

**ARKADIUSZ TOMCZAK, WITOLD PAZDROWSKI, TOMASZ JELONEK,
WITOLD GRZYWIŃSKI**

Jakość drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) Część I. Charakterystyka wybranych cech i właściwości drewna wpływających na jego jakość

Quality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood
Part I. Characteristics of selected wood traits and properties affecting
its quality

ABSTRACT

Tomczak A., Pazdrowski W., Jelonek T., Grzywiński W. 2009. Jakość drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) Część I. Charakterystyka wybranych cech i właściwości drewna wpływających na jego jakość. Sylwan 153 (6): 363-372.

The study presents the synthetic characteristic of selected wood tissue traits and properties (knots, tree rings, the proportion of latewood, juvenile wood, wood density, dimensions of anatomical elements, cell wall structure), which play significant role in modifications of wood quality. At individual stage of the raw material-product cycle the term "quality" may be interpreted differently, but characteristics determining it remain unchanged. Quality depends on the natural traits and properties of wood.

KEY WORDS

wood quality, Scots pine, knots, wood density, tree rings, latewood, juvenile wood

ADDRESSES

Arkadiusz Tomczak – e-mail: arkadiusz.tomczak@up.poznan.pl

Witold Pazdrowski – e-mail: witold.pazdrowski@up.poznan.pl

Tomasz Jelonek – e-mail: tomasz.jelonek@up.poznan.pl

Witold Grzywiński – e-mail: witold.grzywinski@up.poznan.pl

Katedra Użytkowania Lasu; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 71A; 60-625 Poznań

Wstęp

Termin „jakość” w odniesieniu do drewna okrągłego jest pojęciem względnym. W praktyce leśnej jakość zależy przede wszystkim od wielkości, miejsca występowania oraz rodzaju wad drewna, które mogą być jednocześnie zaletą lub defektem, zależnie od przeznaczenia. W przemyśle drzewnym istotne są wady, którymi obarczone są półprodukty i produkty drzewne. Normalizacja w tym zakresie odnosi się w istocie do widocznych zewnętrznie defektów, nie uwzględnia natomiast budowy chemicznej, mikro- i makrostrukturalnej jako czynnika kształtującego jakość tkanki drzewnej.

Jakość drewna okrągłego charakteryzować można przede wszystkim na podstawie wad drewna widocznych na poboczniczy pnia i w płaszczyźnie ścięcia drzewa. Podstawą do oceny wartości surowca drzewnego mogą być również inne cechy, wśród których wymienić należy: szerokość słoju rocznych, udział drewna późnego, udział drewna młodocianego, proporcję drewna bielastego i twardego, długość cewek wraz z grubością ściany komórkowej, a także

udział celulozy oraz ligniny. Ze względu na niejednorodną strukturę drewna w ramach pojedynczego pnia oraz znaczną zmienność wewnątrzgatunkową, oszacowanie realnej wartości surowca drzewnego przy uwzględnieniu wszelkich cech wpływających na jego jakość jest niezwykle trudne.

Ranga i znaczenie jakości drewna w obecnej chwili jest dość istotna i prawdopodobnie i w przyszłości ulegnie dalszemu podwyższeniu. Celowe zatem wydaje się syntetyczne przybliżenie wiedzy na temat jakości tkanki drzewnej oraz czynników wpływających na jej kształtowanie się.

Charakterystyka wybranych cech i właściwości wpływających na jakość drewna

SĘKI. Sęki są jednocześnie cechą i wadą pierwotną drzew w zasadniczy sposób obniżającą jakość surowca drzewnego, ponieważ stanowią pozostałość po obumarłych lub odciętych gałęziach, których obecność jest naturalna i niezbędna dla funkcjonowania drzewa jako organizmu [Giefing 1999]. Zakłócając jednorodną strukturę drewna sęki przede wszystkim obniżają wytrzymałości mechaniczną drewna [Pazdrowski, Cybulko 1988; Zink-Sharp 2003].

U drzew rosnących i rozwijających się w zwartych drzewostanach, mniej lub bardziej dynamiczny proces oczyszczania się pni z gałęzi prowadzi do wyodrębnienia się na przekroju podłużnym pnia wyraźnych stref: sęków zarośniętych, sęków otwartych oraz martwych i żywych gałęzi [Giefing 1999]. Najcenniejszą partią strzały u gatunków iglastych jest część odziomkowa, ponieważ klasyfikacja jakościowo-wymiarowa całego pnia odbywa się na podstawie oceny jej 4-metrowego odcinka. Podobną rolę odgrywa obecność sęków w dolnych partiach pni w trakcie wykonywania trzebieży dolnych, które mają również istotne znaczenie dla procesu oczyszczania się drzew z gałęzi [Bernadzki i in. 1980]. Kolejnym determinantem jakości drewna związanym z obecnością gałęzi jest tempo zarastania sęków, które w tym przypadku uzależnione jest między innymi od średnicy sęka (grubości gałęzi), jak i dynamiki przyrostu drzewa na grubość. Jak powszechnie wiadomo, o grubości gałęzi decydują w szczególności uwarunkowania genetyczne, ale pewną rolę odgrywają również cięcia pielęgnacyjne. Rozluźnienie zwarcia w trakcie zabiegu zazwyczaj powoduje wzrost grubości gałęzi [Ruha, Varmola 1997; Varmola, Salminen 2004]. Wrażliwość ta nie jest jednakowa u wszystkich drzew [Persson 1994].

Moberg [2000] podaje, że średnica sęków u sosny zwyczajnej rośnie wraz ze wzrostem odległości od podstawy, osiągając kulminację w pobliżu wierzchołka drzewa, po czym odnotowuje ponowny spadek wartości obserwowanej cechy. Istotę tego zjawiska tłumaczyć można rozwojem oraz zmianami w rozmiarach drzewa. Intensywny przyrost na wysokość z wiekiem drzewa ulega wyhamowaniu. Równoległe do zmian w wysokości drzewa jego żywa część korony oddala się od podstawy pnia [Tomczak i in. 2007a]. U drzew dojrzewających i dojrzałych wysokość jest praktycznie wartością ustabilizowaną na jednakowym poziomie. W związku z tym gałęzie, które w trakcie rozwoju drzewa osiągnęły korzystny dostęp do światła, nie obumierają, stale powiększając swoją średnicę. Jest to warunkiem utrzymania ciągłości elementów przewodzących między gałęziami i pniem. Agestam i inni [1998] porównali występowanie oraz grubość gałęzi u sosny zwyczajnej odnowionej naturalnie i sztucznie. Generalnie ilość gałęzi w okółkach była wyższa u drzew pochodzących z odnowienia sztucznego, natomiast u naturalnie odnowionej sosny zwyczajnej więcej gałęzi przypadało na jednostkę długości pnia.

Pazdrowski [1994] stwierdził, przy wykorzystaniu metody elementów umownych Dziewanowskiego, której celem jest określenie udziału drewna bez wad, że istnieje korelacja między ilością drewna bezszęznego a cechami ilościowymi koron. Najsilniejszy związek wystąpił w odniesieniu do szerokości korony ($r=0,506$ istotne przy $\alpha=0,01$), a nieco niższe do

objętości korony, pola rzutu korony oraz stopnia rozłożystości korony. Autor na bazie uzyskanych wyników proponuje wykorzystać cechy koron w szacowaniu udziału drewna bezszęcnego. Bezszęcnosc dla 6-metrowych kłód odziomkowych badanych 125-letnich sosen zwyczajnych, wyrosłych w warunkach BMśw, bonitacja II, z terenu Nadleśnictwa Zielonka Pazdrowski [1994] określił na poziomie 67%. Okazuje się wobec tego, że w najcenniejszej części pnia blisko 1/3 część drewna poprzerašana jest sękami najprawdopodobniej zalegającymi w środkowej części przekroju poprzecznego.

SŁOJE ROCZNE, DREWNO WCZESNE I PÓŹNE. Słoje roczne to w strefie klimatu umiarkowanego efekt fluktuacji pogody i występowania naprzemiennie fazy spoczynku i wegetacji. Wielkość przyrostu grubości dostarcza informacji o warunkach wzrostu i rozwoju drzewa, a także o jakości drewna [Pazdrowski 1993; Butterfield 2003]. Jest pochodną ilości opadów i temperatury panującej w okresie wegetacyjnym w sezonie poprzednim, jak i w roku tworzenia się słoja rocznego [Zielski 1996; Wilczyński, Skrzyszewski 2002; Vaganov i in. 2006]. Dla gatunków iglastych przyjmuje się regułę, że drewno wąskosłoiste charakteryzuje się wysoką jakością. Wzrost szerokości słoików rocznych powoduje zazwyczaj efekt w postaci obniżenia gęstości drewna, co powoduje z reguły obniżenie się jego jakości [Pazdrowski 1988; Pazdrowski, Cybulko 1989; Aleinikovas 2007]. Dla sosny zwyczajnej optymalna szerokość słoików rocznych, przy których drewno osiąga optimum właściwości fizycznych i mechanicznych, wynosi według Krzysika [1978] 2 mm.

Na przekroju poprzecznym pnia drzewa zaobserwować można, że w pobliżu rdzenia słoje roczne są wyraźnie szersze od słoików położonych przy obwodzie. Jest to efekt naturalnej zmienności, jaką charakteryzują się iglaste gatunki drzew. Analizując szerokość pojedynczego przyrostu rocznego grubości na przekroju podłużnym pnia, zauważyć można, że u podstawy drzewa jest ona zazwyczaj duża, wyżej zmniejsza się, osiągając wartość minimalną na 1/4-1/3 wysokości drzewa. Następnie przyrost grubości zwiększa się, osiągając najwyższą wartość w obrębie korony lub przy samym wierzchołku drzewa [Borowski, Dziekoński 1974].

Drewno w obrębie pojedynczego słoika różnicuje się na strefę wczesną i późną. Zasadnicze różnice między nimi występują w budowie elementów anatomicznych. Powszechnie stosowaną charakterystyką jakości drewna, związaną ze słojami rocznymi, jest udział drewna późnego. Proporcja drewna letniego (późnego) w kolejnych słoikach rocznych zwiększa się w miarę oddalanie się od rdzenia, przy czym wyraźniejsza zmiana występuje wtedy, gdy pień wydostaje się poza obręb korony [Hejnowicz 2002]. Oznacza to, że udział drewna późnego w jest odwrotnie proporcjonalny do szerokości słoików rocznych, co może tłumaczyć wpływ wielkości przyrostu na kształtowanie się jakości drewna. Drewno letnie, które pełni między innymi funkcje mechaniczne charakteryzuje się grubościennymi cewkami, co oczywiście ma bezpośrednie przełożenie na jego gęstość oraz wytrzymałość mechaniczną.

Tworzenie słoików rocznych (drewno wczesne) odbywa się bazypetalnie, czyli od rozwijających się pąków. Od nich rozprzestrzeniają się sygnały hormonalne pobudzające kambium i powodujące rozwój cewek [Brown 1981]. Ponieważ wzdłuż pędu uaktywnia się wiele pąków, a ich wpływ na tworzenie drewna sumuje się, to rozkład grubości nowo tworzonego słoika wzdłuż łodygi jest skomplikowaną funkcją położenia. Najgrubszy pokład nowo tworzonego słoika występuje zwykle w pniu w obrębie jego korony [Borowski, Dziekoński 1974; Hejnowicz 2002]. Ostateczna grubość słoika zależy jednak od czasu trwania działalności kambium, które może ustawać wcześniej w górnej części pnia [Hejnowicz 2002]. Drewno późne tworzone jest natomiast akropetalnie. Oznacza to, że w części odziomkowej pnia drzewa, która jest najbardziej narażona na obciążenia mechaniczne, proporcja drewna letniego powinna być teoretycznie

największa. Sygnałem do odkładania się warstwy drewna późnego jest według Uglla i innych [1996, 1998, 2001] różnica w promieniowym gradiencie IAA i nie wynika ona z ogólnie obniżonego poziomu substancji hormonalnych. Sundberg z zespołem [1990] podają, że gradient stężenia substancji hormonalnych wzdłuż pnia występuje, co jest szczególnie wyraźne, w trakcie okresu wegetacyjnego. Wodzicki [1971] stwierdza natomiast, że auksyny oraz czynniki środowiskowe nie odgrywają żadnej roli w procesie różnicowania się drewna w słoju rocznym na wczesne i późne.

DREWNO MŁODOCIANE. Drewno młodociane obejmuje od kilku do kilkunastu słoików rocznych położonych w centralnej części przekroju poprzecznego. Na przekroju podłużnym strzały lub pnia przyjmuje postać bryły z podstawą w odziomku i wierzchołkiem w jej górnym końcu [Zobel, Sprague 1998]. W przeciwieństwie do drewna dojrzałego, młodociana tkanka drzewna charakteryzuje się między innymi szerszymi słoikami rocznymi, mniejszym udziałem drewna późnego, mniejszą gęstością, krótszymi cewkami, większym kątem nachylenia fibryli w ścianie komórkowej oraz niższym udziałem celulozy [Kretschmann 1998; Zobel, Sprague 1998; Pazdrowski 2004].

Znaczenie drewna młodocianego dla jakości drewna wynika z faktu, że występuje ono w każdym drzewie. Okres młodociany, odnoszący się do zmian tkanki drzewnej w trakcie długoletniego rozwoju roślin drzewiastych, nie odnosi się do dojrzewania w sensie biologicznym, obejmującym mniej lub bardziej wyraźne etapy postembrionalne: młodocianą fazę wegetatywną, dojrzałą fazę wegetatywną i generatywną fazę dojrzałą [Poethig 1990]. Niemniej jednak zmiany fizjologiczne, ich następstwa oraz pionowa zmienność właściwości drewna wydają się przebiegać równoległe do zmian w morfologii pędów na początku okresu generatywnego [Kučera 1994; Burdon i in. 2004]. Według Hejnowicza [2002] drewno młodociane tworzy się pod silnym wpływem bliskości liści, a czas trwania tego okresu zależy od tego jak nisko zbiega korona drzewa.

Rola młodocianej tkanki drzewnej w pniach drzew nie jest dostatecznie wyjaśniona. Prawdopodobnie jej obecność odgrywa istotną rolę w fizjologii lub biomechanice drzewa. Z uwagi na mniejszy ciężar właściwy drewna młodocianego przypuszczać można, że stanowi ono wypełniający biokomponent pnia, dzięki czemu uzyskuje on znaczne rozmiary i wytrzymałość przy stosunkowo obniżonym w ten sposób ciężarze własnym. Ponieważ udział drewna młodocianego na przekroju poprzecznym pnia rośnie wprost proporcjonalnie do odległości od jego podstawy, powinno ono odgrywać również rolę w biomechanice pnia. Świadczyć o tym mogą choćby zmiany w jego strukturze, polegające na przykład na obniżaniu się szerokości słoja rocznego, wzroście udziału drewna późnego oraz zmianami w cechach biometrycznych cewek [Helińska-Raczkowska 1994; Tomczak i in. 2007]. Teoria Burdona z zespołem [2004], która proponuje odmienny od klasycznego podział wewnętrzny pnia, jest zbieżna z powyższą argumentacją. Na przekroju poprzecznym Burdon i inni [2004] wyróżniają drewno rdzeniowe (corewood) i drewno zewnętrzne (outerwood), natomiast dla przekroju podłużnego proponują klasyfikację stosowaną dotychczas do podziału przekroju poprzecznego, a mianowicie podział na drewno młodociane, przejściowe i dojrzałe. Zmiany właściwości, które występują w obrębie pojedynczego pnia, przeanalizowane między innymi przez Helińską-Raczkowską i Fabisiak [1994] oraz Tomczaka i innych [2007], opisywane na przykład za pomocą nomenklatury proponowanej przez Burdona i innych [2004], mogą być efektem zmian jakie zachodzą w funkcjonowaniu organizmu wraz z wiekiem. Schweingruber [2007] przytacza za Duffem i Nolanem [1957] ontogenetyczny i fizjologiczny schemat starzenia się drewna. Prezentowany model przedstawia przekrój podłużny pnia, na którym u podstawy w części przyrdzeniowej występuje drewno ontogenetycznie i fizjologicznie młode, przy obwodzie podstawy oraz w wierz-

chołku ontogenetycznie stare i fizjologicznie młode. Zatem w podziale Burdona i innych [2004] za drewno młodociane uznać można tylko drewno młode fizjologicznie.

Zaobserwowane zmiany właściwości drewna młodocianego na przekroju podłużnym pnia mogą korzystnie wpłynąć nie tylko na mechanikę pnia i jego odporność na działanie czynników zewnętrznych, takich jak np. wiatr. Jeśli w ślad za obniżającą się szerokością słoików rocznych i wzrostem udziału drewna późnego zmieniają się „in plus” pozostałe cechy drewna, to tym samym jego jakość i wartość techniczna może wzrosnąć. Z drugiej jednak strony, jeśli uwzględnimy procesy starzenia się, to prawdopodobnie elementy te wzajemnie się kompensują, nie wpływając istotnie na jakość drewna.

Czas trwania juvenilnej fazy wzrostu (nie w sensie biologicznym) nie jest precyzyjnie określony. Uzależniony jest on od wielu czynników, w tym między innymi od pozycji biosocjalnej drzewa w drzewostanie [Fabisiak 2005]. Oznacza to, że dynamika wzrostu drzew może mieć istotny wpływ na udział drewna młodocianego w pniu, a przede wszystkim na czas trwania tej fazy wzrostu. Wobec tego, jeśli zabiegami gospodarczymi można wpłynąć na dynamikę przyrostu grubości i wysokości, to tym samym w młodym wieku można wpłynąć na udział drewna młodocianego w pniu. Szybkie przejście uprawy w fazę młodnika, czyli zastosowanie dużego zagęszczenia, obniży znacznie wielkość przyrostu grubości oraz przyspieszy inicjację procesu oczyszczania się pni drzew z gałęzi, a tym samym uwolnienie dolnych części pnia z wpływu żywej części korony.

GĘSTOŚĆ DREWNA. Gęstość jest jedną z najważniejszych fizycznych właściwości drewna. Jej wyraźny wpływ na pozostałe cechy, a w szczególności na właściwości mechaniczne, oraz korelacja, jaką wykazuje z wybranymi cechami makrostrukturalnej budowy drewna decyduje, że jest ona wykorzystywana powszechnie w ocenie jakości drewna [Zhang 1997; Saranpää 2003].

U sosny zwyczajnej, podobnie jak u innych gatunków, gęstość drewna wykazuje znaczną zmienność międzysobniczą oraz w obrębie pojedynczego pnia. Generalnie na przekroju poprzecznym pnia gęstość drewna u sosny zwyczajnej wzrasta w kierunku od rdzenia ku obwodowi, a na przekroju podłużnym obniża się w kierunku od podstawy do wierzchołka drzewa [Repola 2006]. Powyższy rozkład prawdopodobnie uzależniony jest między innymi od występowania w pniu drewna młodocianego, występującego w centralnej części strzały na całej jej długości i charakteryzującego się niższą w porównaniu do drewna dojrzałego gęstością. Według Karlmana i innych [2005] różnica ta mieści się w przedziale od 20 do 40%.

Zasadnicze znaczenie dla niejednorodności drewna pod względem gęstości mają gatunek i wilgotność drewna [Giefing, Jabłoński 1989]. Wiele badań sygnalizuje również, że jest to cecha wrażliwa na bodźce zewnętrzne. Wskazują na to procesy adaptacyjne drzewa zwiększające wytrzymałość mechaniczną (gęstość drewna), które wywołane są przez grawitację lub też inne czynniki mechaniczne, takie jak wiatr lub śnieg [Dunham, Cameron 1999; Kellomäki i in. 1999]. Przeciętna gęstość drewna zmienia się również z wiekiem drzew [Pazdrowski, Splawa-Neyman 1996a; Mencuccini i in. 1997].

Ustalenie wpływu danego czynnika zewnętrznego na gęstość drewna może być niezwykle trudne do zweryfikowania, ponieważ drewno tego samego gatunku w jednym rejonie kraju, pochodzące z określonego siedliska, może mieć odmienne cechy od tkanki drzewnej tworzącej się na innym obszarze czy siedlisku. Paschalis [1980] dokonał oceny drewna sosnowego pod względem gęstości i stwierdził zależność między analizowaną cechą a pochodzeniem drzew (położeniem geograficznym). Gęstość drewna sosny zwyczajnej obniża się w kierunku północ-południe oraz wschód-zachód, a zaobserwowane zjawisko jest bardziej wyraźne dla części białej przekroju poprzecznego pnia.

Różnice w gęstości między drewnem bielastym i twarżzielowym oscylują na poziomie kilku procent i najczęściej są nieistotne, przy czym zazwyczaj gęstość drewna twarżzielowego jest wyższa niż drewna bielastego. Odmienne obserwacje prezentują Dżeński i inni [2000] dla 88-letniej sosny zwyczajnej proveniencji Rogowskiej wyrosłej w warunkach siedliska lasu mieszanego świeżego. W omawianej pracy gęstość drewna bielastego była wyższa od gęstości drewna twarżzielowego. Przyczyn tego zjawiska należy się dopatrywać w łącznym wpływie wieku oraz żyzności siedliska, czego potwierdzeniem są między innymi badania Pazdrowskiego i Sławy-Neymana [1996a].

Prawidłowo odnawiana i pielęgnowana sosna zwyczajna na optymalnych typach siedliskowych lasu osiąga najlepsze wyniki produkcyjne. Świadczą o tym również wyniki badań nad gęstością drewna, wykazujące że drewno drzew wyrosłych w tych warunkach charakteryzuje się wyższymi parametrami technicznymi [Pazdrowski, Sława-Neyman 1996b, 1997].

WYMIARY ELEMENTÓW ANATOMICZNYCH ORAZ BUDOWA ŚCIANY KOMÓRKOWEJ. Udział cewek w ogólnej objętości drewna iglastego wynosi średnio 92%, a ich długość u sosny zawiera się między 3 do 4 mm [Kokociński 2002]. Do charakterystyki elementów anatomicznych podaje się długość, średnicę, grubość ściany komórkowej oraz kąt ułożenia fibryli w ścianie komórkowej względem osi podłużnej komórki. Cechy biometryczne cewek mają istotne znaczenie praktyczne, ponieważ właściwości fizyczne i mechaniczne drewna są ich wartością pochodną. Pod względem anatomicznym drewno charakteryzuje się znaczną zmiennością.

U gatunków iglastych średnica i długość cewek wykazuje istotne zróżnicowanie w zależności od wieku kambialnego w ramach pojedynczego lub w kolejnych przyrostach rocznych grubości [Mencuccini i in. 1997; Fabisiak 2005]. Cewki drewna wczesnego mają w porównaniu do cewek drewna późnego cieńszą ścianę komórkową oraz o 10-15% mniejszą długość [Rackowski 1965; Fabisiak 2005]. Mäkinen i inni [2008] podają, że przeciętna różnica w długości cewek drewna wczesnego i późnego wynosi 17%. Na przekroju poprzecznym pnia w kolejnych rocznych przyrostach grubości, długość cewek traktować można jako funkcję odległości kambium od rdzenia, gdzie zależność jest wprost proporcjonalna [Hejnowicz 2002]. Na bazie szczegółowej analizy można stwierdzić jednak, że w obrębie pojedynczego, jak i sąsiednich słoików rocznych wystąpić mogą wahania wartości wynikające z działania różnorodnych czynników endo- i egzogennych.

Zasadnicze znaczenie dla struktury i właściwości drewna ma genotyp [Wodzicki 2001]. Podstawową rolę w kształtowaniu warunków wpływających na ksylogenezę mają również: temperatura, dostępność światła (pozycja biosocjalna), woda, składniki pokarmowe, grawitacja, fotoperiod i cykliczne zmiany pór roku, a poza tym czynniki występujące incydentalnie: wiatr, mróz, pożary, powódzie, defoliacja, hodowla lasu oraz skażenie środowiska [Niedzielska 1986; Antonova, Stasova 1992; Pazdrowski, Sława-Neyman 1993; Wodzicki 2001; Oktaba i in. 2002; Pazdrowski, Szaban 2005; Schweingruber 2007].

Tworzenie nowej warstwy elementów przewodzących drewna dzieli się na dwie fazy, tj. wzrost osiowy i promieniowy komórek. Po ustabilizowaniu się wymiarów komórki rozpoczyna się proces tworzenia wtórnej ściany komórkowej i jej lignifikacja (drewnienie). Ściana komórkowa złożona jest z kilku warstw, z których największą rolę w biomechanice komórki odgrywa warstwa S_2 . Jest ona najgrubszym elementem składowym ściany komórkowej i charakteryzuje się najbardziej regularnym układem fibryli. Decydującą o właściwościach mechanicznych komórki cechą jest kąt ułożenia fibryli w ścianie komórkowej [Butterfield 2003]. Im bardziej stroma helisa fibryli (mniejszy kąt ułożenia w stosunku do osi podłużnej komórki)

tym wytrzymałość ściany komórkowej jest większa. W konsekwencji zjawisko to ma oczywiście wpływ na kształtowanie się właściwości fizycznych i mechanicznych drewna. Anagnost i inni [2002] zaobserwowali, że kąt ułożenia fibryli w ścianie komórkowej cewek drewna wczesnego waha się w zakresie 26-48°, a u cewek drewna późnego – od 3 do 9°.

Podsumowanie

Cechą negatywnie wpływającą na jakość techniczną drewna jest jego niejednorodność. Z biologicznego punktu widzenia jest ona jednak zaletą i ma fizjologiczne oraz biomechaniczne podstawy [Kellomäki i in. 1999; Spatz, Bruechert 2000]. Z uwagi na ten fakt jakość drewna powinna być rozumiana jako zespół cech – w relacji z przeznaczeniem – które wpływają na jego wykorzystanie [Punches 2004]. Duże znaczenie w tym względzie ma zatem sposób użytkowania surowca drzewnego. W poszczególnych etapach cyklu surowiec – produkt, interpretacja terminu jakość może się różnić, ale cechy ją determinujące pozostają niezmiennie. Podłoże jakości stanowią bowiem naturalne cechy i właściwości drewna. Dla praktyki leśnej ważne są te, na które można wpływać odpowiednią gospodarką. Sterowanie produkcją w warunkach przyrodniczych ma oczywiście swoje ograniczenia, nie jest jednak niemożliwe. Odpowiedni dobór materiału rozmnożeniowego, ukierunkowane popieranie najlepszych osobników, pielęgnacja regulująca przestrzeń wzrostu drzew to elementy mające istotny wpływ na ostateczną jakość i wartość drewna [Punches 2004].

Literatura

- Agestam E., Ekö P.-M., Johansson U. 1998. Timber quality and volume growth in naturally regenerated and planted Scots pine stands in S. W. Sweden. *Studia Forstalia Suecica*, 204 17.
- Aleinikovas M. 2007. Effect of the mean diameter increment on the pine wood mechanical-physical properties in Lithuania. *Baltic Forestry* 13 (1): 103-108.
- Anagnost S. E., Mark R. E., Hanna R. B. 2002. Variation of microfibril angle within individual tracheids. *Wood Fib. Sci.* 34 (2): 337-349.
- Antonova G. F., Stasova V. V. 1992. Effects of environmental factors on wood formation in Scots pine stems. *Trees* 7 (4): 214-219.
- Borowski M., Dziekoński H. 1974. Rozkład przyrostu grubości wzdłuż strzał sosen w zależności od stanowiska socjalnego drzew. *Sylvan* 118 (11): 8-15.
- Brown C. L. 1981. Przyrost wtórny. W: Zimmermann M. H., Brown C. L. [red.] *Drzewa – struktura i funkcje*. PWN, Warszawa, 400.
- Burdon D. R., Kibbelwithe R. P., Walker J. C. F., Megraw R. A., Evans R., Cown D. J. 2004. Juvenile versus mature wood: a new concept, orthogonal to corewood versus outerwood, with special reference to *Pinus radiata* and *Pinus taeda*. *For. Sci.* 50 (4): 399-415.
- Butterfield B. G. 2003. Wood anatomy in relation to wood quality. W: Barnett J. R., Jeronimidis G. [red.] *Wood quality and its biological basis*. Blackwell Publishing Ltd. 30-53.
- Dunham R. A., Cameron A. D. 1999. Strength properties of wind- and snow- damaged stems of *Picea sitchensis* and *Pinus sylvestris* in comparison with undamaged trees. *Can. J. For. Res.* 29: 595-599.
- Dzbeński W., Kozakiewicz P., Krutul D., Hrol J., Belkowska L. 2000. Niektóre właściwości fizyko-mechaniczne drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) Rogowskiej jako materiału porównawczego do badań na sośnie proveniencji Łotewskiej. XIV Konferencja Naukowa Wydziału Technologii Drewna SGGW, Warszawa.
- Giefing D. F. 1999. Podkrzesywanie drzew w lesie. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, 168.
- Giefing D. F., Jabłoński K. 1989. Zależność między gęstością a wilgotnością drewna żywych sosen. *Sylvan* 133 (1-2): 75-82.
- Hejnowicz Z. 2002. Anatomia i histogeneza roślin naczyniowych. PWN, Warszawa.
- Helińska-Raczkowska L., Fabisiak E. 1994. Zmienność wybranych cech budowy drewna młodocianego drewna sosny wzdłuż wysokości drzew. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu* 262: 3-13.
- Karlman L., Mörling T., Owe M. 2005. Wood density, annual ring width and latewood content in Larch and Scots pine. *Eurasian J. For. Res.* 8 (2): 91-96.

- Kellomäki S., Ikonen V. P., Peltola H., Kolström T. 1999. Modeling the structural growth of Scots pine with implications for wood quality. *Ecol. Mod.* 122 (1-2): 117 – 134.
- Kokociński W. 2002. Anatomia drewna. Wydawnictwo Prodrak, Poznań.
- Kretschmann D. E. 1998. Properties of juvenile wood. *Techline: Properties and Use of Wood, Composites, and Fiber Products*, Forest Service, Issued 09/98.
- Krzysik F. 1978. Nauka o drewnie. PWRiL, Warszawa.
- Kučera B. 1994. A hypothesis relating current annual height increment to juvenile wood formation in Norway spruce. *Wood Fib. Sci.* 26: 154–167.
- Mäkiinen H., Jyske T., Saranpää P. 2008. Variation of tracheid length within annual rings of Scots pine and Norway spruce. *Holzforchung* 62 (1): 123-128.
- Mencuccini M., Grace J., Fioravanti M. 1997. Biomechanical and hydraulic determinants of tree structure in Scots pine: anatomical characteristics. *Tree Physiol.* 17: 105-113.
- Moberg L. 2000. Models of internal knot diameter for *Pinus sylvestris*. *Scan. J. For. Res.* 15 (2): 177–187.
- Niedzielska B. 1986. Wpływ zanieczyszczeń powietrza na budowę anatomiczną drewna sosny pospolitej (*Pinus sylvestris* L.) rosnącej w zasięgu imisji huty „Bolesław” koło Olkusza. *Acta Agr. Silv. Ser. Silvestris* 25: 131-141.
- Oktaba J., Paschalis P., Staniszewski P. 2002. Selected indicators of pine and spruce wood technical quality from the forest being under the impact of industrial pollution. *Fol. For. Pol. Ser. A* 44: 77-86.
- Paschalis P. 1980. Zmienność jakości technicznej drewna sosny pospolitej we wschodniej części Polski. *Sylvan* 124 (1): 29-43.
- Pazdrowski W. 1988. Wartość techniczna drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w zależności od jakości pni drzew w drzewostanach rębnych. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe, Zeszyt* 170.
- Pazdrowski W. 1993. Dynamika przyrostu grubości a udział drewna bezszęcnego w odziomkowej części strzał sosen z typu siedliskowego lasu mieszanego. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN* 76: 107-112.
- Pazdrowski W. 1994. Korona drzewa jako kryterium oceny jakości drewna sosen z drzewostanów rębnych. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN* 78: 149-155.
- Pazdrowski W. 2004. The proportion and some selected physical and mechanical properties of juvenile maturing and adult wood of black pine and Scots pine. *EJPAU* 7 (1) 03.
- Pazdrowski W., Cybulko T. 1989. Wpływ podkrzesania drzew na kształtowanie się twardości drewna strefy przysęcnej u sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). *Sylvan* 133 (6): 25-31.
- Pazdrowski W., Splawa-Neyman S. 1993. Badania wybranych właściwości drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na tle klas biologicznych w drzewostanie. *Fol. For. Pol. Ser. B.* 24: 133-145.
- Pazdrowski W., Splawa-Neyman S. 1996a. Budowa i fizyczna charakterystyka drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z drzewostanów w wieku przedrębnym, jako podstawa racjonalizacji przeznaczeń i wykorzystania surowca drzewnego. 10 Konferencja Naukowa wydziału Technologii Drewna SGGW „Drewno – tworzywo inżynierskie” 35–41.
- Pazdrowski W., Splawa-Neyman S. 1996b. Macrostructure of Scots pine wood from unripe forest stands grown in conditions of dry forest. *Fol. For. Pol. Ser. B.* 27: 58-62.
- Pazdrowski W., Splawa-Neyman S. 1997. Macrostructure of Scots pine wood from unripe forest stands grown in conditions of fresh forest. *Fol. For. Pol. Ser. B.* 28: 41-46.
- Pazdrowski W., Szaban J. 2005. Effect of the reduction of the assimilation apparatus following the pruning treatment of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on the tracheid length of the early and late wood. *EJPAU* 8 (2) 35.
- Persson A. 1994. How genotype and silviculture interact in forming timber properties. *Silva Fennica*, 28 (4): 275–282.
- Poethig R. S. 1990. Phase change and the regulation of shoot morphogenesis in plants. *Science* 250: 923–930.
- Punches J. 2004. Tree growth, forest management and their implications for wood quality. PNW 576, A Pacific Northwest Extension publications. 7.
- Raczkowski J. 1965. Badania nad niejednorodnością cykliczną drewna rodzajów iglastych. Wyższa Szkoła Rolnicza w Poznaniu, Katedra Mechanicznej Drewna, Rozprawa habilitacyjna.
- Repola J. 2006. Models for vertical wood density of Scots pine, Norway spruce and birch stems, and their application to determine average wood density. *Silva Fennica* 40 (4): 673–685.
- Ruha T., Varmola M. 1997. Precommercial thinning in naturally regenerated Scots pine stands in northern Finland. *Silva Fennica*, 31 (4): 410-415.
- Saranpää P. 2003. Wood density and growth. W: Barnett J. R., Jeronimidis G. [red.] Wood quality and its biological basis. Blackwell Publishing Ltd, 87-113.
- Schweingruber F. H. 2007. Wood structure and environment. Springer.
- Spatz H. C., Bruechert F. 2000. Basic biomechanics of self-supporting plants: wind loads and gravitational loads on a Norway spruce tree. *For. Ecol. Manag.* 135: 33-44.
- Sundberg B., Little C. H. A., Cui K. 1990. Distribution of indole-3-acetic acid and the occurrence of its alkali-labile conjugates in the extraxylary region of *Pinus sylvestris* stems. *Plant Physiol.* 93: 1295-1302.

- Tomeczak A., Pazdrowski W., Jelonek T. 2007a. Distribution of intermediate and mature wood on the longitudinal cross section of the tree trunk and selected biometric traits of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Baltic Forestry* 13 (1): 116-125.
- Tomeczak A., Pazdrowski W., Jelonek T., Stypuła I. 2007b. Vertical variability of selected macrostructural properties of juvenile wood organization in trunks of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 76 (1): 27-33.
- Bernadziński E. 1980. Trzebieże. PWRiL, Warszawa.
- Uggla C., Magel E., Moritz T., Sundberg B. 2001. Function and dynamics of auxin and carbohydrates during earlywood/latewood transition in Scots pine. *Plant Physiol.* 125 (4): 2029-2039.
- Uggla C., Mellerowicz E. J., Sundberg B. 1998. Indole-3-acetic acid controls cambial growth in Scots pine by positional signaling. *Plant Physiol.* 117: 113-121.
- Uggla C., Moritz T., Sandberg G., Sundberg B. 1996. Auxin as a positional signal in pattern formation in plants. *Plant Biol.* 93 (17): 9282-9286.
- Wilezyński S., Skrzyszewski J. 2002. Das klimatische Signal in den Jahrringen von Kiefern (*Pinus sylvestris* L.) im Sudeten-Vorland (Süd Polen). *Forstwissenschaftliches Centralblatt.* 121 (1): 15-24.
- Wodzicki T. J. 1971. Mechanism of xylem differentiation in *Pinus sylvestris* L. *Exp. Bot.* 22: 670-687.
- Wodzicki T. J. 2001. Natural factors affecting wood structure. *Wood Sci. Technol.* 35: 5-26.
- Vaganov E. A., Hughes M. K., Shashkin A. V. 2006. Growth dynamics of conifer tree rings. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 356.
- Varmola, M., Salminen, H. 2004. Timing and intensity of precommercial thinning in *Pinus sylvestris* stands. *Scand. J. For. Res.* 19: 142-151.
- Zhang S. Y. 1997. Wood specific gravity-mechanical property relationship at species level. *Wood Sci. Technol.* 31:181-191.
- Zielski A. 1996. Wpływ temperatury i opadów na szerokość słoików rocznych u sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w rejonie Torunia. *Sylvan* 140 (2): 71-79.
- Zink-Sharp A. 2003. The mechanical properties of wood. W: Barnett J. R., Jeronimidis G. [red.] *Wood quality and its biological basis.* Blackwell Publishing Ltd, 187-211.
- Zobel B. J., Sprague J. R. 1998. Juvenile wood in forest trees. Springer – Verlag Berlin Heidelberg New York.

SUMMARY

Quality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood Part I. Characteristics of selected wood traits and properties affecting its quality

Quality of roundwood may be characterized first of all based on wood defects observed on stem sides and the kerf plane. The value of timber may also be assessed on the basis of e.g. the width of annual rings, the proportion of late wood, the proportion of juvenile wood, the proportions of sapwood and heartwood, the length of tracheids with the thickness of the cell wall, the proportions of cellulose and lignin.

Knots are characteristics of trees and at the same time a primary defect markedly deteriorating timber quality, since they are remnants left after dead or cut-off branches, which presence is a natural phenomenon, required for the proper functioning of a tree as an organism. By disrupting the homogenous wood structure knots first of all reduce wood strength.

In the moderate climate zone annual rings are an effect of weather fluctuations and the alternating phases of dormancy and vegetation. The size of the increment in diameter supplies information on growth and development conditions of a tree, as well as wood quality.

The importance of juvenile wood for timber quality results from the fact that it is found in every tree. In contrast to mature wood, juvenile wood tissue is characterized, among other things, by wider annual rings, a lower proportion of late wood, lower density, shorter tracheids, a bigger inclination angle of fibrils in the cell wall and lower cellulose content.

Density is one of the most important physical properties of wood. Due to its marked effect on the other characteristics, especially mechanical properties, and the correlation it shows with selected wood macrostructure characteristics, it is commonly used in wood quality appraisal.

Dimensions of anatomical elements and the structure of the cell wall are of a significant practical importance, since physical and mechanical properties of wood are derived from them.