FOLIA FORESTALIA POLONICA
Seria B, zeszyt 28, 1997

PROMIENIOWA ZMIENNOŚĆ WYBRANYCH PARAMETRÓW STRUKTURALNYCH DREWNA JAKO WSKAŹNIK MŁODOCIANEGO OKRESU WZROSTU JESIONU (*Fraxinus excelsior* L.)*

Lidia Helińska-Raczkowska, Ewa Fabisiak
Katedra Nauki o Drewnie
Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

Badano promieniową zmienność parametrów elementów strukturalnych drewna jesionu w funkcji wieku kambialnego przyrostów rocznych. Z doświadczalnych przyrostów drewna sporządzono maceraty i preparaty mikroskopowe przekroju poprzecznego. Na nietrwałych preparatach zmacerowanego drewna mierzono długość i średnicę włókien oraz elementów naczyń wczesnych i późnych. Na stałych preparatach dokonywano pomiarów: światła naczyń, pola powierzchni, częstości występowania oraz udziału. Pomiary przeprowadzono przy użyciu analizatora obrazu, który składał się z mikroskopu, kamery i mikrokomputera.

Słowa kluczowe: jesion, włókna, elementy naczyń, wiek przyrostów, drewno młodociane, drewno dojrzałe

WSTĘP

Drewno młodociane występuje, jak wiadomo, zarówno w drzewach iglastych jak i liściastych (np. Zobel i Buijtenen 1989). Strefa drewna młodocianego jest umiejscowiona w środkowej części pnia wokół rdzenia. Obecność strefy drewna młodocianego w pniach drzew powoduje zróżnicowanie właściwości drewna w funkcji odległości od rdzenia i jest przyczyną niejednorodności jakości surowca drzewnego w obrębie pnia. Badania nad drewnem młodocianym drzew liściastych są dotychczas, w porównaniu z drzewami iglastymi, mniej zaawansowane i rozwinięte (Nepveu 1981, Ross i in. 1990, Zhang i in. 1994, Helińska-Raczkowska 1994, Helińska-Raczkowska i Fabisiak 1995). Jednym z ważniejszych aspektów tych badań jest wyznaczenie wieku kambialnego przyrostów rocznych, w którym ustaje tworzenie się drewna młodocianego, a zaczyna się wytwarzanie drewna dojrzałego. Znajomość tej granicy jest niezbędna do oceny zróżnicowania jakości drewna w pniach drzew, a także wpływu na to zróżnicowanie zabiegów hodowlanych zmierzających do porawy jakości surowca drzewnego (np. Zobel i Talbert 1984, Giertych 1995). Inaczej mówiąc, znajomość granicy między drewnem młodocianym i dojrzałym na przekroju pni drzew jest potrzebna zarówno leśnikom jak i drzewiarzom.

Celem niniejszej pracy jest w rozważanym kontekście bliższe poznanie tych parametrów elementów strukturalnych drewna jesionu, które w funkcji wieku kambialnego

---

* Praca przedstawiona na 11 konf. nauk. Wydziału Technologii Drewna SGGW i Komitetu Technologii Drewna PAN w Warszawie. Drewno - materiał ekologiczny, 18-19 listopada 1997

przyrostów rocznych mogą stanowić kryterium rozgraniczenia strefy drewna młodocianego i dojrzałego na przekroju poprzecznym pni drzew.

METODYKA BADAŃ

Powierzchnię próbną wybrano w drzewostanie mieszanym, (jesion, brzoza, sporadycznie dąb), bonitacji II/III na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego AR w Poznaniu - Murowana Goślina (Leśnictwo Rakownia). Do badań ścięto trzy drzewa jesionu wyniosłego (*Fraxinus excelsior* L.) w wieku ok. 80 lat, należące do klasy drzew dominujących. Pierśnica drzew doświadczalnych w korze wynosiła 27-31 cm, a ich wysokość 19-20 m.

Do badań wycięto krążki z 1/4 wysokości drzew, tj. z odległości 5 m od szyi korzeniowej. Z krążków doświadczalnych wyrabiano wzdłuż średnicy północ-południe listewki doświadczalne o szerokości 20 mm. Do badań przeznaczono listewkę wyciętą wzdłuż promienia północnego. Do doświadczeń wybrano następujące przyrosty roczne licząc od rdzenia: 3, 6, 9, 12, 15, 20 i dalej co piąty przyrost aż do obwodu. Z doświadczalnych przyrostów sporządzono maceraty i preparaty mikroskopowe przekroju poprzecznego.

Maceracją przeprowadzono w mieszaninie lodowatego kwasu octowego z wodą utlenioną o stężeniu 30% (1:1). Proces maceracji prowadzono w temperaturze 60° C przez 24 godziny.

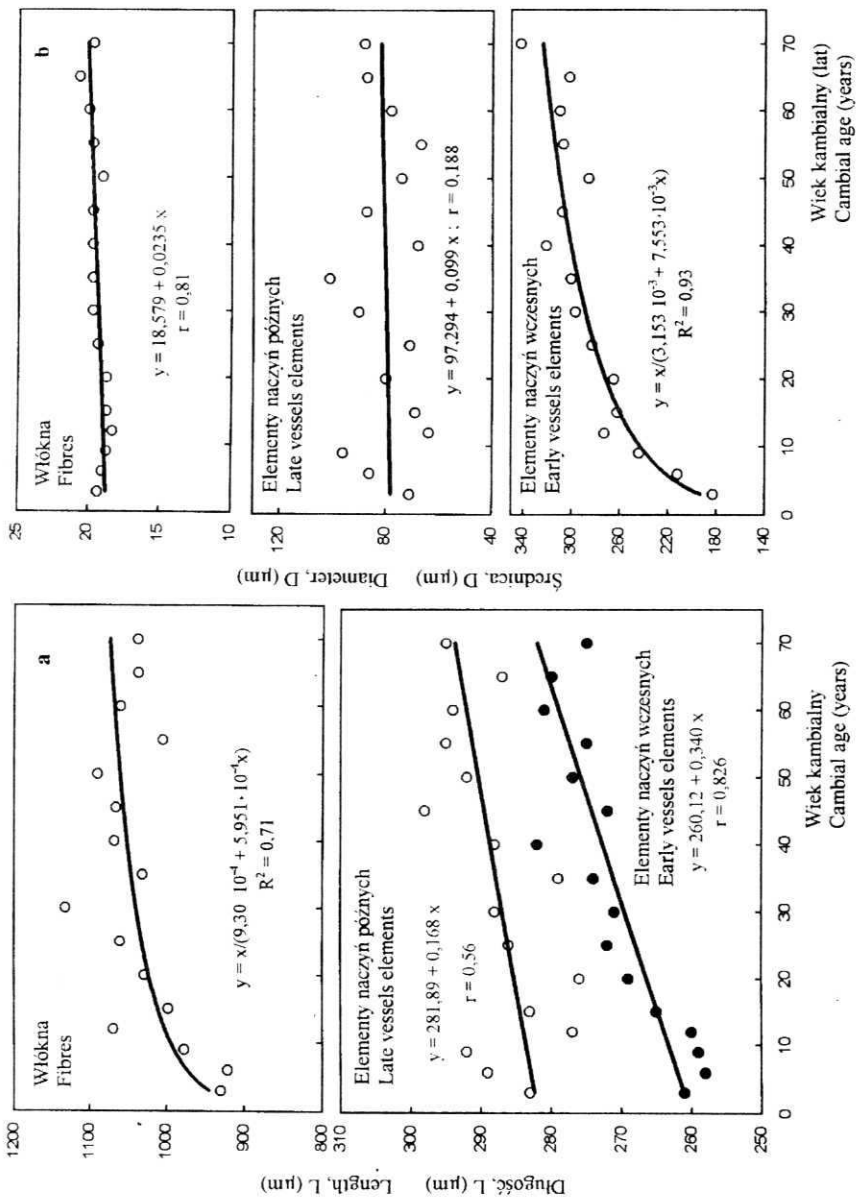
Próbki przeznaczone do sporządzania preparatów przekroju poprzecznego obejmowały cały badany przyrost oraz część poprzedniego i część następnego przyrostu rocznego. Próbki te w celu ich uplastycznienia gotowano w mieszaninie wody destylowanej i gliceryny (1:1) przez około 6 dni. Rozmiękczone próbki przechowywano w mieszaninie etanolu, gliceryny i wody. Z próbek tych sporządzono skrawki mikrotomowe o grubości ok. 20μm przy użyciu mikrotomu saneczkowego (Leica model Histoslide 2000). Ze wspomnianych skrawków wykonywano stałe preparaty zatapiane w balsamie kanadyjskim według powszechnie stosowanych procedur.

Na nietrwałych preparatach zmacerowanego drewna mierzono długość i średnicę włókien oraz elementów naczyń wczesnych i późnych. W każdym z badanych przyrostów mierzono długość i średnicę elementów naczyń na 15 elementach naczyń wczesnych i późnych oraz długość i średnicę włókien na 30 włóknach. Na stałych preparatach przekroju poprzecznego dokonywano następujących pomiarów: światło naczyń, pole powierzchni, częstość występowania i udział. Mierzono oddzielnie światła naczyń wczesnych na początku przyrostu (pierwszy pierścień naczyń wczesnych) - po 15 naczyń w przyroście i oddzielnie światła naczyń wczesnych w całej szerokości strefy drewna wczesnego - po 25 naczyń w przyroście. W badaniach nad rozmieszczeniem naczyń w przyroście gatunków pierścieniowo-naczyniowych często stosuje się pomiar naczyń wczesnych tylko na początku przyrostu (np. Woodcock 1994).

Pomiary przeprowadzono przy użyciu analizatora obrazu, który składał się z mikroskopu, kamery i mikrokomputera. Komputer został wyposażony w specjalną kartę rozszerzającą. Do obsługi karty i całego układu użyto programu o nazwie Imal. Łącznie wykonano ponad 13000 pomiarów*.

---

* W realizacji doświadczeń uczestniczyli dyplomanci Katedry Marek Pawełczyk i Krzysztof Pacholczak



Rys. 1. Zależność między długością (a) i średnicą (b) włókien i elementów naczyń a wiekiem kambialnym przyrostów rocznych jesionu

Fig. 1. Relationship between the length (a) and diameter (b) of fibres and vessel elements versus the cambial age of annual rings in ash trees

WYNIKI BADAŃ

Statystyczna analiza wyników wykazała, że pomiary przeprowadzone zostały z zadawalającą dokładnością. Średni współczynnik zmienności wynosi bowiem dla długości włókien i elementów naczyń oraz dla średnicy włókien i elementów naczyń wczesnych od 10 do 16%. Wyjątek stanowi średnica elementów naczyń późnych, dla których współczynnik zmienności wynosi 40%. Histogramy rozkładu częstości mierzonych elementów anatomicznych wykazały, że odznaczają się one rozkładem normalnym. Od tej prawidłowości odbiega jedynie histogram rozkładu częstości średnicy elementów naczyń późnych, który jest prawostronnie asymetryczny.

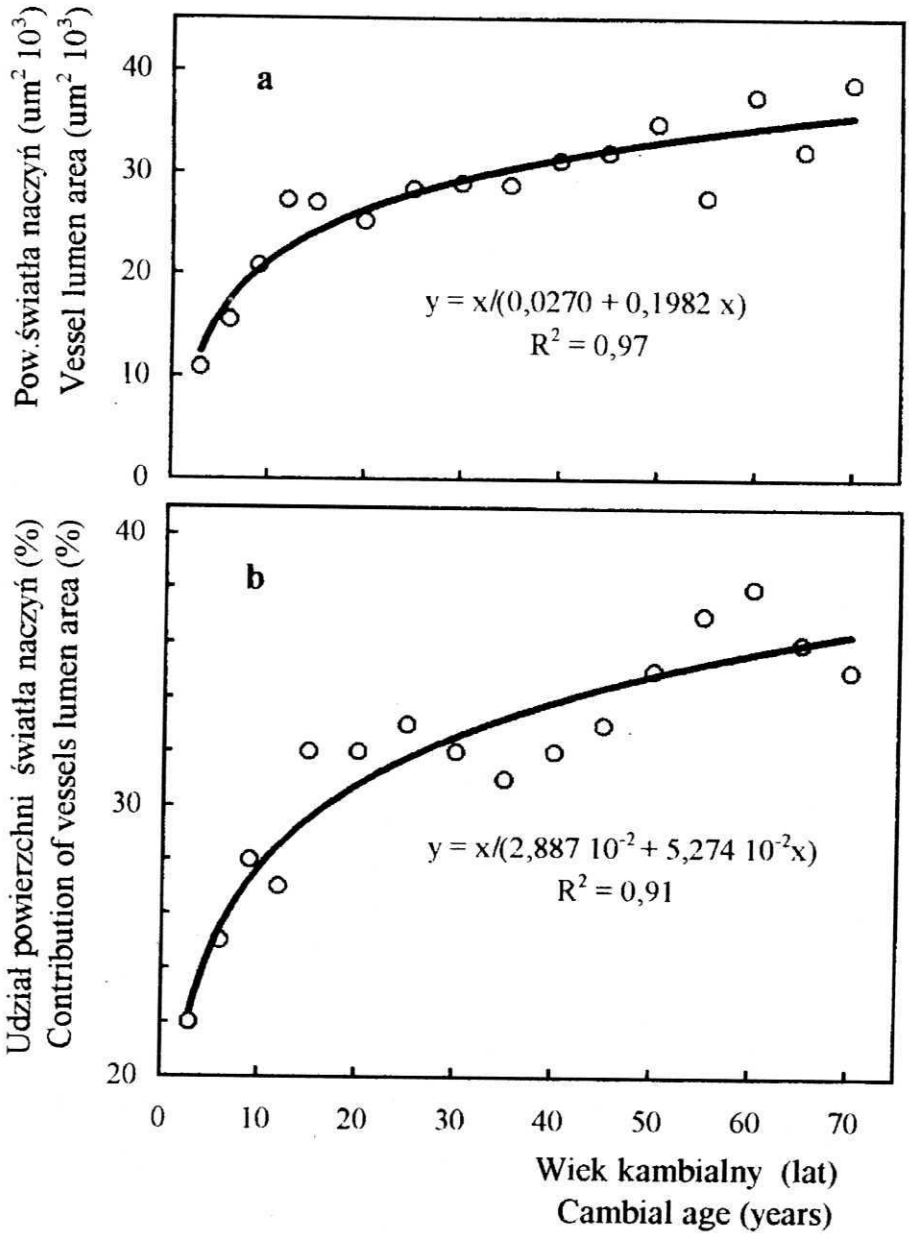
Wykresy obrazujące długość włókien i elementów naczyń w funkcji wieku kambialnego przedstawiono na rys. 1a. Z rysunku tego wynika, że długość włókien zwiększa się wyraźnie od rdzenia do około 30 przyrostu przy minimalnej tendencji zwyżkowej w dalszych przyrostach. Długość zaś elementów naczyń wczesnych i poźnych zwiększa się prostoliniowo wraz z wiekiem przyrostów aż do obwodu. Przy czym wzrost długości elementów naczyń wczesnych jest nieco bardziej wyraźny. Warto zaznaczyć, że długość elementów naczyń późnych jest nieco większa w porównananiu z elementami naczyń wczesnych. Podobne relacje między długością naczyń wczesnych i późnych zaobserwowano już wcześniej na przykładzie *Fraxinus americana* (Panshin i de Zeeuw 1980).

Wykresy przedstawiające średnicę włókien i elementów naczyń w funkcji wieku kambialnego zobrazowano na rys. 1b. Z danych przedstawionych na tym rysunku wynika, że średnica włókien praktycznie nie zależy od wieku kambialnego przyrostów. Podobnie brak jest zależności między średnicą elementów naczyń późnych i wiekiem kambialnym przyrostów. Występuje natomiast wyraźna zależność krzywoliniowa pomiędzy średnicą elementów naczyń wczesnych i wiekiem kambialnym. Zależność tę charakteryzuje wysoki współczynnik determinacji (R^2= 0,93). W przedziale około 30 przyrostów wokół rdzenia średnica elementów naczyń wczesnych wyraźnie zwiększa się. W dalszych zaś przyrostach utrzymuje się praktycznie na mniej więcej stałym poziomie przy nieznacznej tendencji zwyżkowej.

Również pole powierzchni światła naczyń wczesnych wykazuje, ze zrozumiałych względów, podobną charakterystyczną krzywoliniową zależność wraz z wiekiem kambialnym przyrostów (rys. 2).

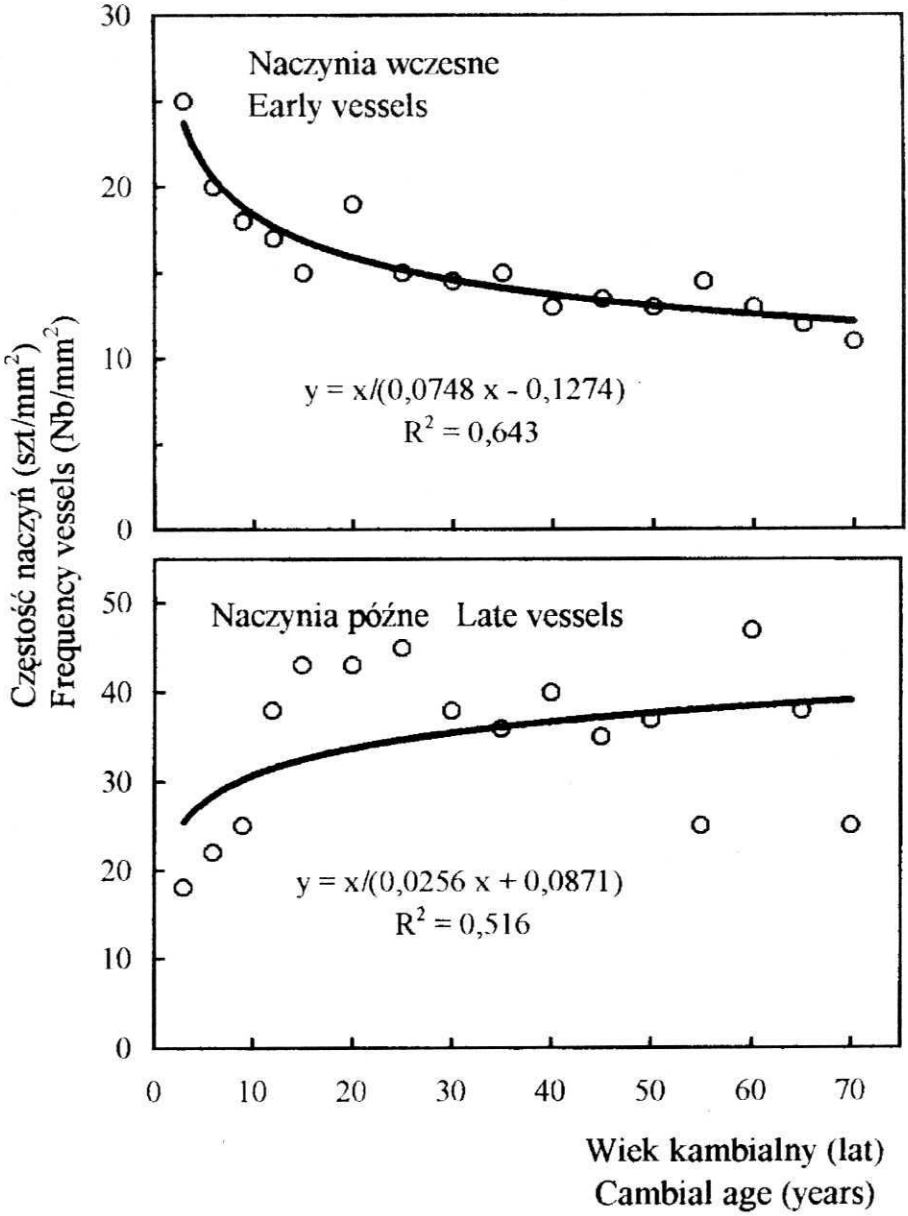
Warto zwrócić uwagę,że częstość występowania naczyń wczesnych i późnych w funkcji wieku kambialnego ma także przebieg wyraźnie krzywoliniowy (rys. 3). Z danych tego rysunku widać, że do pewnego wieku przyrostów częstość naczyń wczesnych obniża się, a naczyń późnych odwrotnie - wzrasta. Widać stąd, że częstość światła naczyń jest odwrotnie proporcjonalna do ich średnicy ($y=44,843-0,262x+0,0005x^2$; R^2=0,82). Między szerokością przyrostów rocznych, a udziałem powierzchni światła naczyń w całej szerokości przyrostów występuje korelacja negatywna. Innymi słowy, ze wzrostem szerokości przyrostów rocznych zmniejsza się udział powierzchni światła naczyń w przyroście.

Przedstawiony w pracy wpływ wieku kambialnego przyrostów na parametry elementów anatomicznych drewna jesionu odpowiada w ogólnych zarysach wynikom wcześniejszych prac dotyczących rodzaju *Fraxinus* (Schneider 1896, Kollmann 1941, Bosshard 1951, Panshin i de Zeeuw 1980, Petrič i in. 1994) i innych pierścieniowo naczyniowych (np. Zobel i Buijtenen 1989, Helińska - Raczkowska i Fabisiak 1991, Helińska - Raczkowska 1994, Huber 1993, Phelps i Workman 1994, Woodcock 1994).



Rys. 2. Wpływ wieku kambialnego na pole powierzchni indywidualnych naczyń wczesnych na początku przyrostu (a) i udział powierzchni światła naczyń w drewnie wczesnym (b) jesionu

Fig. 2. Effect of the cambial age on the area of individual early vessels in the begining of ring (a) and the contribution of vessels lumen area in early wood (b) of ash tree



Rys. 3. Wpływ wieku kambialnego przyrostów jesionu na częstość występowania naczyń w drewnie wczesnym i późnym

Fig. 3. The effect of cambial age of ash tree rings on the frequency of vessel occurrence in early and late wood

Wyniki przedstawionych doświadczeń wskazują, że krzywoliniowe zależności między wiekiem kambialnym i niektórymi parametrami elementów anatomicznych mogą być wykorzystane do wyznaczenia wieku granicznego pomiędzy strefą drewna młodocianego i dojrzałego na przekroju poprzecznym pnia. Kierując się wartościami współczynnika determinacji za szczególnie przydatne do tego celu uznać można zależności między wiekiem kambialnym a średnicą elementów naczyń wczesnych (R^2=0,93), powierzchnią światła naczyń wczesnych (R^2=0,97) oraz udziałem powierzchni światła naczyń wczesnych (R^2=0,91). W mniejszym zaś stopniu temu celowi odpowiadają zależności między wiekiem kambialnym a długością włókien (R^2=0,71), częstością występowania naczyń wczesnych (R^2 =0,64) i naczyń późnych (R^2=0,52).

Za sterfę drewna młodocianego, w której ma miejsce wyraźne zróżnicowanie wymiarów elementów anatomicznych (dojrzewanie kambium) można uznać przyrosty od rdzenia do przyrostu, powyżej którego wymiary elementów anatomicznych osiagają m.w. stałe wartości. Dokonana analiza wizualna zwłaszcza zależności między wiekiem kambialnym a średnicą elementów naczyń wczesnych pozwala na stwierdzenie, że linię demarkacyjną między drewnem młodocianym i dojrzałym w badanych pniach jesionu stanowi 30 przyrost (rys. 4).

Warto wspomnieć, że już sto lat temu Schneider (1896) wykazał, że średnica światła naczyń wczesnych jesionu (*F. excelsior*) zaczyna ustalać się, gdy przyrosty osiągają wiek w przedziale 30-40 lat. Podobny wniosek wynika z analizy danych Bossharda (1951). Nowsze zaś badania nad *F. angustifolia* wskazują na fakt, że stabilizacja średnicy światła naczyń wczesnych rozpoczyna się również w wieku ok. 40 lat (Petrič i in. 1994).

Dla obiektywizacji wyznaczania wieku granicznego między drewnem młodocianym i dojrzałym stosuje się czasem model liniowej regresji segmentowej (Neter i in. 1989). Polega on na wyznaczeniu punktu lub punktów przecięcia między dwoma lub więcej prostymi regresji (np. Ross i in. 1990, Abdel - Gadir i Krahmer 1993, Lei i in. 1996).

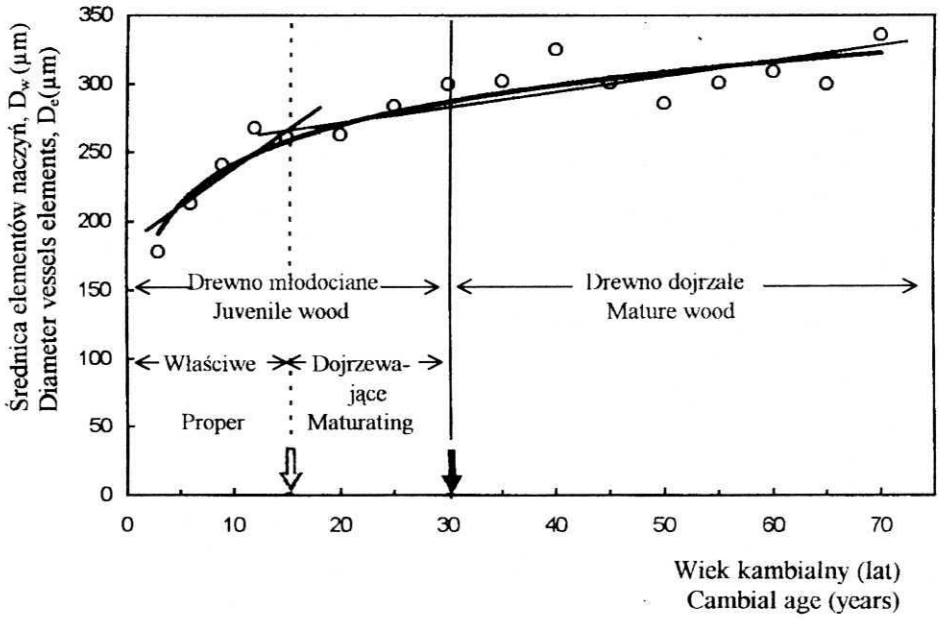
Granica oddzielająca drewno typowo młodociane wyznaczona z przecięcia się dwóch prostych regresji (dla strefy drewna młodocianego i dojrzałego) przebiega w pobliżu 15 przyrostu (rys. 4). Wyznaczona w ten sposób granica sugeruje celowość podziału młodocianego okresu wzrostu jesionu na dwa podokresy. To jest mianowicie na drewno młodociane właściwe (niedojrzałe) - od rdzenia do w przybliżeniu 15 przyrostu i drewno młodociane dojrzewające - od 15 do 30 przyrostu. Wzrost średnicy elementów naczyń wczesnych w podstrefie drewna młodocianego właściwego wynosi 50%, a w podstrefie drewna młodocianego dojrzewającego już tylko 10%.

Warto nadto zwrócić uwagę na fakt zgodności tworzenia się podstrefy drewna młodocianego właściwego oznaczonej według średnicy elementów naczyń wczesnych i według przejścia drzew jesionu do fazy kwitnienia: 15 - 20 lat (Wareing i Philips 1985).

Zróżnicowanie w budowie anatomicznej drewna młodocianego właściwego i drewna dojrzałego wskazuje na istotną niejednorodność jakości surowca drzewnego w pniach jesionu.

PODSUMOWANIE

Pomiędzy wiekiem kambialnym przyrostów rocznych jesionu a średnicą elementów naczyń wczesnych oraz polem powierzchni światła naczyń wczesnych, a także ich udziałem występuje wyraźna krzywoliniowa korelacja (R^2=0,91-0,97). Mniej wyraźna krzywo-



Rys. 4. Zróżnicowanie strefy drewna młodocianego w pniach jesionu na podstrefę drewna młodocianego właściwego (niedojrzałego) i podstrefę drewna młodocianego dojrzewajacego

Fig. 4. Differentiation of the subzones of proper juvenile wood (immature) and maturing juvenile wood, in the juvenile wood zone in ash tree trunks

liniowa korelacja ma miejsce między wiekiem kambialnym a długością włókien oraz częstością występowania naczyń wczesnych i późnych (R^2=0,52-0,71). Długość elementów naczyń wczesnych i późnych zwiększa się prostoliniowo z wiekiem przyrostów rocznych. Średnica włókien oraz elementów naczyń późnych praktycznie nie zależy od wieku kambialnego przyrostów.

Promieniowy gradient średnicy elementów naczyń wczesnych oraz pola powierzchni ich światła i udziału można wykorzystać do oszacowania granicy między drewnem młodocianym i dojrzałym na przekroju poprzecznym pnia. Linię demarkacyjną między drewnem młodocianym i dojrzałym w badanych pniach jesionu stanowi 30 przyrost. W strefie drewna młodocianego można wyróżnić dwie podstrefy, a mianowicie podstrefę drewna młodocianego właściwego (niedojrzałego) od rdzenia do 15 przyrostu i podstrefę drewna młodocianego dojrzewającego od 15 do 30 przyrostu.

Drewno młodociane właściwe jest strukturalnie zróżnicowane w porównaniu z drewnem dojrzałym, co powoduje różnice w jakości surowca drzewnego w obrębie pojedynczych pni jesionu.

Praca wpłynęła do Redakcji w październiku 1997

LITERATURA

Abdel - Gadir A. Y., Krahmer R. L. (1993): Estimating the age of demarcation juvenile and mature wood in Douglas-fir. Wood and Fiber Sci., 25(3):242-249.

Bosshard H. H. (1951): Variabilität der Eschenholzes in Funktion von der Kambiumtätigkeit. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen 102:1-18.

Giertych M. (1995): Zmienność genetyczna jesionu wyniosłego *Fraxinus excelsior* L. Sylwan 139(6):87-91.

Helińska - Raczkowska L., Fabisiak E. (1991): Radial variation and growth rate in the length of the axial elements of sessile oak wood. IAWA Bull. n.s12(3):257-262.

Helińska - Raczkowska L. (1994): Variation of vessel lumen diameter in radial direction as an indication of the juvenile wood growth in oak (*Quercus petraea* Liebl.). Ann.Sci.For., 51(3):283-290.

Helińska - Raczkowska L., Fabisiak E. (1995): Długość młodocianego okresu przyrostu na grubość drzew brzozy (*Betula pendula* Roth.). Sylwan 139(12):79-85.

Huber F. (1993): Determinisme de la surface des vaisseaux du boiss des chênes indigenes (*Quercus robur* L,. *Quercus petraea* Liebl.). Effect individual effet de l'appareil foliaire des conditions climatiques et de l'âge de l'arbre. Ann.Sci.For. 50(5):509-524.

Kollmann F. (1941): Die Esche und ihr Holz. Verlag von J. Springer, Berlin.

Lei H., Milota M. R., Gartner B. L. (1996): Between - and within - tree variation in the anatomy and specific gravity of wood in Oregon white oak (*Quercus garryana* Dougl.). IAWA J. 17(4):445-461.

Nepveu G.(1981): Prédiction juvénile de la qualité du bois de Hětre. Ann. Sci. For. 38:425-448.

Neter J., Wasserman W., Kutner M. H. (1989): Applied linear regression models. 2 nd ed. Richard D. Irwin, Inc. Homewood, Jl.

Panshin W. J., de Zeeuw C. (1980): Textbook of wood technology. Mc Gaw. Hill Book Comp. New York etc.

Petrič B., Trajkovic J., Despot R. (1994): Some structural characteristics of ash wood (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) from the Lipovljani region in Croatia. Proc. 2 nd Internat. Symp. Wood Structure and Properties 94. Sept. 5-9. Zvolen pp.5-12.

Phelps J. E., Workman Jr. E. C. (1994): Vessel area studies in white oak (*Quercus alba* L.). Wood and Fiber Sci., 26(3):315-322.

Roos K. D., Shottafer J. E., Shepard R. K. (1990): The relationship between selected mechanical properties and age in quaking aspen. Forest Prod.J. 40(7/8):54-56.

Schneider F. (1941): Untersuchungen über den Zuwachsgang und den anatomischen Bau der Esche. Forstl. naturwiss. Z. 1896, 5:395 (wg Kollman 1941).

Wareing P. F., Phillips I. D. J. (1985): Wzrost i różnicowanie się roślin. PWN Warszawa.

Woodcock D. W. (1944): Occurrence of woods with a gradation in vessel diameter across a ring. IAWA J., 15(4):377-385.

Zhang S. Y., Nepveu G., Eyondo Owoundi R. (1994): Intratree and intertree variation in selected wood quality characteristics of European oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*). Can. J. For. Res. 24:1818-1823.

Zobel B. J., van Buijtenen J. R. (1989): Wood variation. Its causes and control. Springer Series in Wood Science. Springer-Verlag. Berlin.

Zobel B. J., Talbert J. (1984): Applied forest tree improvement. Wiley. New York.

RADIAL VARIABILITY OF SELECTED STRUCTURAL WOOD PARAMETERS AS AN INDICATION OF JUVENILE WOOD GROWTH OF ASH TREES (*Fraxinus excelsior* L.)

Summary

Radial variation of selected parameters in anatomical elements in approximately 80-years-old ash trees was studied.

Radial gradient of early vessel members, their lumen cross section, and the gradient of their content in wood tissue (R^2=0,91-0,97) could be applied for assessment of the boundary location between juvenile and mature wood at a stem cross section. A demarcation line between juvenile and mature wood in tested ash-tree stems was set at 30th annual growth. In juvenile wood zone threre could be distinguished two sub-zones i.e. sub-zone of real juvenile wood (immature wood) from pith up to 15th annual growth and sub-zone of immaturate wood from 15th to 30th annual growth ring.

Adres autorów:
Prof. dr hab. Lidia Helińska-Raczkowska
Dr inż. Ewa Fabisiak
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu
Katedra Nauki o Drewnie
60-627 Poznań, ul. Wojska Polskiego 38/42
POLAND