

TERESA RYMER-DUDZIŃSKA

## Badania nad pięcioletnim przyrostem wysokości w drzewostanach sosnowych

Studies on 5-year Height Growth in Pine Stands

**Abstract.** The work bases on materials collected on 7 experimental clearcuts from greater forest tracts of Poland. There were the size, distribution, variability and the relationship between height growth and various tree traits: dbh, height, dbh increment, Kraft's class, relative length of crown, taper slimness and percentage thickness of bark studied. There was also defined how many sample trees should be chosen using different ways of their selection, for not to cross the mean error equal to 3%, when estimating the average value of five-year increment of stand height, and what a mean error can be expected when the increment is calculated from the data taken from 10 sample trees.

**Keywords:** height growth, pine

### Wstęp

**Z**najomość wielkości przyrostu wysokości jest niezbędna w wielu metodach określania przyrostu miąższości drzewostanu m.in. w metodach Grochowskiego [7] – określania przyrostu na podstawie tablic miąższości i Bruchwalda [3] – wyznaczania przyrostu na podstawie drzew próbnych.

Celem przeprowadzonych badań było poznanie wielkości, zmienności, a także zależności przyrostu wysokości od różnych cech drzewa w drzewostanie.

Dotychczasowe badania nad przyrostem wysokości w Polsce skupiały się głównie nad zmianą jego wielkości z wiekiem drzewa [2,15], rytmiką i długością trwania przyrostu w okresie wegetacyjnym [16], wpływem warunków meteorologicznych [17,15] i gradacji owadów na przyrost [17], wielkością i zmiennością przyrostu w klasach biosocjalnych [9,15], opracowywaniem nowych sposobów określania przyrostu na drzewach stojących [6,11,4,5] oraz oceną ich dokładności [6,10,12,13,14].

Zamieszczone w niniejszej pracy badania opierają się na dużym materiale empirycznym i poruszają na ogół zagadnienia do tej pory nie publikowane. Mają one znaczenie poznawcze, a także praktyczne. Mogą bowiem przyczynić się do trafniejszego określania wielkości

przyrostu wysokości drzewostanu, a także do bardziej precyzyjnej oceny dokładności jego wyznaczania.

## Materiał empiryczny

Badania opierają się na materiale empirycznym zebrany na siedmiu zrębach badawczych założonych przez Katedrę Dendrometrii SGGW. Powierzchnie badawcze znajdowały się w jednogatunkowych mniej więcej jednowiekowych drzewostanach sosnowych od II do V klasy wieku. Ważniejsze dane charakteryzujące te powierzchnie zawiera tabela 1.

TABELA 1  
Charakterystyka powierzchni badawczych

Powierzchnia badawcza	Siedlisko	Wiek	Liczba drzew	Pow. [ha]	Średnia wys. wg Loreya [m]	Przec. pierśnica [cm]	Klasa bon. wg Schwappacha
Puszcza Augustowska (PA)	BMśw	29	646	0,12	10,5	8,3	II
Puszcza Notecka (PN)	Bśw	44	806	0,36	13,3	13,1	II
Bory Dolnośląskie (BD)	Bśw	51	539	0,36	14,6	14,9	III
Puszcza Biała (PB)	Bśw	63	500	0,75	21,3	23,8	I
Rogów (R)	LM	80	537	1,50	24,7	34,0	I
Puszcza Sandomierska (PS)	Bśw	87	561	1,25	23,9	29,6	II
Puszcza Piska (PP)	Bśw	94	507	1,3125	25,5	30,8	I

Metodyka zbierania materiałów była jednakowa na wszystkich powierzchniach. Pomierzono wszystkie drzewa znajdujące się na powierzchni. Przy opisie ograniczono się do pomiarów, których wyniki wykorzystano w tej pracy. Na drzewach stojących zmierzono pierśnicę w korze i przeprowadzono klasyfikację biosocjalną Krafta (PA, PN, BD, PP).

Pierśnicę bez kory ustalono na drzewach leżących. Pomiar pierśnic w korze i bez kory wykonano w tych samych dwu kierunkach NS i EW. Na drzewach leżących zmierzono również ich długość i przyjęto ją za wysokość drzewa. Określono także pięcioletnie przyrosty wysokości i pierśnicy oraz ustalono długość korony. Na podstawie wykonanych pomiarów obliczono dodatkowe charakterystyki drzew – procentową długość korony (długość korony wyrażona w procentach wysokości drzewa) oraz procent grubości kory na pierśnicy (różnica między pierśnicą w korze i bez kory wyrażona w procentach pierśnicy w korze).

## Wyniki badań

W badanych drzewostanach wielkość pięcioletniego przyrostu wysokości ( $Zh5$ ) waha się w dość szerokich granicach (tab. 2, ryc. 1). W dużym stopniu zależy ona od wieku drzewostanu. W młodszych drzewostanach jest ona na ogół wyższa niż w starszych. W młodszych drzewostanach wartość  $Zh5$  u poszczególnych drzew waha się od 0,41 do 3,05 m, a w starszych (80 i więcej lat) od 0,11 do 1,85 m. W tych samych grupach drzewostanów średnie wartości przyrostu wynoszą odpowiednio od 1,21 (BD) do 1,94 m (PA) i od 0,78 (PS) do 0,94 m (PP).

TABELA 2  
Charakterystyka wielkości i zmienności  $Zh5$

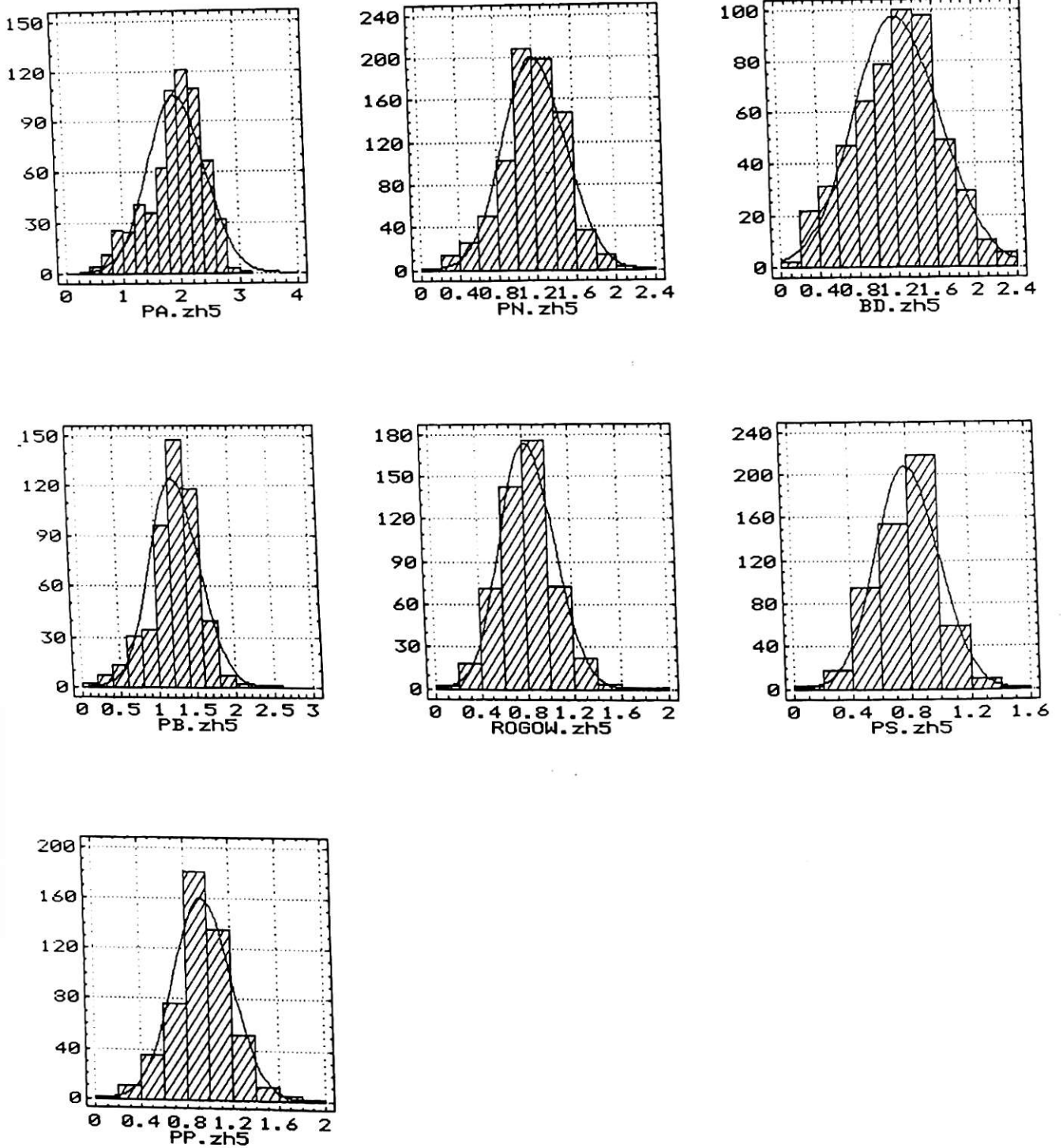
Pow.	Wiek	$N$	min.	max.	$x$	$x_e$	$x_o$	$S_x$	$V$
PA	29	649	0,41	3,05	1,94	2,03	2,16	0,489	25,2
PN	44	805	0,00	2,28	1,19	1,20	1,23	0,321	27,0
BD	51	536	0,13	2,39	1,21	1,25	1,43	0,439	35,3
PB	63	500	0,19	2,42	1,25	1,30	1,40	0,321	25,6
R	80	509	0,11	1,81	0,82	0,82	0,82	0,233	28,4
PS	87	559	0,00	1,58	0,78	0,81	0,92	0,214	27,4
PP	94	508	0,16	1,85	0,94	0,96	1,04	0,253	26,8

We wszystkich drzewostanach wartości mediany i modalnej są nieco większe od średniej arytmetycznej. Jedynie w drzewostanie z Rogowa wszystkie miary osiągnęły identyczne wielkości. Dobrą ilustracją zależności wielkości miar położenia od wieku drzewostanu są przedstawione na rycinie 2 "pudełka z wąsami" wprowadzone do literatury przez Tukeya (za Krzykowskiem 1991). Środkowa linia skrzynki określa wielkość mediany, która w tym przypadku jest bardzo zbliżona do średniej arytmetycznej. Linie brzegowe wyznaczają granicę pierwszego i trzeciego kwartyła, a "wąsy" – rozstęp (najmniejsze i największe wartości).

Zmienność przyrostu wysokości jest duża. Współczynnik zmienności w poszczególnych drzewostanach waha się od 25,2 (PA) do 35,3% (BD). W BD jest on wyraźnie większy niż w innych drzewostanach o podobnym wieku. Przyczyną tego są prawdopodobnie zakłócenia w przyroście wysokości spowodowane wystąpieniem na tym terenie w latach 1947-1949 (11-13 lat przed początkiem badań) gradacji brudnicy mniszki (17).

Przeciętny współczynnik zmienności  $Zh5$  w badanych drzewostanach wynosi 28%, jeżeli nie uwzględni się BD jest trochę mniejszy i równa się 26,7%. W obu przypadkach jest jednak duży.

Na rycinie 1 przedstawiono porównanie empirycznego rozkładu przyrostu wysokości z rozkładem normalnym. Zgodnie z testem Kołmogorowa-Smirnowa, w czterech drzewostanach, przy poziomie istotności  $\alpha = 0,01$ , nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o zgodności rozkładu empirycznego z rozkładem normalnym. W trzech pozostałych drzewo-



RYC. 1. Porównanie empirycznego rozkładu przyrostu wysokości z rozkładem normalnym w poszczególnych drzewostanach

stanach rozkład  $Zh5$  różni się istotnie od normalnego. Jednak nawet w tych drzewostanach (PA, PN, PB), w których rozkład odbiega od normalnego różnice między rozkładami nie są tak duże (na co wskazują wykresy ryc. 1 oraz małe różnice między miarami położenia),

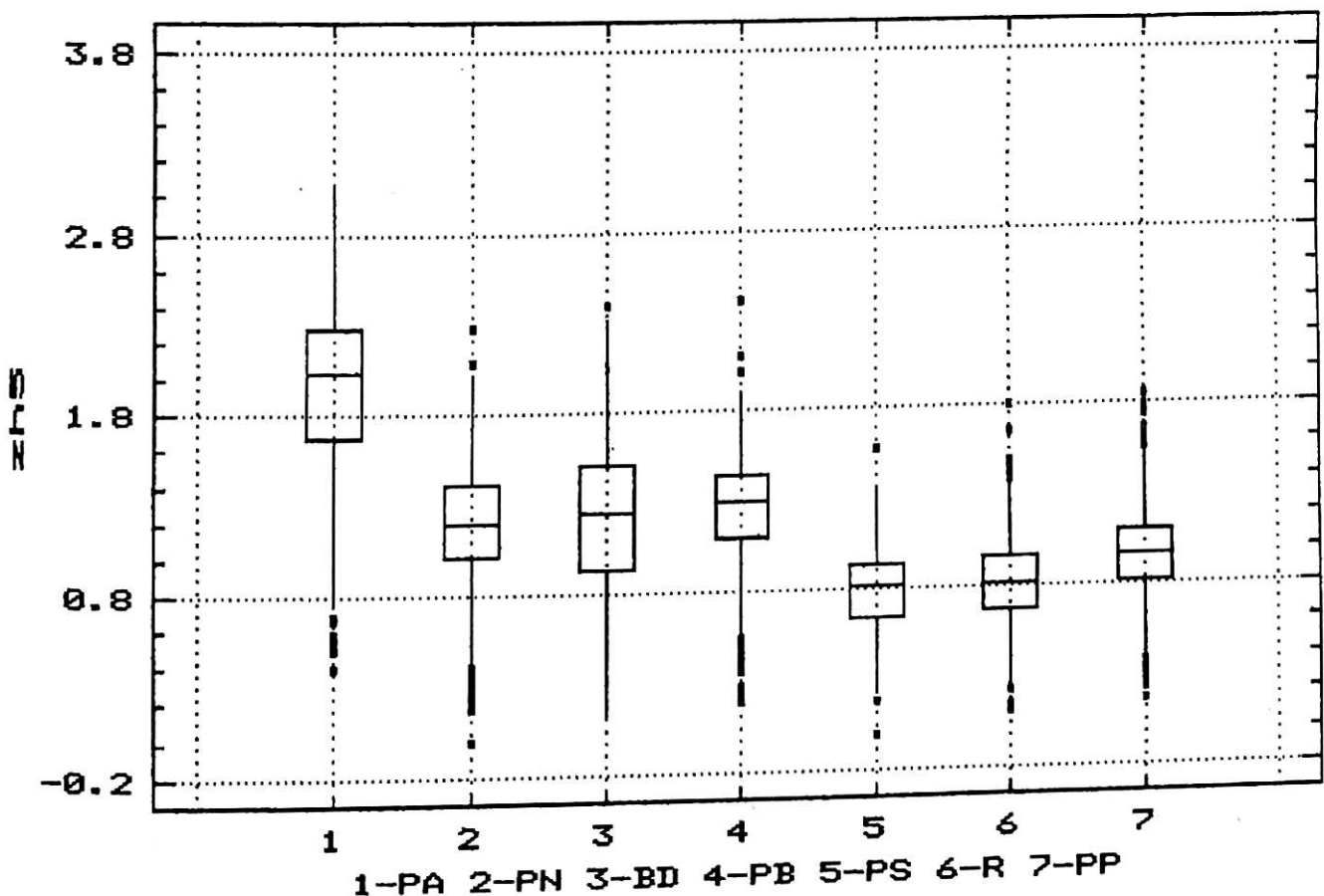
aby do przybliżonych ocen nie można było przyjąć, że rozkład jest zbliżony do normalnego. Poza tym rozkład  $Zh5$  charakteryzuje się niewielką skośnością ujemną.

W celu znalezienia cech, które mogą przyczynić się do ograniczenia dużej zmienności przyrostu wysokości przeprowadzono badania nad zależnością jego od różnych cech drzewa: pierśnicy ( $d$ ), wysokości ( $h$ ), pięcioletniego przyrostu pierśnicy ( $Zd5$ ), smukłości ( $s$ ), procentu grubości kory na pierśnicy ( $pk$ ), procentu długości korony ( $plk$ ) i klasy Krafta ( $K$ ) (tab. 3).

Ze wzrostem  $d$ ,  $h$ ,  $Zd5$ ,  $plk$  pięcioletni przyrost wysokości rośnie, a ze wzrostem pozostałych cech maleje. Stwierdzono, że siła związku między  $Zh5$  a badanymi cechami w dużym stopniu zależy od wieku drzewostanu. W młodszych drzewostanach (od 29 do 51 lat) jest ona wyraźnie większa niż w drzewostanie średniowiekowym (63 lata) i znacznie większa niż w starszych drzewostanach (od 80 do 94 lat). Ilustracją tego są wykresy równań regresji  $Zh$  od  $h$  (ryc.2).

Bez względu na wiek drzewostanu najsilniejszy związek  $Zh$  stwierdzono z wysokością drzewa. W młodych drzewostanach współczynnik korelacji wynosi przeciętnie 0,750, w średniowiekowym 0,568, a w najstarszych drzewostanach tylko 0,334.

Drugą cechą, od której w dużym stopniu zależy  $Zh5$  jest w najmłodszych drzewostanach (PA, PN) klasa Krafta, a w starszych drzewostanach przyrost pierśnicy. Związek z klasami



RYC. 2. "Pudełka z wąsami" dla poszczególnych drzewostanów

TABELA 3  
Zależność  $Z_h$  od różnych cech drzew

Pow. bad.	Wiek	Współczynniki korelacji między $Z_{h5}$ a cechami						Klasa Krafta
		$d$	$h$	$Z_{d5}$	$s$	$pk$	$plk$	
PA	29	0,724	0,862	0,786	-0,584	0,186	0,673	-0,844
PN	44	0,567	0,692	0,597	-0,365	0,121	0,526	-0,647
BD	51	0,532	0,696	0,688	-0,389	-0,187	0,580	-0,670
PB	63	0,368	0,568	0,517	-0,275	0,043	0,363	
R	80	0,075	0,218	0,155	-0,016	-0,086	0,056	
PS	87	0,219	0,438	0,292	-0,086	-0,088	0,154	
PP	94	0,082	0,345	0,416	-0,029	0,014	0,182	-0,259
Średnia dla całości		0,367	0,546	0,493	-0,249	0,104	0,362	
Średnia od PA do BD		0,608	0,750	0,690	-0,446	0,165	0,593	-0,720
Średnia od R do PP		0,125	0,334	0,288	-0,044	0,063	0,131	

biosocjalnymi ze względu na brak danych zbadano tylko w czterech drzewostanach. Współczynnik korelacji w najmłodszych drzewostanach (PA, PN, BD) wynosi średnio 0,720, w starszym drzewostanie (PP) tylko 0,259. Współczynnik korelacji między  $Z_h$  a  $Z_d$  w młodych drzewostanach wynosi 0,630, w średniowiekowym 0,517, a najstarszych 0,281.

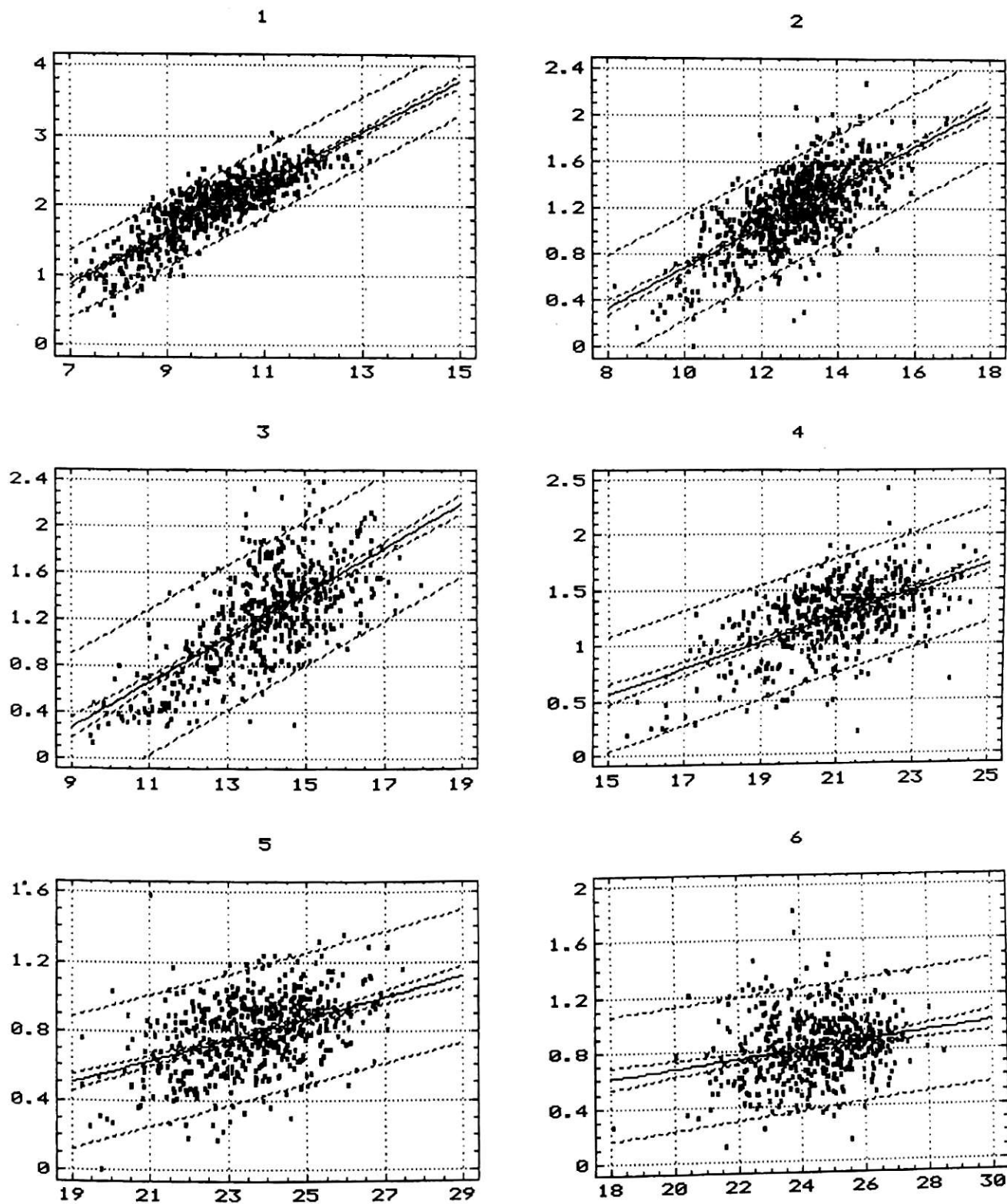
Kolejną cechą, z którą związany jest przyrost wysokości jest pierśnica. Wielkość współczynnika korelacji między  $Z_{h5}$  a  $d$ , w zależności od wieku drzewostanu, wynosi średnio 0,608, 0,368 i 0,125.

Następną cechą w kolejności, od której zależy  $Z_h$  jest procent długości korony. Wielkość miary mocy tego związku, w zależności od wieku drzewostanu wynosi:  $r = 0,593$ ,  $r = 0,363$ ,  $r = 0,131$ .

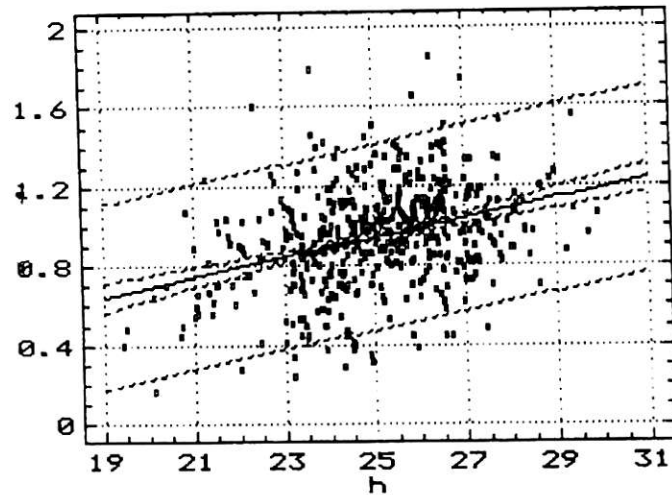
Słabszy związek od wymienionych stwierdzono między  $Z_h$  a smukłością drzewa. Wielkość  $r$  w klasach wieku wynosi odpowiednio -0,446, -0,275 i -0,044 ( $r$  nie różni się istotnie od zera).

Nie stwierdzono żadnej zależności, albo bardzo słabą, od procentu grubości kory.

W dalszych badaniach ustalono zestaw dwu i trzech cech spośród poprzednio uwzględnionych, z którymi  $Z_h$  jest najsilniej związana. Przy dwu cechach jest to w większości drzewostanów wysokość i przyrost pierśnicy, tylko w dwu najmłodszych drzewostanach (PA i PN) wysokość i względna długość korony (tab. 4). Różnice w wielkości współczynników korelacji wielokrotnej między przyrostem wysokości a wysokością i względną długością korony z jednej strony, a przyrostem wysokości, wysokością i przyrostem pierśnicy z drugiej strony, w obu drzewostanach okazały się na tyle małe, że można przyjąć, iż we wszystkich drzewostanach cechami najsilniej związanymi z przyrostem wysokości jest wysokość i przyrost pierśnicy. Uwzględnienie tych dwu cech niewiele jednak zwiększyło siłę związku  $Z_h$  w porównaniu ze związkiem tylko z samą wysokością. Wyjątkiem



RYC. 3. Regresja przyrostu wysokości ( $y$ ) od wysokości drzew ( $x$ ) 1 – PA, 2 – PN, 3 – BD, 4 – PB, 5 – PS, 6 – R

RYC. 3 cd. Regresja przyrostu wysokości ( $y$ ) od wysokości drzew ( $x$ ) 7 – PPTABELA 4  
Związek  $Zh5$  z różnymi cechami drzew

Pow. badawcza	Zależność $Zh5$ od					
	$h, Zd5$		$h, plk$		$h, K$	
	$R$	$V$	$R$	$V$	$R$	$V$
PA	0,868	12,5	0,875	12,2	0,882	11,9
PN	0,710	19,0	0,712	19,0	0,707	19,1
BD	0,736	23,9	0,717	24,6	0,706	25,0
PB	0,609	20,3				
R	0,229	27,6				
PS	0,455	24,4				
PP	0,455	23,7				

Pow. badawcza	Zależność $Zh5$ od			
	$h, Zd5, d$		$h, Zd5, K$	
	$R$	$V$	$R$	$V$
PA	0,871	12,4	0,884	11,8
PN	0,713	18,9	0,714	18,9
BD	0,771	22,5	0,735	23,9
PB	0,640	19,7		
R	0,251	27,5		
PS	0,464	24,3		
PP	0,555	22,3		



TABELA 5  
Zmienność  $Zh5$  przy wyłączonym wpływie różnych cech drzew

Powierzchnia badawcza	Wiek	Współczynnik zmienności $Zh5$ przy wyłączonym wpływie					
		$d$	$h$	$Zd$	$h/d$	$pk$	$plk$
PA	29	17,4	12,8	15,6	20,5	24,8	18,6
PN	44	22,2	19,5	21,7	25,1	26,8	23,0
BD	51	29,9	25,3	25,6	32,5	34,7	28,8
PB	63	23,8	21,1	21,9	24,6	25,6	23,9
R	80	28,3	27,7	28,1	28,4	28,3	28,4
PS	87	26,7	24,6	26,2	27,3	27,3	27,1
PP	94	26,7	25,2	24,4	26,8	26,8	26,4

tu są dwa drzewostany PP i PB, w których wzrost jest większy. Jako trzecia cecha, która ma największy wpływ na  $Zh$ , oprócz dwu wymienionych, najczęściej występuje pierśnica. W związku z tym w tabeli 4 podano również wyniki badań nad zależnością  $Zh$  od tych trzech cech. Dodatkowe uwzględnienie pierśnicy wpłynęło na wyraźniejszy wzrost wartości współczynników korelacji wielokrotnej w trzech drzewostanach (BD, PB i PP), w pozostałych drzewostanach wzrost jest nieznaczny.

Przeprowadzono także analizę zmian współczynnika zmienności  $Zh$  przy wyłączonym wpływie badanych cech (tab. 5) w porównaniu z ogólnym współczynnikiem zmienności przyrostu wysokości. Przy badaniu wpływu pojedynczych cech zanotowano największy spadek współczynnika zmienności przy wyłączeniu wpływu wysokości, następnie przyrostu pierśnicy, klasy biosocjalnej (w młodym drzewostanie) i pierśnicy, a w najmłodszych drzewostanach również względnej długości korony. Uwzględnienie dwu cech ( $h$ ,  $Zd5$ ) wpłynęło na dalszy spadek współczynnika zmienności  $Zh$ , ale w porównaniu ze współczynnikiem zmienności przyrostu wysokości przy wyłączonym wpływie samej tylko wysokości jest on w większości drzewostanów niewielki. Najmniejszy jest współczynnik zmienności  $Zh$  przy wyłączonym wpływie trzech cech:  $h$ ,  $Zd$  i  $d$ . Ale i ten współczynnik, w niektórych drzewostanach (PA, PN, R, PS) jest tylko nieznacznie niższy niż przy wyłączeniu dwu cech, a nawet przy wyłączeniu wpływu tylko  $h$  (PA, R, PS).

Chociaż zależność wielkości  $Zh$  od klasy biosocjalnej nie odegrała istotnej roli przy korelacji wielokrotnej, zbadano dodatkowo jak kształtuje się wielkość przyrostu w poszczególnych klasach i jaka jest jej zmienność. Dane te odniesiono do przeciętnych dla drzewostanu (tab. 6). Z badań tych wynika, że przeciętny przyrost wysokości drzew trzeciej klasy Krafta ma bardzo zbliżoną wartość do średniego przyrostu w całym drzewostanie. Wyniki te różnią się od danych otrzymanych przez Lemkego [9] dla drzewostanu sosnowego V klasy wieku, w którym średnia wartość pięcio i dziesięcioletniego przyrostu wysokości była zbliżona do średniej dla drugiej klasy biosocjalnej. Różnice wynikają może stąd, że drzewostan badany przez Lemkego był trochę nietypowy. Bowiem był on bezpośrednio po wykonanym zabiegu trzebieży i wyróżniono w nim tylko trzy klasy biosocjalne.

TABELA 6  
Średnie arytmetyczne i współczynniki zmienności  $Zh$  w klasach Krafta

Klasa Krafta	PA			PN		
	$n$	$Zh$	$V$	$n$	$Zh$	$V$
1	72	2,46	9,6	107	1,46	17,9
2	166	2,29	9,7	284	1,32	18,1
3	141	2,07	11,5	227	1,17	18,9
4a	111	1,83	12,9	105	0,99	28,3
4b	80	1,54	21,3	45	0,84	31,2
5a	76	1,07	26,9	37	0,60	40,6
Średnia dla drzewostanu		1,94	25,2		1,19	27,0

Klasa Krafta	BD			PP		
	$n$	$Zh$	$V$	$n$	$Zh$	$V$
1	66	1,50	21,4	56	1,00	24,7
2	209	1,39	23,7	255	0,98	24,3
3	96	1,31	28,5	149	0,93	26,5
4a	62	1,09	26,5	41	0,76	33,0
4b	46	0,80	37,3	5	0,74	24,3
5a	57	0,52	40,0	2	0,28	60,6
Średnia dla drzewost.		1,21	35,3		0,94	26,8

Zmienność przyrostu w trzech pierwszych klasach biosocjalnych jest wyraźnie mniejsza niż w całym drzewostanie. Lemke w swoich badaniach stwierdził to tylko w dwu pierwszych klasach. W pozostałych klasach zmienność jest na ogół większa.

Zbieżność wielkości  $Zh$  trzeciej klasy Krafta z przeciętną dla drzewostanu może być wykorzystana w praktyce przy wyborze drzew próbnych służących do określania przeciętnej wartości tej cechy dla drzewostanu.

W dalszej części badań określono jaka jest niezbędna liczba drzew próbnych potrzebnych do wyznaczenia przeciętnej wartości  $Zh$  dla drzewostanu, przy założonym błędzie średnim równym  $\pm 3\%$  oraz jakiego błędu średniego można się spodziewać określając  $Zh$  na podstawie 10 drzew próbnych pobieranych losowo, przeciętnych pod względem  $h$ , średnich pod względem  $h$  i  $Zd$  oraz przeciętnych pod względem  $h$ ,  $Zd$  i  $d$ . Wyniki zamieszczono w tabeli 7 i 8. Z danych tych wynika, że aby błąd standardowy określania średniej wartości  $Zh$  nie przekroczył  $\pm 3\%$ , w próbie losowej powinno znaleźć się przeciętnie 30 spostrzeżeń (drzew). W próbie złożonej z drzew o średniej wysokości od 7 do 30 spostrzeżeń. Ogólnie nieco mniej w próbach złożonych z drzew o średniej wysokości i przeciętnym przyroście pierśnicy, a także w próbach złożonych z drzew o średnich wymiarach  $h$ ,  $Zd$  i  $d$ . Największe

TABELA 7

Liczba drzew próbnych, potrzebna do określenia średniej wartości  $Zh$  dla drzewostanu z błędem średnim nie większym od  $\pm 3\%$ , w różnych sposobach ich pobierania

Pow.	Losowo	Przeciętne pod względem		
		$h$	$h, Zd$	$h, Zd, d$
PA	26	7	7	7
PN	30	16	15	15
BD	50	26	23	21
PB	27	18	17	16
R	33	31	31	31
PS	31	25	24	24
PP	29	25	23	20

TABELA 8

Błąd standardowy określania średniej wartości  $Zh5$  na podstawie 10 drzew próbnych przy różnych sposobach ich pobierania

Pow.	Losowo	Przeciętne pod względem		
		$h$	$h, Zd$	$h, Zd, d$
PA	8,0	4,0	4,0	3,9
PN	8,5	6,2	6,0	6,0
BD	11,2	8,0	7,6	7,1
PB	8,1	6,7	6,4	6,2
R	9,0	8,8	8,8	8,7
PS	8,7	7,8	7,7	7,7
PP	8,5	7,8	7,5	7,1

różnice w liczbie drzew potrzebnych do próby przy losowym ich pobieraniu i przy wyborze wystąpiły w młodych drzewostanach.

Określając średnią wartość  $Zh$  na podstawie próby złożonej z 10 drzew, przy losowym ich pobieraniu, należy się spodziewać błędu 8-9% (nie uwzględniono tu wyników dla drzewostanu BD, jako wyraźnie odbiegających od pozostałych). Przy wyborze drzew przeciętnych pod względem  $h$  należy oczekiwać błędu od 4,0% w młodych drzewostanach do około 8, a czasami 9% w starszych drzewostanach. Podobnej wielkości błędów należy się spodziewać opierając się na drzewach próbnych wybieranych jako przeciętne pod względem  $h$  i  $Zd$ , a także przy dodatkowym uwzględnieniu pierśnicy.

### Podsumowanie i wnioski

- Pięcioletni przyrost wysokości sosny jest cechą bardzo zmienną. Współczynnik zmienności jego w drzewostanach sosnowych wynosi przeciętnie 27%.

- Wielkość przyrostu wysokości w dużym stopniu zależy od wieku drzewostanu. W młodych drzewostanach jest ona wyraźnie wyższa niż w starszych.
- Zgodnie z testem Kołmogorowa-Smirnowa w większości drzewostanów nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o zgodności rozkładu  $Zh$  z rozkładem normalnym przy poziomie istotności  $\alpha = 0,01$ .
- Ze zbadanych cech: wysokości, pierśnicy, przyrostu pierśnicy, smukłości, względnej długości korony, procentowej grubości kory na pierśnicy, klasy biosocjalnej Krafta, przyrost wysokości w największym stopniu zależy od wysokości, przyrostu pierśnicy, pierśnicy, w najmłodszych drzewostanach – klasy Krafta i względnej długości korony. Siła związku między  $Zh$  a wymienionymi cechami zależy od wieku drzewostanu. Największa jest ona w młodych drzewostanach, a w miarę wzrostu wieku drzewostanu stopniowo słabnie.
- Siła związku między przyrostem wysokości a jednocześnie wysokością i przyrostem pierśnicy oraz między  $Zh$  a  $h$ ,  $Zd$  i  $d$  tylko w niewielkim stopniu jest większa niż między  $Zh$  a samą wysokością. Wskazują na to wielkości współczynników korelacji oraz współczynniki zmienności  $Zh$  przy wyłączonym wpływie tych cech.
- Przy określaniu przeciętnej wartości przyrostu wysokości drzewostanu na podstawie drzew próbnych należy kierować się przede wszystkim ich wysokością. Dodatkowe uwzględnianie przy wyborze drzew przyrostu pierśnicy i pierśnicy tylko w niewielkim stopniu podniesie dokładność wyniku albo obniży niezbędną liczbę drzew próbnych. Wskazane jest, aby przy wyborze drzew próbnych, oprócz wymienionych cech uwzględniać także klasę biosocjalną drzew i wybierać drzewa z trzeciej klasy Krafta, ponieważ przeciętnie przyrost tych drzew jest zbliżony do średniego dla drzewostanu.
- Określając  $Zh$  na podstawie 10 drzew próbnych, przy ich losowym pobieraniu, należy spodziewać się błędu średniego równego 8-9%. Przy wyborze drzew przeciętnych pod względem  $h$  należy oczekiwać błędu od 4,0% w młodych drzewostanach do około 8, a czasami 9% w starszych drzewostanach. Podobnych błędów należy się spodziewać opierając się na drzewach próbnych wybieranych jako przeciętne pod względem  $h$ ,  $Zd$  i  $d$ .

## Literatura

1. **Borowski M.**, 1970: Krytyczna ocena zastosowania przyrostu przeciętnego do określania przyrostu bieżącego. Sylwan, 12: 37-45.
2. **Borowski M., Grochowski J.**, 1969: Wyniki analizy pni drzewostanu sosnowego Lasów Rogowa. FFP, s. A, 15: 9-54.
3. **Bruchwald A.**, 1971: Metoda określania bieżącego przyrostu miąższości drzewostanu przy zastosowaniu właściwej liczby kształtu  $fL/3$ . FFP, s.A, 18: 99-131.
4. **Bruchwald A.**, 1977: Change in top height of pine forest stands with age. Bull. Acad. Pol.Sci.ser.biol. 5: 335-342.

5. **Bruchwald A.**, 1986: Dendrometria. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
6. **Gieruszyński T.**, 1961: Oznaczanie przyrostu wysokości drzew na pniu. Acta Agr. et Silv. s. Leś. vol. 2-19.
7. **Grochowski J.**, 1960: Metoda określania wstecz bieżącego przyrostu miąższości drzewostanu za pomocą tablic miąższości. FFP, s.A, 4: 5-29.
8. **Krzykowski G.**, 1991: Statgraphics 5.0. Statystyczna analiza pomiarów. Warszawa, Wyd. PLJ.
9. **Lemke J.**, 1964: Struktura i zmienność przyrostu drzew w klasach biologicznych drzewostanu sosnowego. Roczn. WSR w Poznaniu, t XXIII: 13-26.
10. **Lemke J., Meixner J.**, 1967: Badania nad dokładnością określania przyrostu wysokości drzew w drzewostanie sosnowym według sposobu T. Gieruszyńskiego. FFP, s.A, 13: 291-305.
11. **Meixner J.**, 1977: Sposoby szacowania przyrostu wysokości drzew. PTPN, WNRiL t.XLIV: 109-113.
12. **Meixner J.**, 1978: Ocena dokładności sposobów szacowania przyrostu wysokości drzew stojących. PTPN, WNRiL, t.XLVI: 81-88.
13. **Meixner J.**, 1979: Dalsze badania nad dokładnością wzorów do szacowania przyrostu wysokości drzew stojących. PTPN, WNRiL, t.XLVIII.
14. **Meixner J.**, 1981: Dokładność szacowania przyrostu wysokości drzew drzewostanu dębowego według wzorów T. Gieruszyńskiego i J. Meixnera. PTPN, WNRiL, t.LII: 101-108.
15. **Michalak K.**, 1970: Wzrost i przyrost wysokości w drzewostanie sosnowym z Puszczy Augutowsko-Suwalskiej w zależności od stanowiska biosocjalnego drzew. ZN SGGW-AR, Leśn. 15: 91-115.
16. **Michalak K.**, 1977: Rytmika przyrostu wysokości w okresie wegetacji ważniejszych gatunków drzew leśnych i jej zależność od elementów meteorologicznych. ZN SGGW-AR, Leśn. 25: 19-44.
17. **Pawlik J.**, 1968: Próba wyjaśnienia wpływu żerowania brudnicy mniszki na przyrost wysokości drzew w drzewostanie sosnowym. Maszynopis w Katedrze Produkcji Lasu.

## Summary

### Studies on 5-year height growth in pine stands

The study bases on a large empirical material collected on 7 experimental clearcuts established in tree stands from II to V age classes (Tab. 1). It was found on the basis of investigations carried out that:

- ❑ The five-year height growth of pine is a very variable trait. Its variability coefficient in pine stands is 27% on the average.
- ❑ The size of height growth greatly depends on the age of tree stand. In young stands it is clearly higher than in older ones.
- ❑ According to the Kolmogorow-Smirnow test, for the majority of stands there is no substantiation for abandoning the zero hypothesis on the concordance of the  $Zh$  distribution with the normal distribution at the significance level  $\alpha= 0.01$ .
- ❑ Analyzing the studied features: height, dbh, dbh increment, slimness, relative length of crown, percentage thickness of bark at the dbh, and the Kraft's biosocial class, one may state that the height growth depends at the greatest level on the height, dbh increment, dbh, and as for the youngest stands – on Kraft's class and relative length of crown. The strength of relationship between  $Zh$  and the features mentioned above depends on the age of stand. It is the greatest for young stands, and it gradually decreases in a measure as the stand is growing older.
- ❑ The strength of the relationship between the height growth and simultaneously height and dbh increment, and between  $Zh$  and  $h$ ,  $Zh$  and  $d$  is greater only at a slight degree than between  $Zh$  and the height. This is pointed out by the sizes of correlation coefficients and  $Zh$  variability coefficients, at the excluded impact of those features.
- ❑ When calculating the average value of stand height growth, basing on sample trees, one must take into account first of all their height. An additional consideration of dbh increment and dbh at the selection of trees will either only slightly increase the exactness of the result or it will decrease the number of sample trees. It is recommended that at the selection of sample trees, apart of the features mentioned above, one should take also into account the biosocial class of trees and select trees from the third Kraft's class, because the average growth of those trees is close to the average growth of the stand.
- ❑ When defining  $Zh$  from 10 sample trees at their random selection, one should expect the mean error equal to 8-9%. At the selection of trees being average in regard to  $h$ , one must expect the error from 4% in young stands to about 8% and sometimes 9% in older stands. Similar errors should be expected basing on sample trees selected as average ones in regard to  $h$ ,  $Zd$  and  $d$ .