

ANALIZA KSZTAŁTU STRZAŁ MODRZEWIA POLSKIEGO NA PRZYKŁADZIE DRZEWOSTANÓW Z REZERWATU IM. J. KOSTYRKI NA GÓRZE CHEŁMOWEJ

Jarosław Socha, Robert Zygmunt

Akademia Rolnicza w Krakowie

Streszczenie. Badania przeprowadzono na pomierzonych sekcyjnie 40 strzałach modrzewia polskiego pochodzących z rezerwatu ścisłego im. J. Kostyrki na Górze Chełmowej w Świętokrzyskim Parku Narodowym. Celem pracy jest analiza przebiegu krzywej morfologicznej strzały modrzewia oraz próba takiego jego opisu, który umożliwiłby określenie miąższości klas wymiarowych drewna na drzewach. Do opisu przebiegu krzywej morfologicznej strzały zastosowano model kształtu strzał opracowany przez Bi [2000]. Na zebranych materiale badawczym opracowano parametry modelu kształtu, który wyjaśnia ponad 97,5% zmienności przebiegu krzywej morfologicznej. Zastosowany sposób określania kształtu charakteryzuje się stosunkowo dużą dokładnością określania krzywej morfologicznej oraz miąższości strzał. Opracowany wzór opisujący kształt strzały modrzewia polskiego z Góry Chełmowej ma znaczenie lokalne. Jego szersze praktyczne zastosowanie wymaga oszacowania parametrów wzoru na bardziej obszernym materiale badawczym.

Słowa kluczowe: kształt strzały, model kształtu, krzywa morfologiczna, modrzew polski

WSTĘP

Zainteresowanie kształtem strzał drzew leśnych wynika między innymi stąd, że jego znajomość jest podstawą do określania miąższości sortymentów na drzewach stojących [Korol i Gadów 2003]. Obecnie kształt strzał określany jest coraz częściej za pomocą wzorów empirycznych nazywanych modelami kształtu [Flewelling i Raynes 1993, Kilkki i Varmola 1981, Fang i in. 2000]. W literaturze istnieje wiele przykładów modeli kształtu opracowanych dla różnych gatunków drzew leśnych [Dudzińska 2003, Kozak 1988, Siekierski 1992, Socha 2002, Wensel i Olson 1995]. Niektóre z polskich rozwiązań stanowią część systemu informatycznego lasów państwowych (SILP) i wykorzy-

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Jarosław Socha, Zakład Dendrometrii Wydziału Leśnego Akademii Rolniczej w Krakowie, al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków, e-mail: rlsocha@cyf-kr.edu.pl

stywane są do szacowania miąższości sortymentów. Możliwość określania miąższości sortymentów na drzewach stojących jest również bardzo istotna w wycenie drzew i drzewostanów.

Modrzew polski z Góry Chełmowej odznacza się min. szablстым wygięciem strzały [Tomanek 1987], co jest cechą dziedziczną tej populacji i może mieć wpływ na model kształtu strzały oraz określenie miąższości sortymentów drzew stojących. W literaturze brakuje opracowań dotyczących modelowego ujęcia kształtu strzał modrzewia polskiego, istnieją jedynie informacje dotyczące pierśnicowej liczby kształtu [Zygmunt 1997]. Analiza przebiegu krzywej morfologicznej strzały oraz próba takiego jego opisu, który umożliwiłby określanie miąższości klas wymiarowych drewna na drzewach stojących była celem niniejszej pracy.

MATERIAŁ BADAWCZY

Materiał badawczy pochodzi z rezerwatu ścisłego im. J. Kostyrki na Górze Chełmowej, w którym pomierzono czterdzieści drzew modrzewia polskiego. Drzewa do określenia liczby kształtu wyznaczono w sposób losowy w węzłach istniejącej już regularnej siatki kwadratów, ale wyeliminowano z niej osobniki pochyle i ze złamanym wierzchołkiem. Pomiaru wykonano na drzewach stojących w ośmiu miejscach: u podstawy, na wysokości 1,3 m i 2,6 m od podstawy oraz w środku każdej z pięciu sekcji wyznaczonych na górnej części strzały powyżej 2,6 m od podstawy pnia. Grubość u podstawy oraz pierśnicę drzew pomierzono bezpośrednio, natomiast pozostałe pomiary wykonano za pomocą telerelaskopu. Dane te posłużyły do obliczenia podstawowych cech biometrycznych drzew: pierśnicy, wysokości, miąższości strzały – jako sumy miąższości sześciu sekcji oraz pierśnicowej liczby kształtu – jako ilorazu miąższości strzały i objętości walca o średnicy równej pierśnicy oraz wysokości równej wysokości drzewa. Podstawowe cechy materiału badawczego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka materiału badawczego
Table 1. Characteristics of the study material

Cecha biometryczna Biometrical characteristics	Podstawowe statystyki Basic statistics		
	średnia mean	współczynnik zmienności variation coefficient	wartości skrajne minimum – maksimum extreme values minimum – maximum
Pierśnica Breast height diameter	70,9 cm	21,2%	[34-95] cm
Wysokość Height	30 m	17,7%	[18,3-39,6] m
Miąższość Volume	4,2227 m ³	40,1%	[0,8409-7,5911] m ³
Pierśnicowa liczba kształtu Breast height form factor	0,344	16,3%	[0,207-0,468]

Znamienną cechą modrzewi polskich objętych pomiarami była dominacja drzew starszych i grubych. W materiale próbnym znalazły się drzewa o dużych rozmiarach. Średnia pierśnica wynosiła 70,9 cm i mieściła się w przedziale 34-95 cm. Średnia wysokość wynosiła 30 m, a wartości minimalna i maksymalna odpowiednio 18,3 oraz 39,6 m. Miąższość średnia drzewa wynosiła 4,2227 m³ i mieściła się w granicach 0,8409-7,5911 m³.

METODYKA BADAŃ

Do opisu przebiegu krzywej morfologicznej strzały zastosowano model kształtu strzał opracowany przez Bi (2000), który jest rozwinięciem modelu zbieżystości Kozaka [1988]. Ogólna postać modelu zaproponowana przez Kozaka [1988] jest następująca:

$$d = B^K \quad (1)$$

gdzie: d – grubość względna na danej wysokości wyliczona jako iloraz grubości z tej wysokości i pierśnicy,
 B – funkcja bazowa,
 K – zmienny wykładnik zależny od pierśnicy, wysokości drzewa i względnej wysokości.

Do określania wartości funkcji bazowej Bi [2000] zaproponował wzór wykorzystujący funkcje trygonometryczne:

$$B = \frac{\ln \sin\left(\frac{\delta}{2} h\right)}{\ln \sin\left(\frac{\delta}{2} b\right)} \quad (2)$$

gdzie: h – wysokość względna,

b – względna wysokość pierśnicy: $b = \frac{1,3}{TH}$, TH – wysokość drzewa.

Wzór do określania wykładnika K ma natomiast postać:

$$K = a_1 + a_2 \sin\left(\frac{\delta}{2} h\right) + a_3 \cos\left(\frac{3\delta}{2} h\right) + \frac{a_4 \sin\left(\frac{\delta}{2} h\right)}{h} + a_5 D_{1,3} + a_6 h \sqrt{D_{1,3}} + a_7 h \sqrt{H} \quad (3)$$

gdzie: h – względna wysokość grubości pomierzonej na danej wysokości (H) wyliczona z ilorazu odległości od podstawy i wysokości drzewa (TH).

Ostatecznie ogólna postać modelu, który zastosowano do opisu kształtu strzał modrzewia jest następująca:

$$d = \frac{\left(\ln \sin \left(\frac{\delta}{2} h \right) \right)^{a_1 + a_2 \sin \left(\frac{\delta}{2} h \right) + a_3 \cos \left(\frac{3\delta}{2} h \right) + \frac{a_4 \sin \left(\frac{\delta}{2} h \right)}{h} + a_5 D_{1,3} + a_6 h \sqrt{D_{1,3}} + a_7 h \sqrt{H}}{\ln \sin \left(\frac{\delta}{2} b \right)} \quad (4)$$

gdzie: d – względna grubość na względnej wysokości h wyliczona jako iloraz grubości na tej wysokości i pierśnicy drzewa.

Zmienne wyjaśniające takie, jak pierśnica ($D_{1,3}$), wysokość (TH) oraz pary: grubość – wysokość z różnych wysokości strzały posłużyły do oszacowania wartości parametrów modelu (a_1 - a_7). Parametry określono po linearyzacji funkcji kształtu (1), którą uzyskano przez jej zlogarytmowanie:

$$\ln(d) = K \ln(B) \quad (5)$$

Po opracowaniu parametrów modelu kształtu przeprowadzono ocenę jego dokładności. Ocena dotyczyła dokładności określenia przebiegu krzywej morfologicznej strzały, którą ustalono porównując grubości na różnych wysokościach strzały pomierzone na drzewach z grubościami wyliczonymi na podstawie modelu. Opracowany wzór empiryczny przeanalizowano również pod względem dokładności określenia miąższości, którą sprawdzono dla całych strzał.

W celu porównania zgodności miąższości strzał z miąższościami zawartymi w tabelach miąższości drzew stojących, dla każdego z drzew odczytano miąższość tabelaryczną i porównano ją z miąższością wyliczoną na podstawie danych pomiarowych.

W celu prześledzenia zmiany kształtu strzał wraz ze zmianą rozmiarów drzew na podstawie modelu wyliczono krzywe morfologiczne drzew dla różnych wartości pierśnicy i wysokości. Porównanie tych krzywych pozwoliło na wyciągnięcie wniosków dotyczących wpływu pierśnicy i wysokości drzew na przebieg krzywej morfologicznej strzał.

WYNIKI BADAŃ

W pierwszym etapie prac obliczeniowych, po odpowiednim przekształceniu danych pomiarowych numerycznie oszacowano wartości parametrów modelu kształtu (a_1 - a_7). Wielkości poszczególnych parametrów zamieszczono w tabeli 2.

W równaniu opisującym kształt strzały spośród 7 zastosowanych parametrów 4 okazały się nieistotne. Jednak wyliczona dla modelu wartość współczynnika korelacji krzywoliniowej wynosi 0,987, co świadczy o dobrym dopasowaniu zastosowanego wzoru do danych empirycznych. Wartość skorygowanego współczynnika determinacji wynosi 0,975, zastosowany model wyjaśnia więc ponad 97,5% zmienności przebiegu krzywej morfologicznej strzał.

W celu sprawdzenia dokładności określania krzywej morfologicznej strzały za pomocą opracowanego modelu, dla każdego drzewa wyliczono grubość u podstawy, na wysokości 2,6 m oraz w połowie każdej z 5 kolejnych sekcji, na które podzielono część

Tabela 2. Parametry modelu kształtu strzały modrzewia
Table 2. Larch taper model parameters

Parametr Parameter	Wartość parametru Parameter value	Błąd standardowy Standard error	Wartość statystyki t Value of t-statistics	Poziom prawdopodobieństwa Probability level
a1	-0,1020	0,2482	-0,4108	0,6815
a2	0,5045	0,1306	3,8630	0,0001
a3	0,1679	0,0267	6,2794	0,0000
a4	0,0903	0,1495	0,6041	0,5463
a5	0,0016	0,0007	2,3619	0,0189
a6	-0,0143	0,0141	-1,0108	0,3131
a7	-0,0119	0,0093	-1,2713	0,2048

strzały powyżej 2,6 m. Kolejne grubości (sekcje) oznaczono numerami od 1 do 7 (1 – grubość u podstawy, 2 – grubość na wysokości 2,6 m, 3-7 grubości w połowie kolejnych sekcji). Grubości „modelowe” porównano z grubościami rzeczywistymi, za które przyjęto wartości pochodzące z pomiaru. Średnie błędy absolutne określenia grubości strzały na poszczególnych wysokościach, z wyjątkiem grubości na 2,6 m, nie przekraczały na ogół 1 cm (tab. 3). Odchylenie standardowe błędów absolutnych informujące o rozrzucie błędów, poza grubością u podstawy (sekcja 7), było mniejsze niż 5 cm. Zarówno skrajne wartości błędów absolutnych określenia grubości, jak i odchylenie standardowe tych błędów osiągały największe wartości dla grubości u podstawy. Nieregular-

Tabela 3. Charakterystyka dokładności określenia grubości na różnych wysokościach strzały według modelu kształtu strzały

Table 3. Characterisation of accuracy in estimation of diameter at different stem heights according to stem taper model

Sekcja Section	Błąd absolutny Absolute error				Błąd procentowy wtórny Percentage error			
	średnia mean cm	odchylenie standardowe standard deviation cm	wartości skrajne extreme values		średnia mean cm	odchylenie standardowe standard deviation cm	wartości skrajne extreme values	
			ujemna negative cm	dodatnia positive cm			ujemna negative cm	dodatnia positive %
7	-0,20	1,93	-4,11	2,45	2,37	21,95	-35,59	42,85
6	-0,25	3,25	-6,60	5,94	0,57	12,03	-19,76	28,44
5	0,15	3,56	-6,22	8,21	1,28	10,64	-15,53	30,88
4	-0,92	4,38	-10,14	6,62	-1,38	9,50	-19,50	16,42
3	0,96	4,67	-8,63	9,33	2,29	8,84	-14,85	18,39
2	1,15	1,78	-3,84	4,63	2,07	2,93	-4,52	7,18
1	0,72	8,38	-19,09	21,53	0,72	7,77	-17,20	21,53
Łącznie Total	0,18	3,97	-19,09	21,53	0,99	10,99	-35,59	42,85

ność i duża zmienność przekroju poprzecznego u podstawy strzały sprawia bowiem, że w przypadku pojedynczych drzew dokładność określenia tej grubości jest mała. W przeciwieństwie do błędów absolutnych, których odchylenie standardowe i wartości skrajne zmniejszają się wraz ze wzrostem położenia danej grubości na strzale, wartości błędów procentowych określenia grubości, z wyjątkiem podstawy drzewa, rosną wraz z wysokością względną danej grubości (tab. 3).

Poza dokładnością określania krzywej morfologicznej równie ważna jest możliwość obliczenia, za pomocą opracowanego wzoru, miąższości strzał modrzewia oraz ich części. W celu sprawdzenia dokładności określenia miąższości dla każdego z analizowanych drzew wyliczono dwie miąższości:

- 1) miąższość, którą przyjęto za rzeczywistą – wyliczoną na podstawie pomierzonych na drzewach grubości z różnych wysokości strzały,
- 2) miąższość modelową – wyliczoną na podstawie grubości z różnych wysokości strzały obliczonych za pomocą modelu kształtu.

Miąższości przyjęte za rzeczywiste porównano z miąższościami modelowymi za pomocą błędów absolutnych i błędów procentowych wtórnych. Średnie błędy określenia grubości (absolutne i procentowe) są zbliżone do zera (tab. 4). W skrajnych przypadkach błędy procentowe wynoszą $-20,6-18,2\%$. Odchylenie standardowe błędów procentowych wynosi $10,2\%$.

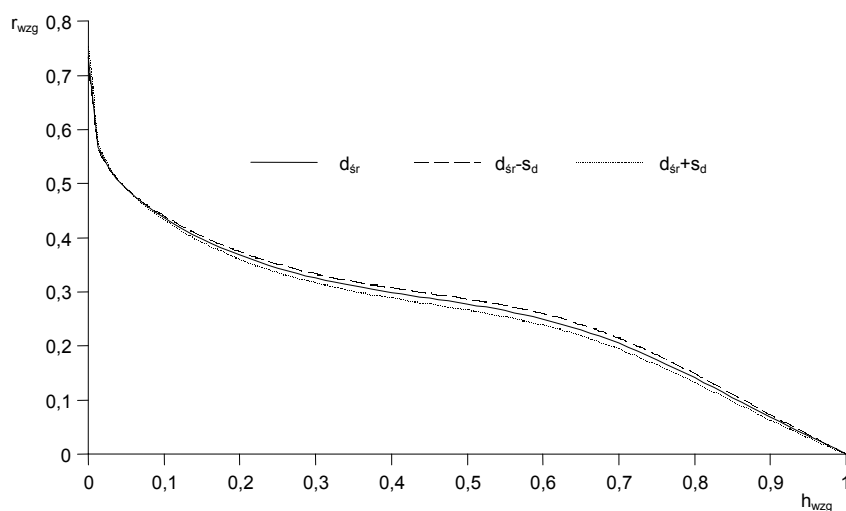
Tabela 4. Błędy absolutne i procentowe miąższości pojedynczego drzewa określonej według modelu zbieżystości i tablic miąższości drzew stojących
Table 4. Absolute and percentage errors of volume of a single tree determined according to the taper model and volume of standing trees

Charakterystyka błędu Characteristics of error	Model kształtu Taper model		Tablice miąższości Volume tables	
	błąd absolutny absolute error m ³	błąd procentowy wtórny percentage error %	błąd absolutny absolute error m ³	błąd procentowy wtórny percentage error %
Średnia Mean	0,0286	0,21	-0,1972	-5,06
Odchylenie standardowe Standard deviation	0,5454	10,21	0,4267	10,12
Wartości skrajne dodatnia Extreme values positive	1,5710	18,2	0,5498	11,76
ujemna negative	-1,0971	-20,6	-1,2112	-20,56

Oceniono też dokładność określania miąższości strzał na podstawie tablic miąższości drzew stojących. W tym celu za pomocą tablic określono miąższość każdego drzewa, a następnie porównano ją z miąższością drzewa przyjętą za rzeczywistą. Analizę tę przeprowadzono dla drzew, których wymiary pozwalały na odczytanie miąższości z tablic (w wypadku niektórych odczytanie miąższości było niemożliwe ze względu na to, że wymiary drzew znajdowały się poza zakresem pierśnic lub wysokości podawanych w tablicach). Zarówno średnie błędy absolutne, jak i procentowe określenia miąższości pojedynczego drzewa były ujemne, a średni błąd procentowy wyniósł $-5,06\%$ (tab. 4).

Dla wszystkich danych występowała znaczna przewaga błędów ujemnych nad dodatnimi, w wypadku 74% drzew błąd określenia miąższości za pomocą tablic był ujemny. Tablice miąższości drzew stojących Czuraja powodowały zatem występowanie systematycznych błędów ujemnych.

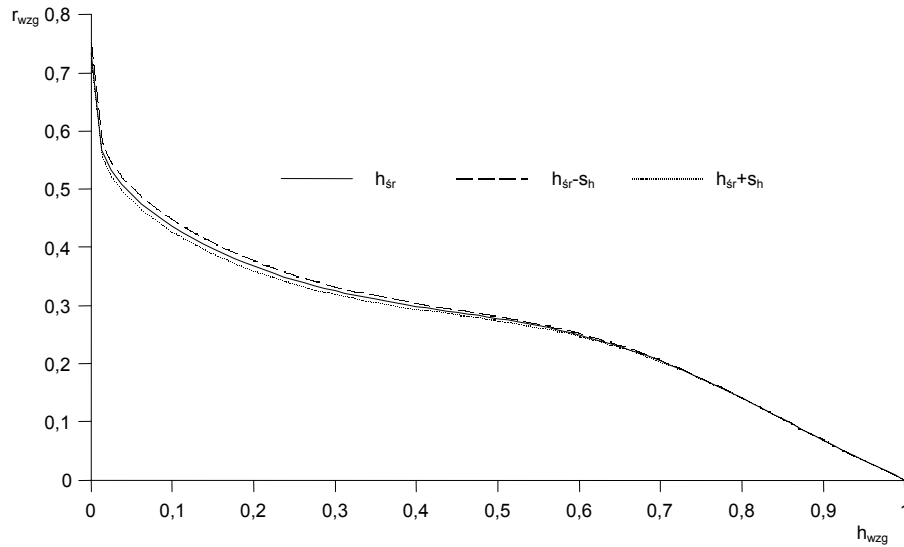
Opracowany model kształtu pozwala, na podstawie pierśnicy i wysokości, wyliczyć grubości na dowolnych wysokościach strzały. Dzięki temu umożliwia prześledzenie kształtowania się przebiegu krzywej morfologicznej strzał drzew o różnych wymiarach. Zmianę przebiegu krzywej morfologicznej strzały drzewa wraz z pierśnicą przeanalizowano wyliczając na podstawie modelu krzywą morfologiczną drzew o wysokości równej średniej wyliczonej dla całości materiału badawczego (30,01 m) oraz dla wartości pierśnicy równej średniej ($d_{sr} = 70,9$ cm) oraz średniej pomniejszonej i powiększonej o odchylenie standardowe ($d_{sr-s_d} = 56,07$ cm, $d_{sr+s_d} = 85,6$ cm). Wyliczone krzywe morfologiczne przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Wpływ pierśnicy na przebieg krzywej morfologicznej strzały
Fig. 1. The effect of d.b.h. on a stem profile

Przebieg krzywej morfologicznej strzały drzew przedstawiono za pomocą promieni względnych (r_{wzg}) na względnych wysokościach strzały (h_{wzg}) (rys. 1). Stwierdzono, że przy wysokości równej średniej, drzewa o pierśnicach mniejszych od średniej, w zakresie wysokości od około 0,05 h do wierzchołka, charakteryzują się większą grubością względną, natomiast drzewa o pierśnicach większych niż średnia mają grubości względne mniejsze. Wpływa to na wartości liczby kształtu, która rośnie wraz ze spadkiem grubości drzewa. Jedynie u podstawy strzały pierśnica nie różnicuje przebiegu krzywej morfologicznej.

W podobny sposób przeanalizowano wpływ wysokości na zmianę przebiegu krzywej morfologicznej strzał. Na podstawie modelu wykreślono krzywe morfologiczne drzew o średniej pierśnicy (70,9 cm) przy wysokościach równych wysokości średniej (h_{sr}) oraz średniej pomniejszonej o odchylenie standardowe wysokości ($h_{sr-s_h} = 24,8$ m) i powiększonej o odchylenie standardowe wysokości ($h_{sr+s_h} = 35,2$).



Rys. 2. Wpływ wysokości na przebieg krzywej morfologicznej strzały
 Fig. 2. The effect of height on a stem profile

Im większa wysokość drzewa tym grubości względne w dolnej części strzały są mniejsze – wpływ wysokości na przebieg krzywej morfologicznej strzały jest obserwowany do około 0,6 wysokości drzewa. W części wierzchołkowej nie stwierdzono zmiany przebiegu krzywej morfologicznej drzew wraz ze wzrostem wysokości.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Analizy przeprowadzone na zebranych materiale badawczym wskazują, że miąższości strzał populacji modrzewia polskiego z Góry Chełmowej, określone na podstawie opracowanych dla modrzewia europejskiego tablic miąższości drzew stojących są na ogół zaniżane. Skłania to do konieczności posługiwania się lokalnymi taryfami miąższości do których można wykorzystać opracowane równanie do określania kształtu strzały. Jego szersze zastosowanie wymaga sprawdzenia i ewentualnie ponownego oszacowania parametrów na większym materiale empirycznym, z innych stanowisk występowania modrzewia polskiego, poza Górą Chełmową. Przedstawiony model kształtu może być również narzędziem umożliwiającym analizowanie wpływu wybranych czynników na przebieg krzywej morfologicznej strzał modrzewia. Może się przyczynić do poszerzenia wiedzy o kształcie drzew i pomóc w opracowaniu nowych, dokładniejszych metod określania kształtu i miąższości.

PODSUMOWANIE WYNIKÓW I WNIOSKI

1. Na zebranych materiale badawczym opracowano model kształtu strzał modrzewia polskiego z Góry Chełmowej, który wyjaśnia ponad 97,5% zmienności przebiegu krzywej morfologicznej.

2. Zastosowany sposób określania kształtu charakteryzuje się stosunkowo dużą dokładnością. Średnie błędy absolutne określenia grubości na poszczególnych wysokościach strzały nie przekraczają na ogół 1 cm. W wypadku pojedynczych drzew błędy określenia grubości na różnych wysokościach strzały sięgają jednak do 10 cm w części strzały powyżej pierśnicy i do ponad 20 cm u podstawy strzały.

3. Dokładność określania miąższości strzał za pomocą opracowanego modelu jest duża. Dla całości materiału badawczego średni błąd określenia miąższości był zbliżony do zera. W pojedynczych wypadkach błędy określenia miąższości sięgają od około -18% do 20 %.

4. Błędy określenia miąższości poszczególnych drzew za pomocą tablic miąższości drzew stojących Czuraja są na ogół mniejsze od zera. Stosowanie tych tablic do określania miąższości drzew i drzewostanów modrzewia polskiego z Góry Chełmowej może powodować popełnianie systematycznych błędów ujemnych.

5. Opracowany wzór, opisujący kształt strzały modrzewia polskiego z Góry Chełmowej, ma znaczenie lokalne. Jego praktyczne szersze zastosowanie wymaga oszacowania parametrów wzoru na bardziej obszernym materiale badawczym. Możliwe będzie wówczas stwierdzenie, czy modrzew polski różni się kształtem strzały od modrzewia europejskiego, czy też jest to tylko wyróżnik populacji z Góry Chełmowej.

PIŚMIENNICTWO

- Bi H., 2000. Trigonometric Variable-Form Taper Equations for Australian Eucalyptus. *For. Sci.* 46 (3), 397-409.
- Dudzińska M., 2003. Model udziałów miąższości poszczególnych części strzały dla buka górskiego i nizinnego. *Sylvan* 4, 28-37.
- Fang Z., Borders B.E., Bailey R.L., 2000. Compatible Volume-Taper Models for Loblolly and Slash Pine Based on a System with Segmented-Stem Form Factors. *For. Sci.* 46 (1), 1-12.
- Flewelling J.W., Raynes L.M., 1993. Variable-shape stem-profile predictions for western hemlock. Part I. Predictions from DBH and total height. *Can. J. For. Res.* 23, 520-536.
- Kilkki P., Varmola M., 1981. Taper curve models for Scots Pine and thier applications. *Acta For. Fenn.* 174, 6-61.
- Korol M., Gadow K.V., 2003. Ein Einheitschaftmodell für die Baumart Fichte. *Forstwissenschaft. Centralblatt* 122, 3, 175-183.
- Kozak A., 1988. A variable-exponent taper equation. *Can. J. For. Res.* 18, 1363-1368.
- Kozak A., Smith J.G.H., 1993. Standards for evaluating taper estimating systems. *For. Chronicle* 69, 4, 438-444.
- Siekierski K., 1992. Model zbieżystości strzał sosen. *Sylvan* 10, 43-51.
- Socha J., 2002. A taper model for Norway spruce. *EJPAU, Forestry*, 5, 2.
- Tomanek J., 1987. *Botanika leśna*. PWRiL Warszawa, 143.
- Van Laar A., Akça A., 1997. *Forest Mensuration*. Cuvillier, Göttingen.
- Wensel L.C., Olson C.M., 1995. *Tree Taper Major Commercial California Conifers*. Hilgardia. *J. Agric. Sci.* 62, 3, 1-16.
- Zygmunt R., 1997. Liczba kształtu modrzewia polskiego w rezerwacie ścisłym na Górze Chełmowej. *Sylvan* 11, 83-90.

**AN ANALYSIS OF A STEM FORM OF POLISH LARCH (*LARIX DECIDUA*
SUBSP. *POLONICA* DOMIN.) IN THE J. KOSTYRKA FOREST RESERVE
ON THE CHEŁMOWA MT**

Abstract. The larch stem profile was analysed on the basis of 40 stems of Polish larch in the strictly protected J. Kostyrka reserve situated on the Chełmowa Mt in the Świętokrzyski National Park. An attempt was made to describe this profile in such a way that it would be possible to determine the volume of wood size classes on standing trees. For this reason the taper model worked out by Bi [2000] was used. On the basis of the material collected the taper model parameters were worked out. The model explains over 97.5% of the stem profile variation. The method of the stem form determination used is characterized by a high accuracy in determining the stem profile and stem volume. The formula worked out in this study, describing the stem form of Polish larch from the Chełmowa Mt, is of a local importance. Its practical application on a wider scale would require an estimation of formula parameters on the basis of a larger study material.

Key words: stem form, taper model, stem profile, Polish larch

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 14.04.2004 r.