

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

Jakość drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) Część III. Wpływ postępowania gospodarczego na jakość drewna

Quality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood
Part III. The effect of silviculture on wood quality

ABSTRACT

Tomczak A., Pazdrowski W., Jelonek T., Grzywiński W. 2009. Jakość drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Część III: Wpływ postępowania gospodarczego na jakość drewna. Sylwan 153 (8): 519-527.

The aim of the study was to collect and present in a synthetic way the current state of knowledge on wood quality and factors affecting its fluctuations. Selected research papers presented in this study refer to Scots pine – the most important forest-forming species both in Poland and our part of Europe. Presented relationships between selected wood properties and characteristics of trees on the one hand and methods adopted in the management policy indicate that it is possible to modify wood quality on standing trees. In the future the utilization of these properties in forest economy is probably going to facilitate meeting the growing requirements of the wood market, especially in case of valuable assortments.

KEY WORDS

wood quality, Scots pine, silviculture, stand density, improvement felling, pruning

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

Hodowla jako gospodarcza działalność w lesie jest celowa przez możliwie wysoką i wartościową produkcję drewna przy oszczędnym nakładzie środków. Oznacza to, że produkcja w biologicznej fazie powinna mieć charakter zmian ilościowych (wzrost), jak i jakościowych (rozwój). Wybór optymalnego modelu i osiągnięcie założonego celu w trakcie długoterminowego procesu, charakterystycznego dla gospodarstwa leśnego, jest niezwykle trudne i skomplikowane [Karlsson i in. 2002; Fahlvik 2005]. Począwszy od założenia uprawy, a w tym dobór odpowiedniego składu gatunkowego, formy zmieszania i więźby sadzenia, poprzez szereg zabiegów (cięć) pielęgnacyjnych określonych intensywnością i rozłożeniem w czasie, aż do osiągnięcia przez drzewa wieku rębności, oprócz czynników naturalnych na wzrost i rozwój drzewostanów wpływają działania związane z człowiekiem. Z tego też względu wiedza z zakresu wpływu gospodarki leśnej na jakość tworzonej tkanki drzewnej ma znaczenie zarówno poznawcze, jak i aplikacyjne.

Wpływ postępowania gospodarczego na jakość drewna

WIĘŻBA SADZENIA. Odległość między drzewkami decyduje o momencie, w którym przejdą one z fazy wzrostu indywidualnego w fazę wzrostu w zbiorowisku. W tworzącej się przyszłej strukturze drzewostanu dominować zaczyna konkurencja między sąsiadującymi osobnikami, eliminująca osobniki o słabszej vitalności. U światłoładnego gatunku, jakim jest sosna zwyczajna, czas tzw. „zwierania” uprawy wydaje się mieć kapitalne znaczenie dla przyszłej jakości surowca drzewnego [Agestam i in. 1998; Giefing 1999].

Przy dużej przestrzeni wzrostu oraz braku jakiegokolwiek konkurencji ze strony osobników sąsiednich, drzewka wykorzystują siły witalne przede wszystkim na budowanie przyrostu grubości. Dopiero w momencie zwarcia tendencja się odwraca na rzecz przyrostu wysokości. Tym samym pierwsze lata życia drzewek to tworzenie dość szerokich przyrostów rocznych z małym udziałem drewna późnego. Zasadne wydaje się wobec tego skrócenie okresu „zwierania” uprawy w celu ograniczenia nie tylko przyrostu na grubość, ale również na szybsze zainicjowanie procesu oczyszczania się strzał. Dziewanowski [1965] dowodzi, że właśnie zwiększony przyrost grubości zarówno w pierwszym, jak i drugim dziesięcioleciu życia drzew związanych jest z niższą jakością ich drewna w wieku rębności.

Bardziej szczegółowe porównanie drewna sosny zwyczajnej w wieku 40 i 60 lat pochodzącej z drzewostanów założonych w skrajnie różnej więźbie (16 000 szt./ha i 3 000 szt./ha) przedstawił zespół Pazdrowskiego [1995]. Przeprowadzone badania wykazały, że więźba początkowa miała wpływ na właściwości techniczne, określone wytrzymałością na zginanie statyczne i modułem sprężystości przy tym zginaniu. Wróblewska i Splawa-Neyman [1995] analizując budowę chemiczną drewna wykazali korelację między więźbą sadzenia a proporcją ligniny i celulozy. Różnice w budowie drewna między grupami drzew o różnym początkowym zagęszczeniu występują również na poziomie anatomicznym, tj. w długości oraz średnicy cewek, czego dowodzą badania przedstawione między innymi przez Splawę-Neymana i innych [1995].

Wysokiej jakości drewno produkowane jest efektywnie przy zagęszczeniu początkowym na poziomie co najmniej 10 tysięcy sztuk sadzonek na hektar [Persson 1976, 1977; Huuri i in. 1987; Dittmar 1988; Schmalz 1989; Ceitel 1989, 1994]. Persson i inni [1995] dodają również, że drzewka rosnące w szerokim rozstawie osiągają oczywiście większe średnice pnia, jednak znaczna zbieżystość, grubość gałęzi i wiele innych właściwości w efekcie negatywnie wpływa na ostateczną wartość produkowanego surowca drzewnego. Tezę tę potwierdzają również badania Hattemera i innych [1977] oraz Moberga [1999], który stwierdza także, że zaobserwowana zależność była tym wyraźniejsza, im lepsza była jakość siedliska.

Dla sosny zwyczajnej w Europie zalecana jest różna więźba sadzenia o dość szerokich granicach, tj. między 2 a 20 tysięcy sztuk na hektar [Ceitel 1995]. Ten sam autor wyróżnia dla sosny zwyczajnej cztery grupy początkowej wielkości stoiska mające istotny wpływ na jakość produkowanego drewna: I – 0,48 m²; II – 0,60-0,90 m²; III – 0,96-1,20 m² i IV – 2,25-4,0 m² [Ceitel 1989]. Posadzone drzewa, które na podstawie zagęszczenia początkowego zaliczyć można do grupy III, cechuje wzrost grubości gałęzi, a grupa IV skutkuje produkcją drewna złej jakości. Za optymalne zagęszczenie dla sosny na siedliskach I i II bonitacji uznać można około 14 000–16 000 sadzonek na hektar, co sprawi, że tylko niewielka część gałęzi w fazie młodnika przekroczy grubość 2 cm [Ceitel 1993].

CIĘCIA PIELĘGNACYJNE. Od najwcześniejszych faz rozwojowych drzewostanu cięcia pielęgnacyjne wyprzedzają naturalny proces wydzielania się drzew oraz regulują przestrzeń, jaką dyspo-

nują drzewa rozwijające się w drzewostanie. Wpływają na przyrost grubości i wysokości drzew, wielkość i kształt korony [Borowski, Dziekoński 1974; Fahlvik i in. 2005; Mäkinen i in. 2005; del Río i in. 2008]. Odgrywają istotną rolę w procesie naturalnego oczyszczania się pni drzew i mają wpływ na grubość gałęzi [Leibundgut 1972; Persson 1994; Ruha, Varmola 1997; Varmola, Salminen 2004; Fahlvik i in. 2005]. Kształtują odporność drzewostanu na działanie czynników abiotycznych, takich jak wiatr i śnieg [Jaworski 2004]. Związek z jakością drewna wykazuje w szczególności dynamika przyrostu grubości, wielkość korony oraz tempo procesu oczyszczania się pni z gałęzi.

Obszerne badania nad wpływem trzebieży na wzrost i rozwój sosny zwyczajnej prowadzone były w Skandynawii. Zasady prowadzenia gospodarki leśnej w tym rejonie Europy różnią się od zasad obowiązujących w Polsce, niemniej jednak dla poznania wpływu postępowania gospodarczego na właściwości drewna, przedstawienie wybranych wyników wydaje się zasadne. Mäkinen i Isomäki [2004] przeprowadzili badania na 37 powierzchniach próbnych w południowej i centralnej Finlandii, koncentrując się głównie na przyroście miąższości i grubości. Wybrane powierzchnie podzielono na cztery grupy pod względem intensywności przeprowadzonego zabiegu: brak zabiegów (pole powierzchni przekroju pierśnicowego $\geq 95\%$ w stosunku do pola powierzchni przekroju pierśnicowego z drzewostanu kontrolnego), słaba trzebież (80-94%), trzebież o średnim nasileniu (65-79%), silna trzebież ($\leq 64\%$). W rezultacie stwierdzono, że średni przyrost średnicy drzew wzrastał wraz z intensywnością przeprowadzonego zabiegu, przy czym efekt ten był zróżnicowany w zależności od pozycji socjalnej drzewa w drzewostanie. Przyrost miąższości po przeprowadzonych zabiegach był wyższy w porównaniu do drzewostanów kontrolnych o 3-6% przy słabej trzebieży, 12-17% przy trzebieży średniej i o 23-27% w przypadku wykonania silnego zabiegu. W pracy Ruha i Varmola [1997] możemy natomiast znaleźć informację na temat wpływu wczesnych trzebieży na rozwój i wzrost sosny zwyczajnej odnowionej naturalnie. W podsumowaniu autorzy stwierdzają, że jakość drzew po wykonaniu zabiegu była generalnie wyższa, a średnica najgrubszych gałęzi pozostawała wzdłuż pnia poniżej 20 mm. Stwierdzono również występowanie zależności między momentem rozpoczęcia zabiegów pielęgnacyjnych a grubością gałęzi w starszym wieku. Okazuje się bowiem, że im wcześniej nastąpi ingerencja w drzewostan, tym grubość gałęzi u pozostałych drzew w starszym wieku będzie większa. Wniosek ten znajduje również potwierdzenie w pracy Varmola i Salminena [2004].

O ile pewna liczba sęków stanowi naturalną konsekwencję tworzenia się gałęzi, to zawsze jest to cecha niepożądana, której powstawaniu należy zapobiegać poprzez odpowiedni sposób zakładania i pielęgnowania drzewostanów. W tym względzie trzebież o odpowiednim nasileniu może służyć za środek do przyspieszenia lub zwolnienia tempa oczyszczania się drzew z gałęzi. Utrzymywanie silnego zwarcia przyspiesza ten proces, a przerwanie – opóźnia [Bernadzki i in. 1980].

Reakcją drzew na cięcia pielęgnacyjne są zmiany w dynamice przyrostu grubości wzdłuż całej długości pnia, a efektem jest zwiększenie udziału drewna wczesnego w słoju rocznym, spadek gęstości drewna oraz wzrost zbieżystości pnia [Assmann 1968; Borowski, Kołosowski 1971; Krzysik 1978; Hannrup i in. 2000; Mörling 2002; Peltola i in. 2002; Plauborg 2004; Mäkinen i in. 2005]. Intensywne czyszczenia i trzebieże powodują wzrost liczby pni o większych wymiarach, w których zwiększony przyrost grubości już w pierwszym i drugim dziesięcioleciu życia drzew związany jest z niższą jakością drewna w wieku rębności [Dziewanowski 1965]. Zwiększonemu dzięki trzebieży przyrostowi miąższości drzewa nie zawsze towarzyszy przyrost jego jakości [Bernadzki i in. 1980]. Zobel [1992] twierdzi natomiast, że wyższa jakość

drewna w wieku rębności wynika właśnie z większych wymiarów pni drzew oraz stosunkowo małego udziału drewna młodocianego.

Borowski i Kołosowski [1971] oraz Peltola i inni [2002] badając rozkład przyrostu grubości wzdłuż strzał sosny zwyczajnej pod wpływem prześwietlenia drzewostanu stwierdzili, że zwiększa się on w dolnej części pnia, a w części wierzchołkowej ulega zmniejszeniu. Dodają również, że z punktu widzenia wartości użytkowej drewna pozyskanego z drzewostanu o rozluźnionym zwarciu, zachodzące w rozkładzie przyrostu zmiany są niekorzystne, zwiększają bowiem zbieżność pnia. Powyższe stwierdzenie jest zasadne pod warunkiem, że zastosowane zabiegi są zbyt silne i niedostosowane do aktualnych potrzeb rozwijającego się drzewostanu. Przyrost z prześwietlenia jest bowiem u wielu gatunków drogą do uzyskania w wieku rębności większej ilości drewna. Wrażliwość drzew, której objawem są zmiany w wielkości przyrostu grubości oraz ich amplituda wzdłuż pnia, uzależniona jest od pozycji biosocjalnej drzewa w drzewostanie [Borowski, Kołosowski 1971; Pukkala i in. 2002; Ikonen i in. 2006]. Borowski i Dziekoński [1974] twierdzą, że u drzew zajmujących wysokie stanowisko socjalne, większa przestrzeń wzrostu prowadzi do innych skutków w przyroście niż nagłe i silne przerwanie zwarcia.

Według Puchalskiego [1969] z powodu małej zdolności do odbudowy i boczego rozwoju koron w średnim i starszym wieku, sosna nie potrafi wykorzystać wolnych przestrzeni, powstałych po wypadnięciu panujących sąsiadów w takim stopniu jak świerk lub buk. Stąd pochodzi jej niewielka reakcja na przyrost z prześwietlenia oraz zdolność kompensowania strat w przyroście, spowodowanych wypadem drzew panujących. Negatywna reakcja niektórych drzew w drzewostanie (w szczególności niższych klas biosocjalnych) objawia się spadkiem przyrostu i występuje według Pukkali i innych [2002] w okresie dwóch lat po przeprowadzeniu zabiegu. W trzecim i kolejnych latach przyrost grubości powinien być wyższy w porównaniu do okresu przed zabiegiem hodowlanym.

Peltola i inni [2007] prezentują wyniki założonego w 1986 doświadczenia, w którym na naturalnie odnowionym stanowisku sosny zwyczajnej przeprowadzono zabiegi o różnym natężeniu (wariant kontrolny oraz trzy warianty cięć, po których liczba drzew na powierzchni próbnej wahała się między 575 a 3 400 szt./ha). W porównaniu do wariantu kontrolnego szerokość strefy drewna wczesnego w słojach wytworzonych po wykonaniu zabiegu była o 109% wyższa w przypadku cięcia silnego, o 62% w odniesieniu do wariantu pośredniego i o 22% dla cięcia o nasileniu słabym. Strefa drewna późnego średnio zwiększyła się odpowiednio o 30, 41 i 70% w wariantach słabym, średnim i silnym, a udział drewna wczesnego w słoju rocznym wzrósł wobec tego o 4, 5 i 10%. Zespół ten zaobserwował również, że przeciętna gęstość drewna wykształconego po wykonaniu zabiegu obniżyła się, jednak zaobserwowane różnice były nieistotne.

Korelacja między jakością pni w rębnych drzewostanach sosnowych a dynamiką przyrostu grubości określona została przez Pazdrowskiego [1988a]. W tym celu w wybranych drzewostanach autor utworzył trzy grupy jakości pni: grupa A to drzewa, u których widoczne wady występowały na wysokości powyżej 3 m od powierzchni gruntu; grupa B – osobniki z wadami występującymi między 1 i 3 m od powierzchni gruntu; grupa C – wady występowały na całej długości strzały. Sosny charakteryzujące się w wieku rębności dobrym oczyszczeniem pni (grupy A i B) wykazywały w młodości, w przeciwieństwie do drzew źle oczyszczających się z gałęzi (grupa C) mniejszy przyrost na grubość, który w późniejszym okresie (w starszym wieku) zwiększał się, a wyższa dynamika przyrostu utrzymywała się u nich przez wiele lat. Ta grupa drzew w młodości przyrastała na grubość wyjątkowo intensywnie, lecz szybko traciła swą dużą energię

przyrastania, co wyrażało się znacznym zmniejszeniem szerokości słojów rocznych wraz z wiekiem drzew [Pazdrowski 1988a].

Według Leibundguta [1972] szerokość słojów w porównaniu do bezszęczności odgrywa podrzędną rolę. Podkreśla on jednak, że drewno wysokiej jakości powinno charakteryzować się przede wszystkim usłojeniem równomiernym. Ponadto uważa, że szerokość słoja można kształtować w zależności od gatunku drzewa, siedliska oraz celu produkcji. Słoje roczne muszą wykazywać się jednolitą budową nie tylko w kolejnych latach przyrostu, lecz ich szerokość na całym obwodzie pnia powinna być podobna. Drewno o przyroście ekscentrycznym, z nierównomiernym rozmieszczeniem drewna wczesnego i późnego, ma zawsze mniejszą wartość [Leibundgut 1972].

Cięcia pielęgnacyjne wpływają na przyrost średnicy pni pojedynczych drzew, a także poprzez regulację przestrzeni, w której wzrastają drzewa, kształtują formę strzały oraz stabilność drzew i drzewostanów. Wykonywanie zabiegów przystosowuje formę strzały do obciążenia statycznego i dynamicznego. Aby osiągnąć zamierzony efekt należy pamiętać, że adaptacja następuje powoli, w związku z czym zabiegi muszą być tym ostrożniejsze (słabe i częste), im drzewostany są bardziej zwarte, a strzały drzew pełniejsze i im bardziej labilny jest cały drzewostan [Jaworski 2004].

PODKRZESYWANIE. Jedną z dróg poprawy jakości drewna jest podkrzesywanie, czyli usuwanie gałęzi zarówno obumarłych, jak i żywych [Pazdrowski 1985; Björklund, Petersson 1999]. Jak przekonują Giefing [1999] oraz Giefing i inni [2004, 2006, 2007] zabieg usunięcia żywych gałęzi jest zupełnie nieszkodliwy dla drzew rosnących. Przy odpowiednim stopniu podkrzesywania zaobserwować można jedynie niewielki spadek przyrostu grubości, wysokości i miąższości oraz gęstości i twardości drewna [Pazdrowski 1981a, b, 1988b]. Rekompensatą jednak jest według Pazdrowskiego i Cybulko [1989] znaczny wzrost jednorodności drewna. Ważnym czynnikiem związanym z podkrzesywaniem jest czas zarastania sęka, który uzależniony jest między innymi od grubości gałęzi, jak i dynamiki przyrostu drzewa na grubość. Według Pazdrowskiego [1988c] podkrzesywanie drzew skraca czas zarastania sęków powstających w wyniku usuwania gałęzi żywych, martwych i suchych tyłców w porównaniu do drzew oczyszczających się naturalnie średnio o 25-50%.

Zabieg podkrzesywania wpływa również na zmniejszenie się zbieżystości kłód odziomkowych u sosny zwyczajnej [Pazdrowski 1980]. Kształtuje w pniach drzew udział drewna młodocianego [Pazdrowski i in. 2007] oraz wpływa na długość elementów anatomicznych drewna [Pazdrowski, Szaban 2005].

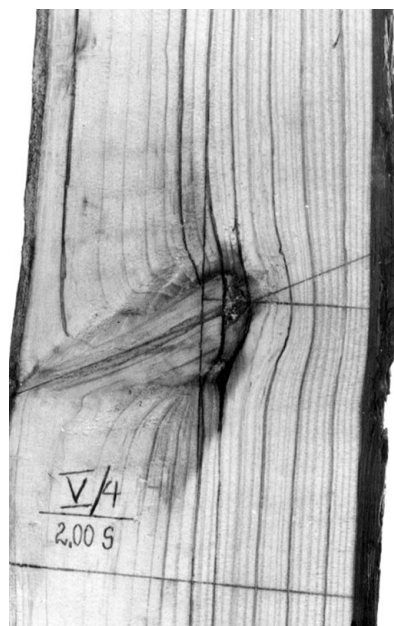
Obszernie zagadnieniem zmian jakości drewna sosny zwyczajnej na skutek podkrzesywania zajmował się Pazdrowski [1992]. Warto przytoczyć najważniejsze wnioski przeprowadzonych przez autora analiz. Po pierwsze podkrzesywanie sosen poprawia znacznie jakość produkowanego surowca drzewnego, zwiększając udział drewna bezszęcznego (ryc. 1, 2). Po drugie zabieg zdecydowanie przyczynia się do poprawienia struktury jakościowej drewna tartacznego w drzewostanach rębnych.

INNE. Lindén i Agestam [2003] porównali wzrost sosny zwyczajnej w monokulturach i drzewostanach mieszanych. Stwierdzono, że generalna różnica między przyrostem miąższości była niewielka, natomiast przyrost miąższości na jednostkę powierzchni był wyższy dla powierzchni z drzewostanem mieszanym. Sosny wyrosłe w warunkach drzewostanu mieszanego były natomiast bardziej zbieżyste. We wniosku podsumowującym zawarto tezę istotną z praktycznego



Ryc. 1.

Przekrój promieniowy drewna sosnowego wzdłuż rdzenia sęka powstałego na drodze naturalnego procesu oczyszczania się pnia z gałęzi
The radial section of pine wood along the pith of a knot formed as a result of self-pruning



Ryc. 2.

Przekrój promieniowy drewna sosnowego wzdłuż sęka zarośniętego po okrzeseanej żywej gałęzi
The radial section of pine wood along the overgrown knot left after a trimmed live branch

punktu widzenia, mówiącą, że zakładanie drzewostanów mieszanych jest jedną z dróg intensyfikacji produkcji surowca drzewnego w przyszłości.

Pewną rolę w kształtowaniu jakości drewna odgrywa również sposób zagospodarowania drzewostanu. U drzew wzrastających w lasach przerębowych jakość dolnej części pnia jest lepsza niż u drzew z lasów zagospodarowanych zrębowo lub przerębowo-zrębowo. Dodatkowo drewno z lasów przerębowych cechuje się obecnością sęków zrosniętych z otaczającym drewnem, a więc niewypadających [Jaworski 2004].

Wpływem drzew dojrzałych na rozwój młodych drzew sosny zwyczajnej zajmowali się Valkonen i inni [2002]. Na 9 powierzchniach próbnych, w tym 3 odnowionych sztucznie i 6 odnowionych naturalnie, zlokalizowanych w południowej Finlandii, dokonano pomiarów pierśnicy, wysokości, średnicy i wysokości korony, występowania najniższej położonego okółka, grubości kory na poziomie pierśnicy oraz rocznego przyrostu pierśnicy. Stwierdzono, że młode drzewka charakteryzują się niższą dynamiką przyrostu wysokości i pierśnicy wraz ze zmniejszającą się liczbą drzew na jednostce powierzchni w sąsiedztwie dojrzałych osobników. Pomimo że powierzchnia rzutów koron drzew pozostawionych na uprawie wynosi około 0,02 hektara na drzewo, obniżają one u młodych sosen przyrost wysokości w granicach 9-17% na powierzchni o promieniu 10 m. Interesującym z uwagi na jakość drewna wnioskiem jest stwierdzenie autorów, że pozostawianie tzw. przestojów pomaga redukować sękatność drzew. Z drugiej jednak strony autorzy przyznają, że praktyczne zastosowanie wniosku jest trudne z uwagi na nieznane długoterminowe efekty stosowanych zabiegów.

Podsumowanie

Celem niniejszego opracowania, z uwagi na rolę, jaką odgrywa jakość drewna teraz i prawdopodobnie w przyszłości, było zebranie i syntetyczne przedstawienie aktualnego stanu wiedzy z zakresu jakości drewna i czynników wpływających na jej kształtowanie się. Zaprezentowane w pracy wybrane doniesienia naukowe odnoszą się do najważniejszego gatunku lasotwórczego w Polsce, jak i tej części Europy, tj. sosny zwyczajnej. Przedstawione związki między wybranymi właściwościami drewna i cechami drzew a metodami w postępowaniu gospodarczym wskazują, że kształtowanie jakości drewna na pniu jest możliwe. Możliwości te powszechnie wykorzystywane w gospodarstwie leśnym prawdopodobnie pozwolą w przyszłości zaspokoić rosnące potrzeby rynku drewna, w szczególności zaś jego sortymentów cennych.

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 Forestalia Suecica*, 204.
- Assmann E. 1968. Nauka o produktywności lasu. PWRiL, Warszawa.
- Bernadzi E. i in. 1980. Trzebieże. PWRiL, Warszawa.
- Björklund, L., Petersson, H. 1999. Predicting knot diameter of *Pinus sylvestris* in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 14: 376–384.
- Borowski M., Dziekoński H. 1974. Rozkład przyrostu grubości wzdłuż strzał sosen w zależności od stanowiska socialnego drzew. *Sylvan* 118 (11): 8-15.
- Borowski M., Kołosowski K. 1971. Wpływ prześwietlenia drzewostanu sosnowego na rozkład przyrostu grubości wzdłuż pni drzew. *Sylvan* 115 (5): 13-23.
- Ceitel J. 1989. Wpływ więzby początkowej upraw sosnowych na proces naturalnego oczyszczania się drzew. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN* 114: 9-16.
- Ceitel J. 1993. Procesy rozwojowe w młodocianym okresie drzewostanów sosnowych a podkrzesywanie drzew. *Przegląd Leśn.* 3 12: 7-8.
- Ceitel J. 1994. Wpływ więzby sadzenia sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na wzrost i procesy rozwojowe w I klasie wieku. Sesja Naukowa „Nauka – Doświadczalnictwo – Praktyka Leśna”, Rogów.
- Ceitel J. 1995. Współczesne poglądy na więzbę sadzenia upraw leśnych w niektórych krajach Europy. *Przegląd Leśn.* 5-4: 10-13.
- Dziewanowski R. 1965. Analiza porównawcza jakości tartacznego drewna sosnowego z niektórych rejonów Polski. *Prace ITD*. 1.
- Fahvilik N. 2005. Aspects of precommercial thinning in heterogeneous forests in Southern Sweden. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Science, Alnarp.
- Fahvilik N., Ekö P.-M., Pettersson N. 2005. Influence of precommercial thinning grade on branch diameter and crown ratio in *Pinus sylvestris* in southern Sweden. *Scan. J. For. Res.*, 20: 243–251.
- Giefing D. F. 1999. Podkrzesywanie drzew w lesie. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, 168.
- Giefing D. F., Jonasz K., Wesoly W. 2004. The response of thick-branched pine trees to pruning. *EJPAU* 7 (2) #03.
- Giefing D. F., Złota M., Stypik P., Wykpisz P. 2006. Biological reactions of thick-branched Scots pines (*Pinus sylvestris* L.) to pruning in relation to the season of the year of the operation. *EJPAU* 9(4) #05.
- Giefing D. F., Złota M., Wykpisz P., Stypik P. 2007. Reakcje biologiczne grubogłęzistych sosen (*Pinus sylvestris* L.) na podkrzesywanie w zależności od zastosowanych środków do zabezpieczania ran. *Sylvan* 151 (11): 60-66.
- Hannrup B., Ekberg L., Persson A. 2000. Genetic correlations among wood, growth capacity and stem traits in *Pinus sylvestris*. *Scan. J. For. Res.* 15 (2): 161-170.
- Hattemer H. H., Andersson A., Tamm C. O. 1977. Effects of spacing and fertilization on four grafted clones of Scots pine. *Studia Forestalia Suecica* 141.
- Ikonen V.-P., Kellomäki S., Peltola H. 2003. Linking tree stem properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) to sawn timber properties through simulated sawing. *For. Ecol. Manag.* 174: 251-263.
- Ikonen V. P., Kellomäki S., Väisänen A., Peltola H. 2006. Modeling the distribution of diameter growth along the stem in Scots pine. *Trees* 20: 391-402.
- Jaworski A. 2004. Podstawy przyrostowe i ekologiczne odnawiania i pielęgnacji drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- Karlsson A. Albrekston A., Elfving B., Fries C. 2002. Development of *Pinus sylvestris* main stems following three different precommercial thinning methods in a mixed stand. *Scan. J. For. Res.* 17 (3): 256–262.

- Leibundgut H. 1972. Pielęgnowanie drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- Krzysik F. 1978. Nauka o drewnie. PWRiL, Warszawa.
- Lindén, M., Agestam, E. 2003. Increment and yield in mixed and monoculture stands of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* based on an experiment in southern Sweden. *Scan. J. For. Res.* 18: 155–162.
- Mäkinen H., Hynynen J., Isomäki A. 2005. Intensive management of Scots pine stands in southern Finland: First empirical results and simulated further development. *For. Ecol. Manag.* 215: 37–50.
- Mäkinen H., Isomäki A. 2004. Thinning intensity and growth of Scots pine stands in Finland. *For. Ecol. Manage.* 210: 311–325.
- Moberg, L. 1999. Variation in knot size of *Pinus sylvestris* in two initial spacing trials. *Silva Fennica* 33 (2): 131–144.
- Mörling T. 2002. Evaluation of annual ring width and ring density development following fertilizations and thinning of Scots pine. *Ann. For. Sci.* 59: 29–40.
- Palahí M., Pukkala T. 2003. Optimizing the management of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in Spain based on individual-tree models. *Ann. For. Sci.* 60: 105–114.
- Pazdrowski W. 1980. Kształtowanie się zbieżystości kłód odziomkowych u podkrzesanych sosen (*Pinus sylvestris* L.). *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Lesn. PTPN* 50: 103–112.
- Pazdrowski W. 1981a. Wpływ jednorazowego podkrzesania sosen (*Pinus sylvestris* L.) na kształtowanie się przyrostów wysokości, grubości i miąższości. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Lesn. PTPN* 52: 137–143.
- Pazdrowski W. 1981b. Wpływ podkrzesania sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na zmiany gęstości i wytrzymałości jej drewna. *Sylwan* 125 (7-9): 79–86.
- Pazdrowski W. 1985. Podkrzesywanie sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) – jedna z dróg zmniejszenia wadliwości uszczeni. *Sylwan* 129 (7): 35–43.
- Pazdrowski W. 1988a. 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. 1988b. Wpływ podkrzesania drzew na kształtowanie się twardości drewna strefy przysęczonej u sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). *Sylwan* 132 (6): 25–34.
- Pazdrowski W., Cybulko T. 1989. Wpływ podkrzesania drzew na kształtowanie się twardości drewna strefy przysęczonej u sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). *Sylwan* 133 (6): 25–31.
- Pazdrowski W. 1992. Zmiany jakości i wartości drewna w drzewostanach sosnowych przy stosowaniu podkrzesywania drzew. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe, Zeszyt* 244.
- 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. Zależność między jakością pni a makrostrukturą drewna u sosny (*Pinus sylvestris* L.) w wieku rębności. *Sylwan* 133 (3): 39–44.
- Pazdrowski W., Mafecka S., Sptawa–Neyman S. 1995. Wytrzymałość drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w zależności od początkowej więzby zakładanych upraw. *Fol. For. Pol.* 26: 55–61.
- 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.
- Pazdrowski W., Tomczak A., Jelonek T., Duma M., Szaban J., Jakubowski M. 2007. The effects of live crown reduction during artificial pruning on share of juvenile wood tissue in stems of Scots pines (*Pinus sylvestris* L.). *Ann. WULS-SGGW, For. And Wood Technol.* 62: 126–129.
- Peltola H., Kilpeläinen A., Sauvala K., Räisänen T., Ikonen V.-P. 2007. Effects of early thinning regime and tree status on the radial growth and wood density of Scots pine. *Silva Fennica* 41 (3): 489–505.
- Peltola H., Miina J., Rouvinen I., Kellomäki S. 2002. Effect of early thinning on the diameter growth distribution along the stem of Scots pine. *Silva Fennica* 36 (4): 813–825.
- Persson A. 1994. How genotype and silviculture interact in forming timber properties. *Silva Fennica* 28 (4): 275–282.
- Persson B., Persson A., Stihl E. G., Karlms U. 1995. Wood quality of *Pinus sylvestris* progenies at various spacing. *For. Ecol. Manag.* 76: 127–138.
- Plauborg K. U. 2004. Analysis of radial growth responses to changes in stand density for four tree species. *For. Ecol. Manag.* 188: 65–75.
- Przybylski T. 1993. Ekologia. W: Białobok S. i in. [red.] *Biologia sosny zwyczajnej*. Polska Akademia Nauk, Instytut Dendrologii, Poznań-Kórnik, 255–300.
- Puchalski T. 1969. Wybrane zagadnienia hodowli lasu. Wzrost drzew i drzewostanów. Skrypt WSR w Poznaniu.
- Pukkala T., Miina J., Palahí M. 2002. Thinning response and thinning bias in a young Scots pine stand. *Silva Fennica* 36 (4): 827–840.
- Punches J. 2004. Tree growth, forest management and their implications for wood quality. *Pacific Northwest Extension* 576: 8.
- Río del M., Calama R., Cañellas I., Roig S., Montero G. 2008. Thinning intensity and growth response in SW-European Scots pine stands. *Ann. For. Sci.* 65: 308–318.
- Ruha T., Varmola M. 1997. Precommercial thinning in naturally regenerated Scots pine stands in northern Finland. *Silva Fennica*, 31 (4): 410–415.

- Splawa-Neyman S., Pazdrowski W., Owczarzak Z. 1995. Biometryczne parametry budowy drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w aspekcie więzby sadzenia upraw. *Fol. For. Pol.*, 26: 70-83.
- Wróblewska H., Splawa-Neyman S. 1995. Właściwości chemiczne drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), a więzba zakładanych upraw. *Fol. For. Pol.*, 26: 63-71.
- Valkonen S., Ruuska J., Stipilehto J. 2002. Effect of retained trees on the development of young Scots pine stands in Southern Finland. *For. Ecol. Manag.* 166: 227-243.
- Varmola, M., Salminen, H. 2004. Timing and intensity of precommercial thinning in *Pinus sylvestris* stands. *Scan. J. For. Res.* 19: 142-151.
- Zobel B. 1992. Silvicultural effects on wood properties. *IPEF International*, Piracicaba (2): 31-38.

SUMMARY

Quality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood Part III. The effect of silviculture on wood quality

Silviculture as economic activity in the forest, among other things, meets demand thanks to the possibly high and valuable wood production at an economical management of outlays. This means that during the biological stage of production changes in the stand should be both quantitative (growth) and qualitative in character (development). The selection of an optimum model and reaching the assumed objective in the course of a long-term process, characteristic for the forest enterprise, is very difficult and complicated. It starts with the establishment of a culture, including the selection of an appropriate species composition, the type of mixture and planting arrangement. It is followed by several tending measures (cuttings) determined by the intensity and timing of these interventions, until cutting age is reached by trees; apart from natural factors, the growth and development of stands are affected by human activity. For this reason knowledge concerning the effect of forest economy on the quality of forming wood tissue is crucial both for pure and applied science.

Relationships between selected wood properties and characteristics of trees on the one hand and methods applied in management policy on the other hand indicate that it is possible to modify wood quality in case of standing trees. These possibilities, when commonly utilized in the forest enterprise, in the future will probably make it possible to meet the growing requirements of the wood market, especially in terms of valuable timber assortments.