

AGNIESZKA JANKOWSKA, BOGUSŁAW ANDERS, BARTŁOMIEJ MASTYNA

Charakterystyka techniczna drewna limby syberyjskiej (*Pinus sibirica* Du Tour.)

Characteristic technical properties of Siberian yellow pine
(*Pinus sibirica* Du Tour.) wood

ABSTRACT

Jankowska A., Anders B., Mastyna B. 2017. Charakterystyka techniczna drewna limby syberyjskiej (*Pinus sibirica* Du Tour.). Sylwan 161 (9): 756-762.

Siberian yellow pine (*Pinus sibirica* Du Tour.) has increasingly appeared in the merchant offers on the market of raw wood materials in Poland. However, the knowledge of the technical characteristics of its wood is still insufficient for it is based primarily on the data and experiences from abroad, often from the literature of the former USSR. The main aim of this study was to determine selected physical and mechanical properties of Siberian yellow pine wood such as linear and volumetric shrinkage, compressive strength along the fibers, the tensile strength along the fibers, the tensile strength across the fibers, static bending and modulus of elasticity, flexural dynamic and impact strength, hardness, resistance to splitting and cleavage and shear strength. Furthermore, the resistance to decay caused by *Coniophora puteana* (Schum., Fr.) Karst., as well as the examination of the wood structure, assessing the dimensions and arrangement of the structural elements in particular were conducted. The results show that Siberian yellow pine wood has a number of similarities to Scots pine wood in terms of the structure. The wood is very light, with a density of 391 kg/m³ and very soft (Janka hardness on transverse cross section 23 MPa). The mechanical properties of Siberian yellow pine wood are closely related to its density and much lower when compared with Scots pine. Shear strength equalled to 67 MPa, static bending strength – 65 MPa and compression strength along the fibers – 49 MPa. The durability to brown rot fungus of Siberian pine wood is comparable to Scots pine (3rd class according to PN-EN 350-2:2000).

KEY WORDS

Siberian yellow pine, mechanical and physical properties, brown rot fungus, wood anatomy

ADDRESSES

Agnieszka Jankowska – e-mail: agnieszka_jankowska@sggw.pl
Bogusław Anders, Bartłomiej Mastyna

Katedra Nauki o Drewnie i Ochrony Drewna, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159,
02-776 Warszawa

Wstęp

Na krajowym rynku surowca drzewnego drewno limby syberyjskiej *Pinus sibirica* Du Tour. coraz częściej pojawia się w ofertach handlowców. Jednak wiedza na temat jego charakterystyki technicznej jest niewystarczająca i opiera się głównie na danych i doświadczeniach pochodzących z zagranicy, często z literatury byłego ZSRR. Znajomość właściwości mechanicznych stanowi podstawę optymalnego stosowania drewna we wszelkiego rodzaju konstrukcjach, ponieważ jego

wytrzymałość wywiera istotny wpływ na wielkość dopuszczalnych naprężeń i sposób wykorzystania. Wiedza w tym zakresie nabiera szczególnego znaczenia w obliczu konieczności racjonalnej gospodarki drewnem, co ma istotne znaczenie zarówno z ekonomicznego, jak i ekologicznego punktu widzenia [Breyer i in. 1999].

W literaturze obecne są różne nazwy łacińskie limby syberyjskiej: *Pinus sibirica* Du Tour., *Pinus cembra* var. *sibirica* Loud. oraz *Pinus sibirica* Mayr. odmiana syberyjska, a także różne nazwy handlowe, np. sosna syberyjska, cedr syberyjski, Siberian pine [Podbielkowski 1977]. Omawiane drewno zostało uwzględnione w normie PN-EN 13556:2005, dotyczącej terminologii stosowanej w handlu drewnem w Europie. Według zapisów normy polska nazwa to limba syberyjska, a angielska Siberian yellow pine.

Limba syberyjska jest blisko spokrewniona z limbą europejską *Pinus cembra* L. i przez szereg lat była uważana za jej rasę geograficzną. Obecnie, ze względu na długotrwały okres izolacji w bardzo odległych obszarach występowania, uważana jest często za odmienny gatunek [Tomanek 1995]. Limba syberyjska naturalnie występuje w tajdze na wschód od 40° długości geograficznej wschodniej (Archangielsk) w niemal całej Syberii, gdzie tworzy rozległe lasy zarówno na równinach, jak i w górach. Na zachodzie drzewa omawianego gatunku występują w górnym biegu rzeki Wyczegda. Północna granica zasięgu przebiega przez Ural (66°N), w dolnym biegu rzek Ob i Jenisej oraz przez obszar Trans-Bajkał w północnej Mongolii. Południowa granica rozciąga się od rzeki Wyczegda przez południowy Ural. Na dużych obszarach północno-wschodniej części byłego ZSRR sosna syberyjska tworzy lasy mieszane ze świerkiem syberyjskim, jodłą syberyjską i modrzewiem syberyjskim, rzadziej z gatunkami liściastymi i jest jednym z najważniejszych gospodarczo gatunków sosen [Białobok 1955].

Szeroko rozpowszechnione na Uralu drzewo osiąga do 35 m wysokości i nawet do 1,8 m średnicy pnia. Pod wpływem niekorzystnych warunków wzrostu roślina przyjmuje formę karłowatych drzew (na torfowiskach) lub krzewów (w górach). W leśno-stepowej europejskiej części Rosji w ciągu 32 lat osiąga 14 m wysokości i około 25 cm średnicy pnia [Shikov i in. 2004]. Wiek limby syberyjskiej nie jest w literaturze jednoznacznie określony. Powszechnie spotyka się drzewa tego gatunku w wieku 200-250 lat. W sprzyjających warunkach limba syberyjska żyje do 800 lat [Tomanek 1995]. Jest to drzewo światłolubne, wiecznie zielone. Należy do najstarszych drzew w rodzinie sosny – jej obecność na Ziemi szacuje się na około 100 milionów lat [Azajtan i in. 1979].

W literaturze odnaleźć można korzystne cechy drewna limby syberyjskiej, takie jak odporność na gnicie, widoczna delikatna struktura słoja, przyjemny zapach czy właściwości lecznicze [Białobok 1955]. Brakuje jednak naukowo potwierdzonych danych dotyczących charakterystyki technicznej i właściwości technologicznych drewna. Celem niniejszej pracy była charakterystyka techniczna drewna limby syberyjskiej *Pinus sibirica* Du Tour., a także analiza jego mikrostruktury. Badaniami objęto również określenie odporności limby syberyjskiej na działanie grzyba powodującego brunatny rozkład drewna. Uzyskane wyniki uzupełniają informacje o drewnie tego gatunku, a zdobyta w tym zakresie wiedza pozwala na przeprowadzenie oceny jego potencjalnych zastosowań.

Materiał i metody

Materiał badawczy stanowiły trzy wyrzynki z części odziomkowej pnia drewna limby syberyjskiej *Pinus sibirica* Du Tour. Drewno pochodziło z okolic Sajanogórska (góry Sajany, Kraj Krasnojski, Rosja). Wymiary wyrzynków to około 40 cm w pierśnicy i 50 cm długości. Było to drewno pozbawione takich wad jak pęknięcia czy sęki. Wiek drzew określono na podstawie przyrostów

rocznych i wynosił on 85 lat we wszystkich trzech wyrzynkach. Drewno było suszone do stanu powietrzno-suchego, a następnie podzielone na deski. W tej postaci było sezonowane w warunkach klimatu normalnego (temperatura powietrza bliska 20°C i wilgotność względna 50%) przez okres czterech miesięcy. Z tak przygotowanego drewna wykonywano standardowe próbki do prowadzonych oznaczeń.

Ponadto wykonano preparaty mikroskopowe drewna, prezentujące trzy podstawowe przekroje anatomiczne. Były to preparaty o grubości 15-20 μm skrawane z drewna macerowanego w mieszaninie wody, alkoholu etylowego i gliceryny, a następnie barwione safraniną. Obserwacji i pomiarów mikroskopowych dokonano przy użyciu mikroskopu Olympus BX41 sprzężonego z kamerą cyfrową oraz oprogramowania CellB.

Właściwości drewna oznaczane były zgodnie z zaleceniami norm PN-D-04100:1977, PN-D-04101:1977, PN-D-04111:1982, PN-D-04102:1977, PN-D-04107:1981, PN-D-04108:1981, PN-D-04103:1968, PN-D-04117:1963, PN-D-04104:1968, PN-D-04109:1954 oraz PN-D-04105:1979. Uzyskane wyniki porównano z danymi literaturowymi dotyczącymi drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) oraz drewna limby syberyjskiej charakteryzowanego w oparciu o procedury badawcze obowiązujące w byłym ZSRR.

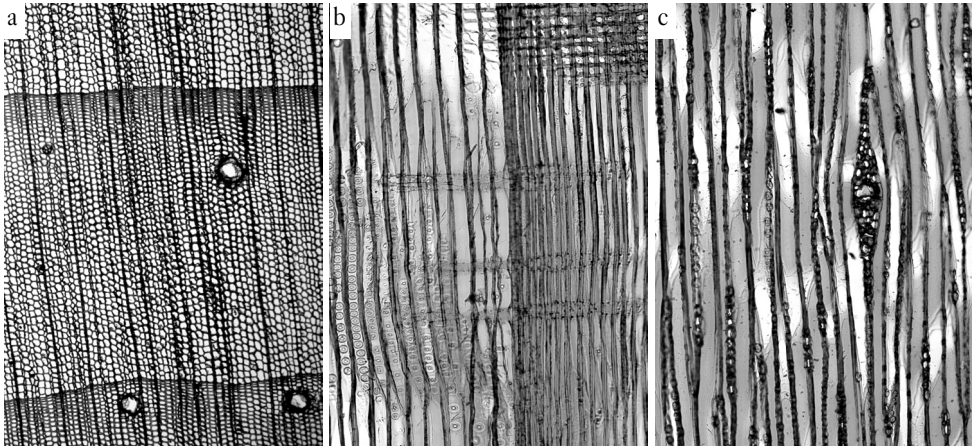
Podstawą badań naturalnej trwałości drewna (odporności na działanie grzybów) były wytyczne zawarte w normie PN-EN 113:2000. Badania przeprowadzono na próbkach drewna *Pinus sibirica* Du Tour. (twardziel) oraz próbkach wzorcowych z drewna *Pinus sylvestris* L. (biel i twardele). W badaniu został użyty grzyb *Coniophora puteana* (Schum., Fr.) Karst. zgodnie z zapisami norm PN-EN 350-1:2000 i PN-EN 113:2000, pochodzący z kolekcji czystych kultur grzybów Zakładu Ochrony Drewna Wydziału Technologii Drewna Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Czas działania grzyba na drewno wynosił 16 tygodni. Klasę trwałości wyznaczono na podstawie wartości stosunku masy drewna poddanego działaniu grzyba i masy drewna kontrolnego.

Wyniki i dyskusja

Limba syberyjska to drewno iglaste o zabarwionej twardele. Biel jest biało-kremowy i różni się kolorystycznie od twardele o barwie jasnobrązowo-czerwonej. Szerokość bieli w badanym materiale wynosiła około 6 cm. Słoje roczne są dobrze widoczne na wszystkich przekrojach. Przyrosty roczne mają prosty przebieg, a przejście strefy drewna wczesnego do późnego jest stosunkowo łagodne (w odróżnieniu od drewna sosny zwyczajnej [Kokociński 2002]). Makroskopowo promienie drzewne są niewidoczne na wszystkich przekrojach.

Cewki drewna wczesnego są cienkościenne i mają średnio 7,9 μm grubości. Cewki drewna późnego są grubościenne i mają średnio 12,3 μm grubości. Wielkość światła cewek w strefie drewna wczesnego wynosi średnio 31,02 μm , a późnego 21,76 μm i są to wartości podobne jak w przypadku sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. – 20-40 μm dla cewek wczesnych i 13-25 μm dla cewek późnych [Wagenfür 2010]. Ponadto średnica cewek drewna wczesnego w kierunku promieniowym nie różni się istotnie od średnicy w kierunku stycznym. Natomiast średnia średnica cewek drewna wczesnego w kierunku promieniowym (39,2 μm) jest dwukrotnie większa od średniej średnicy cewek drewna późnego (są spłaszczone w kierunku promieniowym – ryc. 1a). Ich długość zawiera się w przedziale od 3,033 do 3,179 mm, przy czym cewki drewna późnego są dłuższe.

Na promieniowych ścianach cewek występują jamki lejkowate w pojedynczych rzędach (ryc. 1b). W drewnie są obecne przewody żywiczne. Podłużne przewody żywiczne występują licznie, zwykle pojedynczo, w drewnie późnym. Poziome przewody żywiczne ułożone są w pro-



Ryc. 1.

Przekroje poprzeczny (a), promieniowy (b) i styczny (c) drewna sosny syberyjskiej
 Transverse (a), radial (b) and tangential (c) section of Siberian yellow pine wood

mieniach drzewnych (ryc. 1c). Heterogeniczne promienie drzewne zbudowane są z cewek oraz z cienkościennych komórek miękiszowych wydłużonych w kierunku przebiegu włókien (w porównaniu do średnicy w kierunku stycznym). Cewki stanowią górne i dolne warstwy promienia, charakteryzują się pofałdowanymi ściankami. Są to promienie jedno- i wieloszerogowe o zróżnicowanej liczbie warstw komórek, od trzech do kilkunastu. Podobnie jak w przypadku drewna sosny zwyczajnej [Wagenfür 2010] na polach krzyżowych obecne są jamki okienkowe.

Badane drewno charakteryzowało się średnią gęstością na poziomie 386 kg/m^3 , przy wilgotności 11,4% (tab. 1). Według Wanina [1953] gęstość drewna przy wilgotności 15% wynosi około 440 kg/m^3 . Skurcz drewna jest niewielki – przykładowo w kierunku promieniowym wynosi przy zmianach wilgotności w całym przedziale higroskopijnym tylko 3,4%, a w kierunku stycznym 5,6%. Zbliżone wartości podaje Wanin [1953]: skurcz w kierunku promieniowym 3,6%, a w kierunku stycznym 6,5%. Na podstawie klasyfikacji Monina drewno limby syberyjskiej zaliczyć można do grupy drewna małokurczliwego [Krzysik 1978]. Badany materiał wykazał wartość całkowitego skurczu objętościowego średnio na poziomie 8,2% i jest to wartość mniejsza od wartości całkowitego skurczu objętościowego jodły *Abies alba* Mill., która według Krzysika [1978] wynosi 11,7% przy średniej gęstości 450 kg/m^3 .

Średnia wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien drewna limby syberyjskiej wynosi 40 MPa i jest to wartość taka sama jak w przypadku jodły *Abies alba* Mill. o gęstości 450 kg/m^3 . Dla drewna sosny pospolitej *Pinus sylvestris* L. wytrzymałość na ściskanie wynosi 47 MPa przy średniej gęstości 520 kg/m^3 [Krzysik 1978] i jest większa od wartości stwierdzonej dla badanego materiału. Według Pieriełygina i Piecowa [1934] wytrzymałość na ściskanie drewna limby syberyjskiej wynosi 35,2 MPa, przy czym wartość ta odnosi się do drewna o wilgotności bliskiej 15%. Różnicę pomiędzy uzyskaną wartością średnią a wartością wytrzymałości drewna limby syberyjskiej prezentowaną w literaturze należy wytłumaczyć różnicą w wilgotności badanego drewna. Wilgotność drewna w przedziale higroskopijnym jest ściśle skorelowana z właściwościami mechanicznymi drewna, a wraz z jej wzrostem wytrzymałość jest niższa [Krzysik 1978].

Badany materiał cechował się wytrzymałością na rozciąganie średnio na poziomie 67 MPa i jest to wartość niższa od wartości wytrzymałości na rozciąganie jodły *Abies alba* Mill., która według

Tabela 1.

Średnia (M), odchylenie standardowe (SD), minimum (Min) i maksimum (Max) wartości wybranych fizycznych i mechanicznych właściwości drewna limby syberyjskiej

Mean (M), standard deviation (SD), minimum (Min) and maximum (Max) values of selected physical and mechanical properties of Siberian yellow pine wood

	Min	M (SD)	Max
Gęstość [kg/m ³] Density	366	386 (15)	434
Skurcz w kierunku wzdłużnym [%] Longitudinal shrinkage	0,29	0,35 (0,04)	0,40
Skurcz w kierunku promieniowym [%] Radial shrinkage	3,0	3,4 (0,2)	3,6
Skurcz w kierunku stycznym [%] Tangential shrinkage	4,7	5,6 (0,5)	6,1
Skurcz objętościowy [%] Volume shrinkage	7,4	8,2 (0,6)	8,9
Wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien [MPa] Stretch strength along the fibres	57	67 (7)	77
Wytrzymałość na rozciąganie w poprzek włókien [MPa] Stretch strength across the fibres	2,2	2,5 (0,2)	2,7
Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien [MPa] Compressive strength along the fibres	33	40 (3)	47
Wytrzymałość na zginanie statyczne [MPa] Static bending strength	58	65 (4)	74
Udarność [kJ/m ²] Toughness	0,15	0,24 (0,05)	0,34
Moduł sprężystości wzdłuż włókien [GPa] Modulus of elasticity along the fibres	5,1	6,4 (0,6)	7,5
Wytrzymałość na ścinanie wzdłuż włókien [MPa] Tensile strength parallel to fibres in radial plane	2,0	4,7 (0,8)	5,9
Twardość Janki na przekroju poprzecznym [MPa] Janka hardness on transverse cross section	21	23 (2)	32
Twardość Janki na przekrojach wzdłużnych [MPa] Janka hardness on longitudinal cross section	12	16 (2)	19

Krzysika [1978] wynosi 84 MPa przy średniej gęstości 450 kg/m³. Jest to także wartość niższa od wytrzymałości drewna sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L., która wynosi 104 MPa przy średniej gęstości 520 kg/m³ [Krzysik 1978; Wagenfür 2010]. Podobnie jest z wytrzymałością na rozciąganie w poprzek włókien, która średnio wynosi 2,5 MPa.

Wytrzymałość na zginanie statyczne drewna sosny syberyjskiej jest wyraźnie niższa od wytrzymałości drewna sosny pospolitej *Pinus sylvestris* L. (35-206 MPa, średnio 87 MPa) i modrzewia europejskiego *Larix decidua* Mill. (64-132 MPa, średnio 84 MPa) oraz nieznacznie mniejsza od wytrzymałości drewna świerku *Picea abies* Karst. (24-116 MPa, średnio 66 MPa) [Krzysik 1978; Wagenfür 2010]. Dla drewna o wilgotności około 15% Pieriełygin i Piecow [1934] również podają niższą wartość wytrzymałości: 50,2 MPa. Wynik porównania z powszechnie stosowanymi w konstrukcjach drewnianych krajowymi gatunkami drewna iglastego pozwala na stwierdzenie, że drewno limby syberyjskiej ma potencjał do wykorzystania w budownictwie, co wymaga jednak dalszych badań w zakresie przydatności omawianego drewna jako materiału konstrukcyjno-budowlanego.

Według klasyfikacji Janki [Krzysik 1978] drewno limby syberyjskiej jest bardzo miękkie, ponieważ charakteryzuje się twardością niższą niż 35 MPa. Nieco niższe wartości, bo dla drewna o wyższej wilgotności (około 15%), podaje literatura – około 22 MPa twardości wyznaczonej metodą Janki na przekroju poprzecznym i średnio około 14 MPa na przekrojach wzdlużnych [Wanin 1953].

Badany materiał wykazał wytrzymałość na ścinanie średnio na poziomie 4,8 MPa i jest to wartość zbliżona do wytrzymałości na ścinanie jodły *Abies alba* Mill., która według Krzysika [1978] wynosi 5,1 MPa. Jak podaje Krzysik [1978], dla drewna sosny pospolitej *Pinus sylvestris* L. wytrzymałość na ścinanie wynosi 10 MPa przy średniej gęstości 520 kg/m³ i jest to wartość ponad dwukrotnie większa od wytrzymałości na ścinanie badanego drewna.

Aktywność degradacji drewna przez *Coniophora puteana* (Schum., Fr.) Karst. określona na podstawie ubytku masy drewna bielastego *Pinus sylvestris* L. była prawidłowa. W ciągu 16 tygodni grzyb spowodował nieznacznie mniejszy ubytek masy drewna twardzielowego sosny syberyjskiej niż sosny zwyczajnej (tab. 2). Na podstawie ubytku masy badanych próbek, zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 350-1:2000, określono naturalną trwałość drewna limby syberyjskiej *Pinus sibirica* Du Tour. Drewno twardzieli cechuje średnia trwałość (3 klasa naturalnej trwałości na działanie grzybów w pięciostopniowej skali). Dla porównania – drewno twardzieli sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. według normy PN-EN 350-2:2000 określone jest jako średnio trwałe i mało trwałe (3-4 klasa naturalnej trwałości na działanie grzybów).

Podsumowanie

Drewno limby syberyjskiej *Pinus sibirica* Du Tour. wykazuje szereg podobieństw do sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. pod względem struktury (wymiary i układ elementów strukturalnych są zbliżone). Ponadto drewno limby syberyjskiej jest bardzo lekkie, o gęstości zawierającej się w przedziale 366-434 kg/m³. Z niskiej gęstości wynikają niższa twardość drewna oraz niższe parametry mechaniczne w zestawieniu z krajowym drewnem sosny zwyczajnej. W wyniku badań stwierdzono, że drewno sosny syberyjskiej jest mało kurczliwe. Drewno twardzieli cechuje średnia trwałość wobec działania grzybów (3 klasa naturalnej trwałości na działanie grzybów w pięciostopniowej skali według PN-EN 350-2:2000).

Wiedza z zakresu charakterystyki technicznej drewna sosny syberyjskiej daje możliwość właściwego wykorzystania surowca. Na podstawie analizy właściwości badanego materiału można założyć, że drewno to z powodzeniem może być wykorzystane jako elementy wyposażenia saun. Jednocześnie niska gęstość drewna determinuje niewielką twardość, co zdecydowanie ogranicza

Tabela 2.

Początkowa i końcowa średnia masa drewna przy wilgotności 0% (odpowiednio Mp i Mk [g]), średnia (m), odchylenie standardowe (sd), minimum (min) i maksimum (max) ubytku (U [g]) oraz skorygowanego ubytku (Ukor [%]) masy drewna twardzieli *Pinus sibirica* (Pi_sib T) oraz twardzieli i bielu *Pinus sylvestris* (Pi_syl T oraz Pi_syl B) po 16 tygodniach działania *Coniophora puteana*

Mean initial and final wood mass at 0% moisture content (Mp and Mk respectively, [g]), mean (m), standard deviation (sd), minimum (min) and maximum (max) values of mass loss (U [g]) and corrected mass loss (Ukor [%]) for *Pinus sibirica* hardwood (Pi_sib T) and *Pinus sylvestris* hard- and sapwood (Pi_syl T and Pi_syl B respectively) after 16 weeks of *Coniophora puteana* activity

	Mp	Mk	U _{min}	U _m (U _{sd})	U _{max}	Ukor _m (Ukor _{sd})
Pi_sib T	7,62	5,79	0,11	1,83	3,66	24,33 (1,56)
Pi_syl B	8,71	4,99	1,29	3,72	5,13	42,61 (0,63)
Pi_syl T	9,37	7,35	0,24	2,02	4,16	22,41 (1,37)

możliwość zastosowania sosny syberyjskiej jako materiału podłogowego. Należy także domniemać, że z uwagi na podobieństwo do iglastego drewna krajowego o niewielkiej gęstości drewno sosny syberyjskiej, podobnie jak nasz lokalny surowiec, sprawdzi się jako drewno konstrukcyjne.

Literatura

- Azajtán A. A., Bielów M. I., Gwoździecki N. A., Kamanin L. G., Murzajew E. M., Jugaj R. L. 1979. Historia poznania radzieckiej Azji. PWN, Warszawa.
- Białobok S. 1955. Drzewoznawstwo. PWRiL, Warszawa.
- Breyer D. E., Fridley K. J., Cobeen K. 1999. Design of wood structures ASD. Department of Civil Engineering, California State Polytechnic University, Poma, CA, USA.
- Kokociński W. 2002. Anatomia drewna. Prodrak, Poznań.
- Krzysik F. 1978. Nauka o drewnie. PWN, Warszawa.
- Pierielygin L. M., Piecow A. Ch. 1934. Miechaniczeskije swojstwa i ispytanija drierwiesiny. Moskwa.
- PN-D-04100:1977. Drewno. Oznaczenie wilgotności.
- PN-D-04101:1977. Drewno. Oznaczenie gęstości.
- PN-D-04102:1977. Drewno. Oznaczenie wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien.
- PN-D-04103:1968. Fizyczne i mechaniczne właściwości drewna. Oznaczenie wytrzymałości na zginanie statyczne.
- PN-D-04104:1968. Drewno. Oznaczenie udarności i wytrzymałości na zginanie dynamiczne.
- PN-D-04105:1979. Drewno. Oznaczenie wytrzymałości na ścinanie wzdłuż włókien.
- PN-D-04107:1981. Drewno. Oznaczenie wytrzymałości na rozciąganie wzdłuż włókien.
- PN-D-04108:1981. Drewno. Oznaczenie wytrzymałości na rozciąganie w poprzek włókien.
- PN-D-04109:1954. Fizyczne i mechaniczne właściwości drewna. Badanie twardości metodą Janki.
- PN-D-04109:1954. Fizyczne i mechaniczne właściwości drewna. Badanie łupliwości.
- PN-D-04109:1990. Drewno. Oznaczenie twardości statycznej.
- PN-D-04111:1982. Drewno. Oznaczenia skurczu i spęcznienia.
- PN-D-04117:196.3. Fizyczne i mechaniczne właściwości drewna. Oznaczenie współczynnika sprężystości przy zginaniu statycznym.
- PN-EN 113:2000. Środki ochrony drewna. Metoda badania do oznaczania skuteczności zabezpieczenia przeciwko podstawczakom rozkładającym drewno. Oznaczenie wartości grzybobójczych.
- PN-EN 350-1:2000. Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych. Naturalna trwałość drewna litego. Wytyczne dotyczące zasad badania i klasyfikacji naturalnej trwałości drewna.
- PN-EN 350-2:2000. Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych. Naturalna trwałość drewna litego. Wytyczne dotyczące naturalnej trwałości i podatności na nasycanie wybranych gatunków drewna mającego znaczenie w Europie.
- Podbielkowski Z. 1977. Państwa roślinne kuli ziemskiej. WSiP, Warszawa.
- Shikov A. N., Makarov V. G., Ryzhenkov V. E. 2004. Plant fixed oils and oil extracts: Technology, standardization, properties. Publishing house Russian Doctor, Moscow.
- Tomanek J. 1995. Botanika leśna. PWRiL, Warszawa.
- Wagenfür R. 2007. Holzatlas. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag.
- Wanin S. 1953. Nauka o drewnie. PWRiL, Warszawa.