.

Największy wskaźnik żywotności wśród czterech badanych drzewostanów miały drzewa w drzewostanie Pilsko 3. Świerki w tym drzewostanie są młodsze, a ponadto wzrastają w grupach i kępach (bez osłony) lub częściowo pod osłoną boczną, a nie przez długi okres pod osłoną górną, jak na powierzchniach Pilsko 1 i 2. Grupowe przerąbywanie, w odróżnieniu od jednostkowego, silnie rozluźniało zwarcie, zmniejszało konkurencję między świerkami, poprawiało warunki świetlne, co w konsekwencji wpłynęło na korzystne warunki wzrostu i ukształtowanie się drzew o dłuższej koronie, niskim stosunku h/d i większej żywotności niż na powierzchniach Pilsko 1 i 2.

6. Podsumowanie i wnioski

1. Spośród czterech badanych drzewostanów, najdłuższą względną długością korony, najniższym współczynnikiem smukłości h/d i najwyższym wskaźnikiem żywotności cechowała się świerczyna Pilsko 3, w której prowadzono grupowe przerąbywanie nawiązujące do rębni przerębowej górskiej. Świerki wyrosłe w drzewostanach Pilsko 1 i Pilsko 2, w których wykonywano jednostkowe przerąbywanie, miały cechy mniej korzystne.

2. Dwie ważne cechy decydujące o stabilności (względna długość korony i współczynnik smukłości) osiągnęły wielkości najmniej korzystne w drzewostanie

jednopiętrowym i jednowiekowym sztucznego pochodzenia, natomiast wskaźnik żywotności miał zbliżoną wartość na wszystkich powierzchniach (w przypadku drzewostanów o złożonej budowie Pilsko 1, 2 i 3 – świerki z górnego piętra).

3. W celu poprawy stabilności objętych ochroną czynną świerczyn górnoreglowych w Beskidach wskazane jest kształtowanie drzewostanów wielopiętrowych o grupowo-kępowej teksturze i zwarciu schodkowym, a więc o postaci charakterystycznej dla grupowej formy lasu przerebowego, co wymaga stosowania rębni przerebowej górskiej (pas boru luźnego) lub stopniowej cięciami grupowymi (pas boru zwartego).

Literatura

- Abetz P. 1976. Beiträge zum Baumwachstum. Der *h/d*-Wert – mehr als ein Schlankheitsgrad! *Der Forst- und Holzwirt*, 31, 19: 389–393.
- Barzdajn W. 1991. Struktura drzewostanów i cechy morfologiczne świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) w Karkonoszach. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe*, 212: 1–58.
- Barzdajn W., Urbański K., Wesoły W. 1981. Zależność niektórych cech świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) od typu ugałżenia II rzędu w rezerwacie na Pilsku. w: Warunki przyrodnicze i charakterystyka lasów świerkowych w kompleksie Pilska. Zvolen – Poznań, Fakulta Lesnicka VŠLD: 219–254.
- Barzdajn W., Urbański K., Wesoły W. 1987. Kształtowanie się struktury drzewostanów i cech morfologicznych drzew świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) w Karkonoszach w zależności od wzniesienia nad poziom morza. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*, 215, Sesja Naukowa 17: 39–60.
- Barzdajn W., Urbański K., Wesoły W. 1993. Zmienność morfologiczna świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) w Karkonoszach w zależności od wzniesienia nad poziom morza. w: Geoekologiczne problemy Karkonoszy (red. S. Szymański). Poznań, Acarus. ISBN 83-229-0813-X, 343–348.
- Burger H. 1939. Der Kronenaufbau gleichalteriger Nadelholzbestände. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen*, 21, 1: 5–57.
- Burschel P., Huss J. 1997. Grundriss des Waldbaus. Berlin, Parey Buchverlag. ISBN 3-8263-3045-5.
- Ceitel J., Szymański St., Zientarski J. 1989. Zmiany cech drzewostanowych w naturalnej świerczynie górnoreglowej w rezerwacie Pilsko w okresie 10 lat. w: Stav, vývoj, produkčné schopnosti a funkčné využívanie lesov v oblasti Babej hory a Pilska. Zvolen-Poznań-Kraków, Fakulta Lesnicka VŠLD: 10–27.
- Chodzicki E. 1966. Kompleksowe ujmowanie morfologicznej zmienności świerka (*Picea abies* L. Karst.) w powiązaniu z niektórymi właściwościami biologicznymi drzew. *Sylvan*, 110, 1: 41–52.
- Danielewicz W., Zientarski J. 1993. Charakterystyka wybranych cech górnoreglowego boru świerkowego z zamierzającym drzewostanem w świetle badań na stałych powierzchniach w Karkonoskim Parku Narodowym. w: Geoekologiczne problemy Karkonoszy (red. S. Szymański). Poznań, Acarus. ISBN 83-229-0813-X, 323–328.
- Fekete L., Blatny T. 1914. Die Verbreitung der forstlich wichtigen Bäume und Sträucher im ungarischen Staate. Erster Band. Commissionverlag von August Joerges' Witwe und Sohn, Selmechanya.
- Gruber F. 1989. Phänotypen der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.). 1. Verzweigungsphänotypen: Genotyp und Modifikation. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 160, 8: 157–165.
- Holeksa J. 1998. Rozpad drzewostanu i odnowienie świerka a struktura i dynamika karpackiego boru górnoreglowego. *Monografie Botaniczne*, 82: 3–209. ISBN 83-86292-07-5.
- Jaworski A. 2009. Hodowla lasu bliska naturze. w: Leśnictwo w górach i regionach przemysłowych (red. J. Starzyk). Kraków, Uniwersytet Rolniczy: 58–82.
- Jaworski A., Kołodziej Zb., Bartkiewicz 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, S. Kucbel). Zvolen, Technical University: 97–118.
- Jaworski A., Kołodziej Z., Mleczek Z. 1998. Wybrane cechy morfologiczne decydujące o stabilności świerków w reglu górnym Babiogórskiego Parku Narodowego. w: Stav, vývoj, produkčné schopnosti a využívanie lesov v oblasti Babej hory a Pilska (red. M. Saniga). Zvolen, Lesnicka Fakulta, Technical University: 82–91.
- Jaworski A., Kołodziej Z., Skoczeń W. 2000. Budowa i struktura górnoreglowych borów świerkowych na Pilsku. *Sylvan*, 144, 7: 35–53.
- Johann K., Pollanschütz J. 1980. Der Einfluss der Standraumregulierung auf den Betriebserfolg von Fichtenbetriebsklassen. *Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt* (Wien), 132: 1–115.
- Karczmarski J. 1995. Budowa i struktura tatrzańskich górno-reglowych borów świerkowych o charakterze pierwotnym w Dolinach Rybiego Potoku, Pańszczycy i Gąsienicowej. *Acta Agraria et Silvicultura, Seria Silvestris*, 33: 167–198.
- Kawecki W. 1939. Lasy Żywiecczyzny. *Prace Rolniczo-Leśne*, 35:1–171.
- Korpeľ Š. 1995. Die Urwälder der Westkarpaten. Stuttgart, Gustav Fischer-Verlag. ISBN 3-437-30702-9.
- Książkiewicz M. 1972. Budowa geologiczna Polski. IV. Tektonika, 3. Karpaty. Warszawa, Instytut Geologiczny i Wydawnictwo Geologiczne.
- Leibundgut H. 1973. Rationalisierung naturnahe Waldwirtschaft. *Der Forst- und Holzwirt*, 28, 18: 365–368.
- Lemke J. 1966. Korona jako kryterium oceny dynamiki wzrostowej drzew w drzewostanie sosnowym. *Folia Forestalia Polonica, Seria A*, 12: 185–215.
- Mayer H. 1976. Gebirgswaldbau – Schutzwaldpflege. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag. ISBN 3-437-30217-5.
- Mayer H., Ott E. 1991. Gebirgswaldbau – Schutzwaldpflege. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. ISBN 3-437-30658-8.

- Meyer H. 1959. Der Einfluss von Kronenkürzungen an Fichten der II. Altersklasse auf deren Höhen- und Stärkenwachstum. *Archiv für Forstwesen*, 8, 9: 812–849.
- Modrzyński J. 1998. Dendrometryczna i morfologiczna charakterystyka drzewostanów świerkowych położonych na różnych wysokościach nad poziomem morza w Tatrach. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*, 332, Sesja Naukowa 56: 97–109.
- Mucha W., Sienkiewicz A., Szymańska M., Gałązka St. 1981. Gleby rezerwatu Pilsko. w: Warunki przyrodnicze i charakterystyka lasów świerkowych w kompleksie Pilska. Zvolen – Poznań, Fakulta Lesnicka VŠLD: 153–179.
- Myczkowski S. 1956. O formach pokrojowych świerka pospolitego (*Picea excelsa* (Lam.) Link) w Tatrach Polskich. *Roczniki Sekcji Dendrologicznej Polskiego Towarzystwa Botanicznego*, 11: 407–412.
- Myczkowski S. 1964. Struktura i ekologia zespołu świerka *Piceetum tatricum* u górnej granicy zasięgu w Tatrzańskim Parku Narodowym w dolinach Stawów Gąsienicowych i Pańszczycy. *Ochrona Przyrody*, 30: 51–105.
- Myczkowski S. 1977. Świerczyny gór i wyżyn w Polsce. w: Świerk pospolity. (red. S. Białobok). Warszawa-Poznań, PWN: 405–460.
- Myczkowski S., Feliksik E., Słodyczka St. 1975. Świerk *Picea excelsa* Link. *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej*, 4: 195–220.
- Orzeł S., Socha J. 1999. Smukłość świerka w sześćdziesięcioletnich drzewostanach Beskidów Zachodnich. *Sylvan*, 143, 4: 35–43.
- Pach M., Bartkowiec L., Skoczeń W. 2001. Charakterystyka cech biomorfologicznych świerka w borze górmoreglowym Pilska w zależności od budowy i struktury drzewostanów. *Sylvan*, 145, 1: 23–37.
- Pollanchütz J. 1980. Schneekatastrophen – unabwendbares Schicksal der Forstwirtschaft oder nicht? *Allgemeine Forstzeitung*, 91, 5: 123–125.
- Reininger H. 1997. Težba cilových tlouštek. Praha, Ministerstvo Zemědělství ČR.
- Romer E. 1962. Regiony klimatyczne Polski. w: Wybór prac T. III. [red. i wybór A. Zierhoffer]. Warszawa, PWN.
- Saniga M., Kucbel St. 2008. Structure, production and regeneration processes of Norway spruce natural forest in NNR Babia Hora and NNR Pilsko, Slovakia. 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, S. Kucbel). Technical University, Zvolen: 7–48.
- Schütz J. Ph. 1986. Charakterisierung des naturnahen Waldbaus und Bedarf an wissenschaftlichen Grundlagen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 137, 9: 747–760.
- Schütz J. Ph. 1990. Heutige Bedeutung und Charakterisierung des naturnahen Waldbaus. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 141, 8: 609–614.
- Skrzyszewski J. 1993. Kształtowanie się zależności między żywotnością oraz cechami biomorfologicznymi korony a masą korzeni i szerokością słoju rocznych u świerka i modrzewia. Praca doktorska. Katedra Szczegółowej Hodowli Lasu AR, Kraków (msk).
- Skrzyszewski J. 1995. Charakterystyka przyrostowa oraz kształtowanie się zależności pomiędzy wybranymi cechami drzew a przyrostem promienia na pierśnicy świerka i modrzewia. *Acta Agraria et Silvestria, Seria Silvestris*, 33: 141–158.
- Sokołowski M. 1928. O górnej granicy lasu w Tatrach. Kraków, Wyd. Fundacji „Zakłady Kórnickie”.
- Sokołowski A.W. 1966. O osobliwych formach świerka i nowym stanowisku brzozy czarnej. *Roczniki Sekcji Dendrologicznej Polskiego Towarzystwa Botanicznego*, 20: 137–142.
- Stępień E. 1986. Zwiększanie stabilności drzewostanów przy pracach odnowieniowych. *Sylvan*, 131, 1: 13–21.
- Szymański S. 1981a. Rezerwat „Pilsko” w Beskidzie Żywieckim – ogólna charakterystyka i geneza powstania. w: Warunki przyrodnicze i charakterystyka lasów świerkowych w kompleksie Pilska. Zvolen-Poznań, Fakulta Lesnicka VŠLD: 115–125.
- Szymański S. 1981b. Zmiany wieku, struktury, wzrostu, zwarcia i zagęszczenia drzew pod wpływem różnego wzniesienia nad poziomem morza w rezerwacie „Pilsko”(Beskid Żywiecki). w: Warunki przyrodnicze i charakterystyka lasów świerkowych w kompleksie Pilska. Zvolen-Poznań, Fakulta Lesnicka VŠLD: 190–218.
- Wenk G., Wätzig H., Kohlsdorf E., Butter D. 1982. Zur ertragssicheren Erziehung von Fichtenbeständen unter den Bedingungen der Schneebruchgefährdung. *Die Sozialistische Forstwirtschaft*, 32, 12: 362–365.
- Zachara T. 2006. Problem szkód w lasach powodowanych przez śnieg i wiatr oraz sposoby przeciwdziałania im. *Sylvan*, 150, 10: 56–64.
- Zajączkowski J. 1991. Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu. Warszawa, Świat.
- Zasady hodowli lasu. 1979. Wyd. IV. Warszawa, PWRiL.
- Zasady hodowli lasu. 1988. Wyd. V znowelizowane. Warszawa, PWRiL.
- Zientarski J. 1976. Wpływ wzniesienia nad poziomem morza na zagęszczenie i ukształtowanie górmoreglowych borów świerkowych w Babiogórskim Parku Narodowym. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych PTPN, Prace z Zakresu Nauk Leśnych*, 42: 137–149.

