

MICHAŁ MAGNUSZEWSKI, ROBERT TOMUSIAK

Ocena zgodności rozkładów empirycznych pierśnic drzewostanów dębowych starszych klas wieku z terenów Lubelszczyzny i Podkarpacia z wybranymi rozkładami teoretycznymi

Evaluation of goodness-of-fit of empirical dbh distributions of old oak stands from Lubelszczyzna and Podkarpacie regions with selected theoretical distributions

ABSTRACT

Magnuszewski M., Tomusiak R. 2011. Ocena zgodności rozkładów empirycznych pierśnic drzewostanów dębowych starszych klas wieku z terenów Lubelszczyzny i Podkarpacia z wybranymi rozkładami teoretycznymi. Sylwan 155 (2): 96-103.

Paper presents the results of investigations on agreement of empirical diameter distributions with 35 theoretical distributions in 11 old oak stands from Lubelszczyzna and Podkarpacie regions. 23 distributions turned to fit the empirical ones the most. The most suitable to model dbh distributions were three-parameter Weibull, three-parameter log-logistic and log-normal distributions.

KEY WORDS

dbh distribution, goodness-of-fit, oak

ADDRESSES

Michał Magnuszewski – e-mail: Michal.Magnuszewski@wl.sggw.pl

Robert Tomusiak – e-mail: Robert.Tomusiak@wl.sggw.pl

Samodzielny Zakład Dendrometrii i Nauki o Produktowności Lasu; SGGW; ul. Nowoursynowska 159; 02-776 Warszawa

Wstęp

Dąb jest rodzajem drzew reprezentowanym przez ponad 450 gatunków w strefie umiarkowanej i tropikalnej na półkuli północnej [Bugala 2006]. Najważniejsze typy lasów z dębem to lasy sosnowo-dębowe, dębowe lasy łąkowe, górskie lasy deszczowe i mgielne, lasy dębowo-laurowe oraz lasy dębowe twarolistne [Mai 1995 za Bugalą 2006]. Na terenie Polski dąb wraz z klonem pospolitym, klonem jaworem, wiązem i jesionem zajmuje około 8% powierzchni leśnej [Raport... 2008]. Według Bugały [2006] rzeczywisty udział dębu bez uwzględnienia powyższych gatunków wynosi około 6%. Udział miąższościowy dębu jest większy. Drzewostany dębowe stanowią około 8% zapasu Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe, co odpowiada miąższości 131,7 mln m³ [Raport... 2008]. Dąb jest jednym z ważniejszych polskich gatunków lasotwórczych. W związku z tym ważną kwestią jest poznanie kształtowania się poszczególnych jego cech, w tym kształtowania się struktury pierśnic.

Jednym ze sposobów poznania rozkładów pierśnic drzew jest ich aproksymacja za pomocą rozkładów teoretycznych. Matematyczny model rozkładu pierśnic jest jednym z etapów budowy niektórych empirycznych modeli wzrostu [Zasada 1995, 2000]. Z punktu widzenia hodowli

lasu określenie zgodności rozkładów empirycznych pierśnic z rozkładami teoretycznymi w lasach półnaturalnych, naturalnych oraz w starodrzewiach w różnych fazach rozwoju umożliwia kształtowanie drzewostanów o naturalnej stabilności zarówno w leśnictwie teoretycznym, jak i praktycznym [Rouvinen, Kuuluvainen 2005; Podlaski 2006]. Ponadto poprzez teoretyczny opis rozkładów pierśnic utworzyć można model przedstawiający strukturę drzewostanów w poszczególnych fazach rozwojowych. Skonstruować można również model struktury rozmieszczenia drzew w drzewostanie, który może znaleźć zastosowanie między innymi w planowaniu ochrony w parkach narodowych oraz dla utrzymania trwałego i zrównoważonego rozwoju leśnictwa w lasach państwowych [Shiver 1988; Podlaski 2006]. Znajomość rozkładów pierśnic i pozostałych charakterystyk drzewostanu w określonym stadium i fazie rozwoju jest także konieczna podczas przebudowy obszarów pod ochroną częściową lub całkowitą, a także w czasie zabiegów dążących do kreowania zdrowych drzewostanów z odpowiednią strukturą i składem gatunkowym zbliżonym do drzewostanów naturalnych [Rouvinen, Kuuluvainen 2005; Podlaski 2006].

W leśnej literaturze naukowej problem matematycznego opisu empirycznych rozkładów pierśnic jest poruszany od wielu lat. W polskich badaniach rozkłady pierśnic porównywane były początkowo z rozkładem normalnym [Gieruszyński 1960, 1961] oraz z rozkładem Lioucourta-Meyera i Pearsona [Jaworski i in. 2000, 2001]. Bruchwald [1988] zaproponował zastosowanie do modelowania rozkładu pierśnic w drzewostanach sosnowych podwójnego rozkładu normalnego, którego funkcję prawdopodobieństwa oraz propozycję estymacji parametrów podał później Siekierski [1991]. Badania nad zgodnością rozkładów w drzewostanach sosnowych prowadzili także Zasada [2003] oraz Zasada i Cieszewski [2005]. Uznali oni, iż najlepiej pasującymi do rozkładów empirycznych okazały się rozkłady: gamma, normalny, a na trzecim miejscu pozostał rozkład logarytmiczno-normalny. Badania nad aproksymacją empirycznych rozkładów pierśnic jodły prowadził Zasada [1995]. Stwierdził, że najlepiej pasującym rozkładem teoretycznym w litych drzewostanach tego gatunku okazał się podwójny rozkład normalny. Gdy udział jodły wynosił poniżej 90%, najlepsze wyniki uzyskał dla rozkładu Johnsona. W przypadku brzozy najbardziej zgodnym rozkładem teoretycznym okazał się rozkład Weibulla, nieco gorszymi zaś rozkłady beta oraz podwójny normalny [Zasada 2000].

W nizinnych oraz wyżynnych drzewostanach bukowych badania nad zgodnością rozkładów pierśnic prowadziły Rymer-Dudzińska i Dudzińska [1999, 2001]. Stwierdziły one, iż najlepiej aproksymującym rozkład pierśnic okazał się na niżu rozkład podwójny normalny, natomiast dla drzewostanów górskich – rozkłady logarytmiczno-normalny, Weibulla oraz beta. Badania nad zgodnością rozkładów empirycznych w wielogeneracyjnych mieszanych drzewostanach jodłowo-bukowych prowadził Podlaski [2006]. Podzielił on drzewostany w zależności od wieku na trzy kategorie: najstarsze, gdzie wiek jodły wynosił 150 lat i buka 100 lat, młodsze, gdzie jodła charakteryzowała się wiekiem od 50 lat do 150 lat, a buk od 20 lat do 100 lat, oraz najmłodsze, gdzie jodła była w wieku 50 lat, a buk – 20 lat. Na podstawie tych badań wykazał, że dla drzewostanów mieszanych wielogeneracyjnych jodłowo-bukowych najbardziej odpowiednimi okazały się rozkłady gamma i Weibulla.

Brak szerszych informacji o charakterze rozkładów pierśnic drzew w drzewostanach dębowych, za wyjątkiem pracy Bruchwalda i in. [1996], gdzie po raz pierwszy wspomniano o możliwości aproksymacji empirycznych rozkładów pierśnic rozkładami teoretycznymi. Ze względu na wagę dębu jako gatunku lasotwórczego w Polsce celem niniejszej pracy było zbadanie zgodności rozkładów empirycznych pierśnic dębu pochodzącego z terenów Lubelszczyzny i Podkarpacia z wybranymi rozkładami teoretycznymi.

Materiał i metodyka

Do określenia zgodności rozkładów pierśnic z rozkładami teoretycznymi posłużył materiał badawczy pobrany z wybranych drzewostanów dębowych starszych klas wieku z terenów Lubelszczyzny i Podkarpacia. Badania prowadzone były na terenie Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych w Lublinie i Krośnie, gdzie według Bugały [2006] drzewostany dębowe charakteryzują się dobrą i bardzo dobrą jakością. Badania przeprowadzono na 11 powierzchniach badawczych założonych na terenie RDLP w Lublinie w nadleśnictwach Chełm (1), Janów Lubelski (2), Strzelce (3) oraz na terenie RDLP w Krośnie w nadleśnictwach Leżajsk (2), Oleszyce (1) oraz Sieniawa (2). W nadleśnictwach Chełm, Janów Lubelski, Strzelce, Oleszyce i Sieniawa gatunkiem dominującym był dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.), natomiast w Nadleśnictwie Leżajsk występował dąb bezszypułkowy (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.).

Dane do pracy zebrane zostały na kołowych powierzchniach próbnych, których wielkość uzależniona była od wieku drzewostanu oraz od ilości drzew. Wynosiła ona od 0,25 do 0,50 ha (od 40 drzew na powierzchni Chełm 123j, gdzie wiek drzewostanu wynosił 219 lat, do 208 drzew na powierzchni Leżajsk 91c, gdzie wiek drzewostanu wynosił 100 lat). Na powierzchniach próbnych pomierzono pierśnicę wszystkich drzew, których grubość na wysokości 1,3 m wynosiła co najmniej 7 cm. Pierśnicę mierzono prostopadłe w dwóch kierunkach z zaokrągleniem do 1 mm. Aby przyspieszyć pomiary oraz zwiększyć ich precyzję użyto średnicomierza Mantax Digitech firmy Haglöf. Dzięki wbudowanej pamięci, która jest w stanie zapamiętać 8 000 rekordów, możliwy jest jednoosobowy pomiar oraz wykluczenie błędów, gdyż pierśnica zapisywana jest automatycznie.

Rozkłady empiryczne porównano z następującymi rozkładami teoretycznymi: trójparametrowym logarytmicznie normalnym, gamma, trójparametrowym logarytmicznie logistycznym, logarytmicznie logistycznym, trójparametrowym gamma, logarytmicznie normalnym, normalnym składanym, Birnbauma-Sandersa, odwrotnym Gaussa, logistycznym, normalnym, Maxwella, uogólnionym logistycznym, uogólnionym gamma, niekoncentrycznym t, Rayleigha, trójparametrowym Weibulla, największych skrajnych wartości, czteroparametrowym beta, Cauchy'ego, Weibulla, Laplace'a, wykładniczym potęgowym, chi-kwadrat, najmniejszych skrajnych wartości, trójkątnym, dwuparametrowym półnormalnym, dwuparametrowym wykładniczym, wykładniczym, jednostajnym, dwuparametrowym Pareto, Erlanga, F, niekoncentrycznym F oraz F Pareto. Zgodność rozkładów empirycznych z danymi rozkładami teoretycznymi została oceniona za pomocą testu Kolmogorowa-Smirnowa przy poziomie istotności $\alpha=0,05$. Do wyliczenia prawdopodobieństw testowych posłużył program Statgraphics Centurion. Po określeniu prawdopodobieństw testowych zgodności rozkładu empirycznego z danym rozkładem teoretycznym metodą rangowania wyodrębniono rozkłady najbardziej pasujące. Dla pięciu rozkładów z każdej powierzchni, dla których prawdopodobieństwo testowe było najwyższe, przyporządkowywano wartość rangi równą 1. Przy wybieraniu najlepiej dopasowanego rozkładu teoretycznego zdecydowała suma rang dla danego testu. W wyniku rangowania spośród 35 rozkładów teoretycznych wyłoniono 23, z których wybrano trzy najlepiej pasujące do rozkładów empirycznych z 11 powierzchni badawczych.

Wyniki

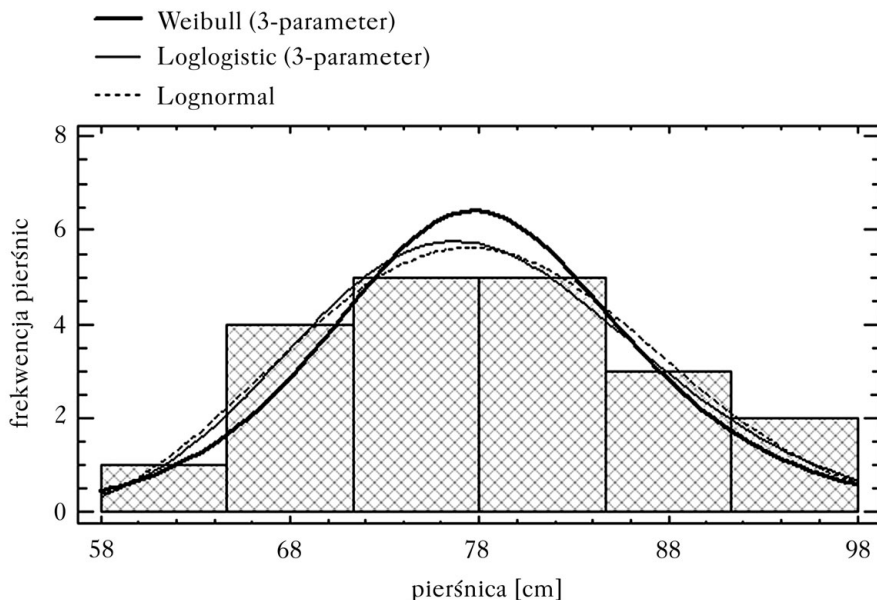
W wyniku rangowania spośród 23 rozkładów wyłoniono trzy, które otrzymały największą ilość rang (tab.). Najwyższą sumę rang otrzymały rozkład trójparametrowy Weibulla, rozkład trójparametrowy logarytmiczno-logistyczny i rozkład logarytmiczno-normalny. Rozkłady pierśnic

na poszczególnych powierzchniach przyjmowały różne formy. Przykładami rozkładów bliskich symetrycznym są drzewostany z powierzchni Chełm 123j, które cechuje rozkład o małej asymetrii prawostronnej, i Janów Lubelski 253a – o dużej asymetrii prawostronnej (ryc. 1, 2). Z kolei rozkład pierśnicy dębowy na powierzchni Leżajsk 91c cechował się małą asymetrią lewostronną (ryc. 3). Ponadto w przypadku pierśnicy dębu większość rozkładów jest leptokurtyczna. Oznacza to, że rozkład jest bardziej wysmukły niż rozkład normalny i występuje większe skupienie wartości wokół średniej. Przykładem takiego drzewostanu jest powierzchnia Strzelce 151a (ryc. 4). Stwierdzono również rozkłady platykurtyczne, czyli mniej wysmukłe i bardziej spłaszczone w porównaniu z rozkładem normalnym. Takim rozkładem charakteryzował się drzewostan z powierzchni Chełm 123j (ryc. 1).

Tabela.

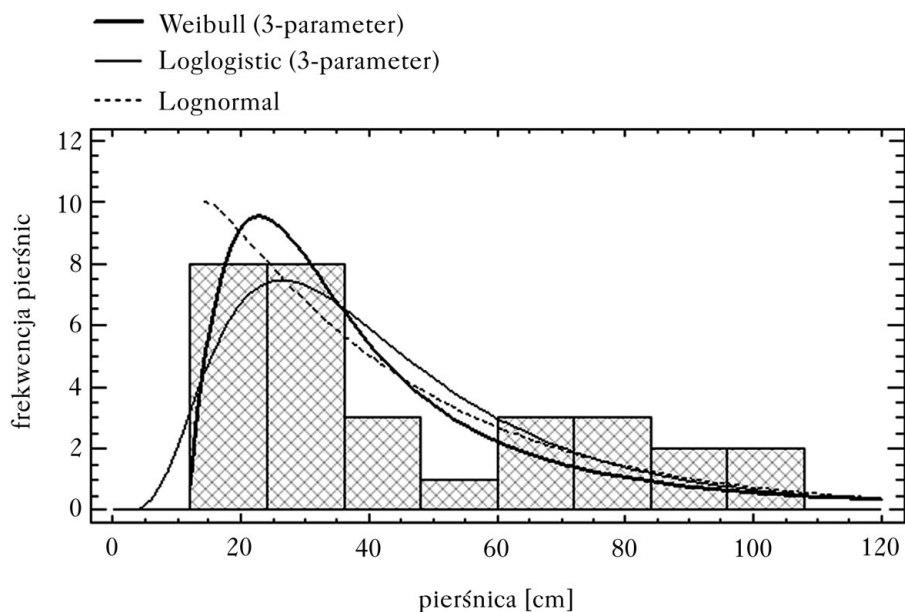
Stopień dopasowania rozkładów teoretycznych wyłonionych w procesie rangowania
Goodness-of-fit of distributions pointed out in rank classification

Typ rozkładu teoretycznego	Suma rang
Weibulla trójparametrowy	6
Trójparametrowy logarytmicznie logistyczny, logarytmicznie normalny	5
Gamma trójparametrowy, uogólniony logistyczny, logistyczny, logarytmicznie logistyczny	4
Birnbauma-Sandera, odwrotny Gaussa, normalny	3
Czteroparametrowy beta, chi-kwadrat, wykładniczy dwuparametrowy, wykładniczy potęgowy, normalny składany, największych skrajnych wartości, trójparametrowy logarytmicznie normalny, Maxwella, Weibulla	2
Gamma, Pareto dwuparametrowy, Rayleigha, trójkątny	1



Ryc. 1.

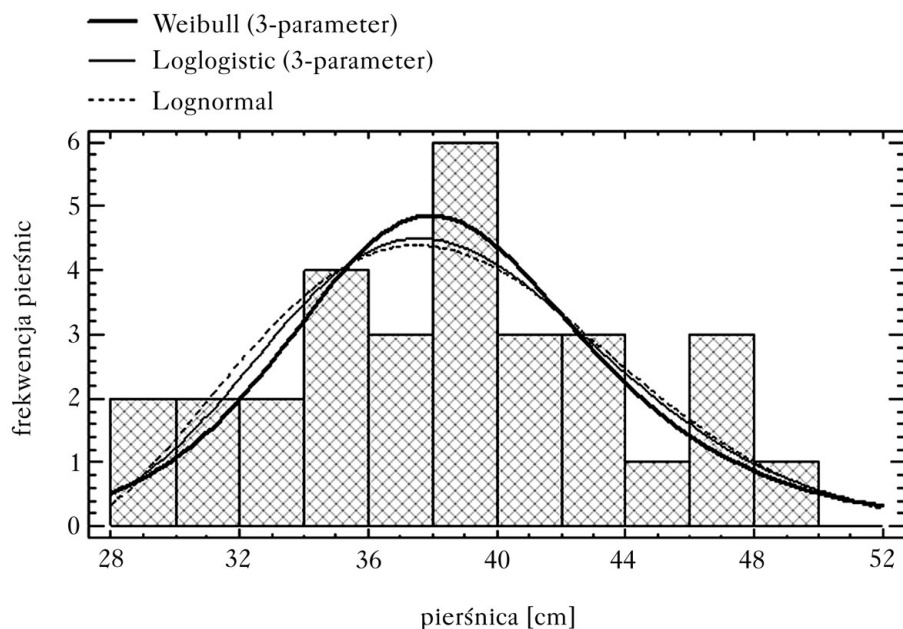
Empiryczny rozkład pierśnic na powierzchni Chełm 123j wraz z naniesionymi krzywymi gęstości prawdopodobieństwa rozkładów teoretycznych
Empirical (bars) and theoretical (lines) dbh distributions on Chełm 123j plot



Ryc. 2.

Empiryczny rozkład pierśnic na powierzchni Janów Lubelski 253a wraz z naniesionymi krzywymi gęstości prawdopodobieństwa rozkładów teoretycznych

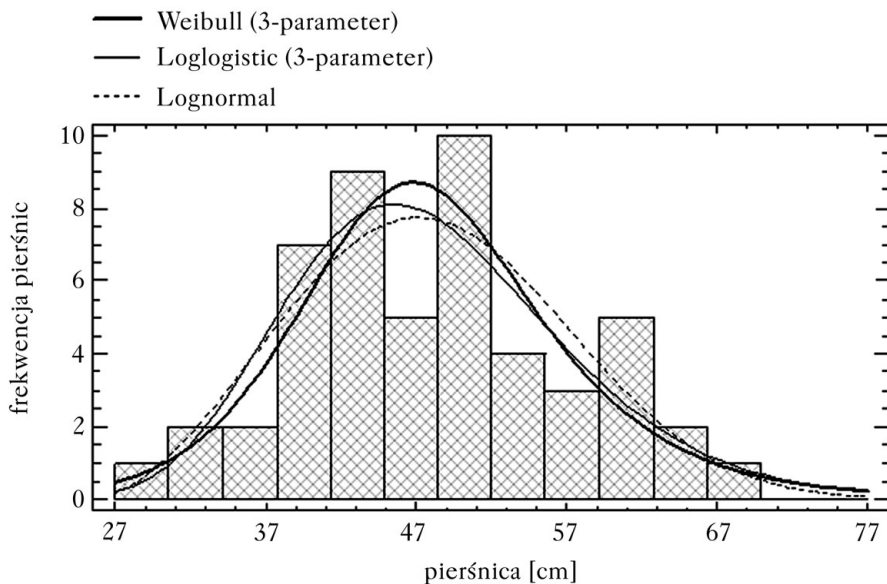
Empirical (bars) and theoretical (lines) dbh distributions on Janów Lubelski 253a plot



Ryc. 3.

Empiryczny rozkład pierśnic na powierzchni Leżajsk 91c wraz z naniesionymi krzywymi gęstości prawdopodobieństwa rozkładów teoretycznych

Empirical (bars) and theoretical (lines) dbh distributions on Leżajsk 91c plot



Ryc. 4.

Empiryczny rozkład pierśnic na powierzchni Strzelce 151a wraz z naniesionymi krzywymi gęstości prawdopodobieństwa rozkładów teoretycznych

Empirical (bars) and theoretical (lines) dbh distributions on Strzelce 151a plot

Dyskusja

Najlepiej modelującymi rozkłady pierśnic drzewostanów dębowych starszych klas wieku z terenów Lubelszczyzny i Podkarpacia okazały się trójparametrowy rozkład Weibulla, trójparametrowy rozkład logarytmiczno-logistyczny oraz rozkład logarytmiczno-normalny. Rozkład Weibulla okazał się również rozkładem, który najlepiej modeluje pierśnice drzew w przypadku brzozy [Zasada 2000] oraz buka rosnącego w drzewostanach w warunkach górskich [Rymer-Dudzińska, Dudzińska 1999, 2000]. Rozkład logarytmiczno-normalny był odpowiedni w przypadku modelowania pierśnic w drzewostanach sosnowych [Zasada 2003; Zasada, Cieszewski 2005] oraz w drzewostanach bukowych rosnących w warunkach górskich [Rymer-Dudzińska, Dudzińska 1999, 2001]. Według Kilkki i in. [1989] oraz Shivera [1988] rozkład Weibulla jest dobrym rozkładem do aproksymacji pierśnic ze względu na swoją elastyczność oraz brak komplikowania. Zdaniem Zhanga i Liu [2006] jest on najodpowiedniejszy do opisu jednomodalnych rozkładów pierśnic drzewostanów jednowiekowych. Przykładem takich drzewostanów mogą być drzewostany dębowe, które badano w niniejszej pracy. W przypadku złożonej struktury pierśnic, do jej modelowania należy użyć rozkładów łączonych (mieszanych), czyli połączenia różnych rodzajów rozkładów, co wykorzystywali Zasada [2003], Zasada i Cieszewski [2005] oraz Zhang, Liu [2006].

Wnioski

✦ W przypadku dębu pochodzącego z terenów Lubelszczyzny i Podkarpacia najbardziej odpowiednimi rozkładami teoretycznymi do modelowania rozkładów empirycznych pierśnic okazały się trójparametrowy rozkład Weibulla, trójparametrowy rozkład logarytmiczno-logistyczny oraz rozkład logarytmiczno-normalny.

- ♣ Większość rozkładów pierśnic w drzewostanach dębowych charakteryzuje się asymetrią prawostronną i jest leptokurtyczna, o bardziej skoncentrowanych wartościach niż przy rozkładzie normalnym.
- ♣ Konfrontacja przeprowadzonych badań z literaturą dotyczącą modelowania rozkładów pierśnic drzew pozwala wnioskować, iż rozkład Weibulla jest odpowiedni do aproksymacji pierśnic różnych gatunków drzew ze względu na swoją elastyczność, stosunkowo proste szacowanie parametrów oraz łatwość ich biometrycznej interpretacji.

Literatura

- Bruchwald A. 1988. Simulation algorithm of the distribution of b.h. diameters of trees in pine stands. *Annals Warsaw Agricultural University-SGGW-AR. Forestry and Wood Technology* 37: 91-95.
- Bruchwald A., Dudzińska M., Wirowski M. 1996. Model wzrostu dla drzewostanów dębu szypułkowego. *Sylwan* 140 (10): 35-44.
- Bugała W. 2006. Dęby. PAN, Poznań- Kórnik.
- Gieruszyński T. 1960. O zmienności cech taksacyjnych drzew w dojrzałych drzewostanach świerkowych. *Folia Forestalia Polonica* 2: 5-44.
- Gieruszyński T. 1961. Zmienność elementów miąższości drzew w drzewostanach jodłowych Beskidu Sądeckiego. *Folia Forestalia Polonica* 7: 87-111.
- Jaworski A., Kołodziej Z., Pach M. 2001. Skład gatunkowy, budowa i struktura drzewostanów w rezerwacie Śrubita. *Sylwan* 145 (6): 21-47.
- Jaworski A., Kołodziej Z., Skoczeń W. 2000. Budowa i struktura górnoreglowych borów świerkowych na Pilsku. *Sylwan* 144 (7): 35-53.
- Kilkki P., Maltamo M., Mykkanen R., Paivinen R. 1989. Use of the Weibull function in estimating the basal area dbh-distribution. *Silva Fennica* 23(4): 311-318.
- Podlaski R. 2006. Suitability of the selected statistical distributions for fitting diameter data in distinguished development stages and phases of near-natural mixed forests in the Świętokrzyski National Park (Poland). *Forest Ecology and Management* 236: 393-402.
- Raport o stanie lasów 2007. 2008. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa.
- Rouvinen S., Kuuluvainen T. 2005. Tree diameter distributions in natural and managed old *Pinus sylvestris* – dominated forests. *Forest Ecology and Management* 208: 45-61.
- Rymer-Dudzińska T., Dudzińska M. 1999. Analiza rozkładu pierśnic w drzewostanach bukowych. *Sylwan* 143 (8): 5-24.
- Rymer-Dudzińska T., Dudzińska M. 2001. Rozkład pierśnic drzew w nizinnych drzewostanach bukowych. *Sylwan* 145 (8): 13-22.
- Shiver D. 1988. Sample Sizes and Estimation Methods for the Weibull Distribution for Unthinned Slash Pine Plantation Diameter Distributions. *Forest Science* 34: 809-814.
- Siekierski K. 1991. Three methods of estimation of the parameters in the double normal distribution and their applicability to modeling tree diameter distributions. *Ann. Warsaw Agricultural University-SGGW-AR. Forestry and Wood Technology* 42: 13-17.
- Zasada M. 1995. Ocena zgodności rozkładów pierśnic w drzewostanach jodłowych z niektórymi rozkładami teoretycznymi. *Sylwan* 139 (12): 61-69.
- Zasada M. 2000. Ocena zgodności rozkładów pierśnic drzew drzewostanów brzożowych z niektórymi rozkładami teoretycznymi. *Sylwan* 144 (5): 43-51.
- Zasada M. 2003. Możliwość zastosowania rozkładów mieszanych do modelowania rozkładów pierśnic drzew w naturalnych klasach biosocjalnych. *Sylwan* 147 (9): 27-37.
- Zasada M., Cieszewski J. 2005. A finite mixture distribution approach for characterizing tree diameter distributions by natural social class in pure even – aged Scots pine stands in Poland. *Forest Ecology and Management* 204: 145-148.
- Zhang L., Liu C. 2006. Fitting irregular diameter distributions of forest stands by Weibull, modified Weibull, and mixture Weibull models. *Journal of Forest Resource* 11: 370-372.

SUMMARY

Evaluation of goodness-of-fit of empirical dbh distributions of old oak stands from Lubelszczyzna and Podkarpacie regions with selected theoretical distributions

Paper presents the results of investigations on agreement of empirical diameter distributions with 35 theoretical distributions in 11 old oak stands from Lubelszczyzna and Podkarpacie regions. From group of 23 theoretical distributions the most suitable ones to model dbh distributions were three-parameter Weibull, three-parameter log-logistic and log-normal distributions (fig. 1-4). For old oak stands from Lubelszczyzna and Podkarpacie regions the most suitable to model empirical diameter distributions with theoretical is three-parameter Weibull distribution. The confrontation with literature reveals that it is very good to model many diameter distributions of different species because of its flexibility, simple estimation of parameters and easy biometrical interpretation.