

MAREK SZYMAŃSKI, WITOLD PAZDROWSKI, TADEUSZ SZYKOWNY, MARCIN NAWROT

Wzmocnienie desorpcyjne jako podstawa oceny jakości drewna dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) i dębu burgundzkiego (*Quercus cerris* L.)

Desorption strengthening as a basis for the assessment of wood quality of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and Turkey oak (*Quercus cerris* L.)

ABSTRACT

Szymański M., Pazdrowski W., Szykowny T., Nawrot M. 2013. Wzmocnienie desorpcyjne jako podstawa oceny jakości drewna dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) i dębu burgundzkiego (*Quercus cerris* L.). Sylwan 157 (11): 811-816.

The analysis was conducted on the wood of two 100-year-old oak species that grew in the riparian forest conditions. The aim of the study was to determine the effect of tree species on conventional wood density, compressive strength along the grain with a moisture content of 12% and above 30% and desorption strengthening. It was found that wood of both oak species differed in density, compressive strength along the grain and desorption strengthening. These differences should be taken into account in the processing and use of timber harvested in the prescribed cuts.

KEY WORDS

conventional wood density, compressive strength along the grain, basic strength, desorption strengthening, wood quality

ADDRESSES

Marek Szymański ⁽¹⁾ – e-mail: marek.szymanski@wodr.poznan.pl

Tadeusz Szykowny ⁽²⁾ – e-mail: tadeusz.szykowny@utp.edu.pl

Witold Pazdrowski ⁽¹⁾, Marcin Nawrot ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Katedra Użytkowania Lasu; Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Wojska Polskiego 71A; 60-625 Poznań

⁽²⁾ Katedra Inżynierii Materiałowej; Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy; al. Kaliskiego 7; 85-796 Bydgoszcz

Wstęp

Introdukcja obcych gatunków drzew leśnych uwarunkowana jest najczęściej szeregiem czynników, tj. przede wszystkim czynnikami przyrodniczymi, a także ekonomicznymi, charakterystycznymi dla warunków danego obszaru gospodarczego. Na zakres introdukcji określonego gatunku drzewa w gospodarstwie leśnym wpływa przydatność i możliwość wykorzystania surowca drzewnego [Bellon i in. 1977]. Ocenic można dzięki dogłębnemu poznaniu właściwości tworzonej tkanki drzewnej gatunków drzew introdukowanych oraz określeniu sposobów jej przerobu [Edwards 1963; Białobok, Chylarecki 1965].

W latach dziewięćdziesiątych dziewiętnastego wieku na obecnych terenach zachodniej i północnej Polski prowadzone były intensywne prace testujące obce gatunki drzew wprowadzane na powierzchnie doświadczalne w lasach. Szeroko zakrojone badania z tego zakresu prowadził

Schwappach oraz w późniejszym okresie Wiedemann [Bellon i in. 1977]. Do chwili obecnej w wielu nadleśnictwach w tej części naszego kraju spotyka się drzewostany ze znaczną domieszką introdukowanych gatunków drzew, a niekiedy również utworzone z nich lite drzewostany. Jeśli drzewostany te z różnych względów nie są chronione, podlegają cięciom takim, jakie realizowane są w lasach gospodarczych stosownie do ich fazy rozwojowej. Pozyskane drewno musi podlegać optymalnemu zagospodarowaniu. To zaś wymaga oceny jakości tego surowca.

Celem niniejszych badań jest ocena jakości drewna dębu szypułkowego i burgundzkiego wyrosłych w warunkach lasu łęgowego. Ocenę oparto na określeniu i porównaniu gęstości umownej, wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien przy dwóch poziomach wilgotności, tj. 12% i powyżej 30%, oraz wzmocnieniu desorpcyjnym.

Materiał i metody

Drzewa do badań wycięto w drzewostanie dębowym, który wyrósł na siedlisku lasu łęgowego w Nadleśnictwie Wołów należącym administracyjnie do RDLP we Wrocławiu. Powierzchnię próbną o areale 1 ha usytuowano tak, by była reprezentatywna dla całego wydzielenia. Drzewostan tworzył 100-letni dąb szypułkowy z domieszką dębu burgundzkiego. Czynniki zadrzewienia wynosił 0,7, natomiast bonitacja dla dębu II,5.

Na powierzchni badawczej pomierzono pierśnice wszystkich rosnących drzew obu gatunków dębu oraz ich wysokość proporcjonalnie do frekwencji w dwucentymetrowych stopniach grubości. W oparciu o uzyskany podział grubościowo-wysokościowy wyliczono wymiary średnich drzew próbnych. Następnie wybrano po jednym przeciętnym drzewie próbnym o zdrowych i prawidłowo ukształtowanych koronach. Po ich ścięciu zmierzono długość drzew, a także grubość na odległości 1 m od płaszczyzny ścięcia drzew oraz w połowie ich długości. Dąb szypułkowy posiadał wysokość 23 m, dąb burgundzki 27 m, zaś średnica znamionowa wynosiła odpowiednio 32 cm i 36 cm. W połowie długości pnia grubość wynosiła 20 cm (dąb szypułkowy) i 24 cm (dąb burgundzki).

Następnie pobrano z nich materiał do określenia wybranych właściwości drewna, tj. gęstości umownej (Q_u), wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien (R_c) oraz wzmocnienia desorpcyjnego. Materiał do badań stanowiły wyrzynki pni drzew pobrane od poziomu 1,30 m do 2,80 m. Posłużyły one do przygotowania próbek do badań wybranych właściwości oraz wzmocnienia desorpcyjnego drewna obu dębów.

Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien określano przy wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien zwaną w literaturze przedmiotu wytrzymałością drewna mokrego lub wytrzymałością podstawową (R_m) [Grzeciński 1975, 1985] oraz przy wilgotności 12%. Próbki do badań przy wilgotności 12% przechowywano w komorach klimatyzacyjnych celem uzyskania zakładanego poziomu wilgotności. Badania wykonano zgodnie ze wskazaniami norm PN-77/D-04100, PN-77/D-04101 i PN-79/D-04102 na próbkach o przekroju 20×20×30 mm. Wytrzymałość drewna obu gatunków dębów przy obu poziomach wilgotności określano na maszynie wytrzymałościowej Tira Test 2300 zaopatrzonej w oprogramowanie komputerowe firmy Atest Service. Wszystkie oznaczenia wykonano z dokładnością do 0,01 MPa.

Przyjmując wytrzymałość drewna w stanie świeżo pozyskanym za podstawową, która według specjalistów z zakresu fizyki i mechaniki drewna obrazuje aktualną jakość drewna jako materiału konstrukcyjnego [Grzeciński 1975, 1985], charakteryzującą się w każdym przypadku wilgotnością wyższą aniżeli wilgotność nasycenia, można zauważyć, że obniżeniu się wilgotności drewna poniżej W_n towarzyszy zjawisko wzmocnienia drewna. Określa się je jako wzmocnienie desorpcyjne [Grzeciński 1967, 1975, 1985]. Wzmocnienie to ma charakter odwracalny, co należy rozu-

mieć, że jego wartość jest przyporządkowana określonej wilgotności drewna niezależnie od tego, czy aktualnie jego wilgotność maleje, czy wzrasta [Simpson 1971, 1973, 1980; Gzeczynski 1975, 1985].

Ponieważ poszczególne gatunki drzew są zróżnicowane pod względem budowy tkanki drzewnej, a także w obrębie jednego gatunku różnią się gęstością oraz wytrzymałością podstawową drewna (R_m), należałoby przeanalizować wartość wzmocnienia desorpcyjnego zdefiniowanego jako różnica wytrzymałości przy poziomie wilgotności 12% (R_w) i wytrzymałości powyżej 30% (R_m), tj. $R_w - R_m$, bądź jako iloraz R_w/R_m z uwzględnieniem gęstości umownej oraz wytrzymałości podstawowej. Różnica $R_w - R_m$ wyrażona w jednostkach bezwzględnych odnosi się tylko do określonego gatunku i określonej wilgotności drewna [Grzeczynski 1975, 1985]. Zdaniem tego autora dogodniej będzie wyrazić ją w jednostkach względnych lub niemianowanych, przyjmując za poziom odniesienia wytrzymałość podstawową (R_m).

Wzmocnienie desorpcyjne w tym przypadku zdefiniowane będzie następującym wzorem:

$$(R_w - R_m) / R_m$$

gdzie:

R_w – wytrzymałość przy wilgotności 12% [MPa],

R_m – wytrzymałość powyżej punktu nasycenia włókien [MPa].

Jeżeli odniesie się wielkość wyrażoną powyższym wzorem do gęstości drewna, to uzyska się wartość wzmocnienia desorpcyjnego zdefiniowanego poniższym wzorem:

$$(R_w - R_m) / R_m \cdot Q_u$$

gdzie:

R_w – wytrzymałość przy wilgotności 12% [MPa],

R_m – wytrzymałość powyżej punktu nasycenia włókien [MPa],

Q_u – gęstość umowna drewna [kg/m^3].

Można ją rozpatrywać dla drewna o dowolnej gęstości w funkcji wytrzymałości podstawowej [Grzeczynski 1975].

Uzyskany materiał empiryczny analizowano w pakiecie statystycznym Statistica 6.0 PL.

Wyniki

W pracy przeanalizowano wpływ gatunku drzewa na gęstość umowną, wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien przy dwóch poziomach wilgotności (12% i powyżej 30%) i wzmocnienie desorpcyjne drewna dębu szypułkowego i burgundzkiego wyrosłych w zbliżonych warunkach wzrostu i rozwoju. Rozpatrywane właściwości drewna cechowały się generalnie zbliżonym rozkładem do rozkładu normalnego.

Gęstość umowna drewna dębu burgundzkiego średnio wynosiła 666 kg/m^3 i była statystycznie istotnie wyższa ($\alpha=0,00$; $F_{1,71}=208,57$) w porównaniu z gęstością drewna dębu szypułkowego (657 kg/m^3). Wytrzymałość drewna w stanie maksymalnego spęcznienia, zwana wytrzymałością drewna mokrego lub wytrzymałością podstawową (R_m), w przypadku dębu burgundzkiego wynosiła $42,25 \text{ MPa}$ i była prawie półtora raza wyższa aniżeli drewna dębu szypułkowego wynosząca $29,4 \text{ MPa}$. Różnica ta była również statystycznie istotna ($\alpha=0,00$; $F_{1,71}=170,82$). Średnia wartość wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien przy poziomie wilgotności 12% drewna dębu burgundzkiego ($67,83 \text{ MPa}$) była zdecydowanie wyższa w porównaniu z dębem szypułkowym ($49,69 \text{ MPa}$). Różnica była istotna statystycznie przy poziomie $\alpha=0,05$ i $F_{1,71}=272,32$.

W celu pełnej analizy właściwości badanego drewna dębu burgundzkiego i szypułkowego wyrosłych w warunkach lasu łęgowego określono średnie wzmocnienie desorpcyjne dla wytrzy-

małości na ściskanie wzdłuż włókien. Z uwagi na fakt, że poszczególne gatunki drzew różnią się między innymi gęstością drewna, a także wytrzymałością podstawową (Rm), postanowiono przeanalizować w niniejszej pracy wartość wzmocnienia desorpcyjnego ΔR zdefiniowanego jako różnica wytrzymałości $Rw-Rm$, jako Rw/Rm , z uwzględnieniem wilgotności drewna, gęstości umownej oraz wytrzymałości podstawowej Rm . Drewno dębu burgundzkiego cechowało się statystycznie istotnie wyższym wzmocnieniem desorpcyjnym, zdefiniowanym jako różnica wytrzymałości drewna przy poziomie wilgotności 12% i powyżej 30%, aniżeli drewno dębu szypułkowego wyrosłych w zbliżonych warunkach wzrostu i rozwoju. Średnie wzmocnienie desorpcyjne wynosiło 25,6 MPa dla drewna dębu burgundzkiego i 20,3 MPa w przypadku dębu szypułkowego. Zmienność wzmocnienia u obu gatunków dębów była zbliżona. Wartości średnie wzmocnienia u obu gatunków dębów różniły się statystycznie istotnie ($\alpha=0,00$; $F_{1,71}=25,59$).

W przypadku zdefiniowania wzmocnienia desorpcyjnego ilorazem Rw/Rm wyższą wartość stwierdzono w drewnie dębu szypułkowego (1,70), niższą zaś u burgundzkiego (1,62). Większą zmienność badanej właściwości stwierdzono u dębu szypułkowego, a nieco mniejszą u burgundzkiego. Różnice były nie istotne statystycznie ($\alpha=0,07$; $F_{1,71}=3,24$).

Wpływ gatunku drzewa na jednostkowe wzmocnienie desorpcyjne drewna obu dębów zdefiniowane jako $(Rw-Rm)/Rm$ przy ścisaniu wzdłuż włókien był następujący: wyższą wartość stwierdzono w drewnie dębu szypułkowego (0,70) aniżeli u burgundzkiego (0,62). Zmienność tej właściwości była dość duża w obu przypadkach, zaś różnice nieistotne statystycznie ($\alpha=0,08$; $F_{1,71}=3,24$).

Po odniesieniu wielkości wyrażonej wzorem $(Rw-Rm)/Rm$ do gęstości umownej drewna najwyższe wartości uzyskano przy drewnie dębu szypułkowego (1,23), zdecydowanie niższe zaś u burgundzkiego (0,94). W obu przypadkach stwierdzono niższą zmienność tej właściwości. Średnie wartości tak zdefiniowanego wzmocnienia drewna badanych dębów różniły się istotnie ($\alpha=0,00$; $F_{1,71}=20,02$).

W pracy podjęto próbę określenia wpływu gęstości umownej oraz wytrzymałości podstawowej drewna na różnie zdefiniowane wzmocnienie desorpcyjne. W przypadku gęstości traktowanej jako zmienna niezależna statystycznie istotny wpływ stwierdzono jedynie przy wzmocnieniu zdefiniowanym wzorem $Rw-Rm$ w drewnie dębu szypułkowego (tab.). Wytrzymałość podstawowa (Rm) wpływa istotnie na wszystkie formuły przyjęte w pracy wyrażające wzmocnienie desorpcyjne, z wyjątkiem wzmocnienia określonego wzorem $Rw-Rm$ dla drewna dębu szypułkowego (tab.). Wzrost wytrzymałości podstawowej skutkuje obniżaniem się wzmocnienia desorpcyjnego.

Tabela.

Wartości współczynnika korelacji Pearsona dla związku gęstości umownej i wytrzymałości podstawowej drewna z różnie zdefiniowanym wzmocnieniem desorpcyjnym

Pearson's correlation coefficients for relationship between conventional density or basic strength and differently defined desorption strengthening

Gatunek	Rw	Rm	$Rw-Rm$	Rw/Rm	$(Rw-Rm)/Rm$	$(Rw-Rm)/Rm \times Q$
Gęstość umowna						
Dąb szypułkowy	0,37*	0,13	0,37*	0,25	0,25	-0,09
Dąb burgundzki	0,39*	0,26	0,13	-0,07	-0,07	-0,16
Wytrzymałość podstawowa						
Dąb szypułkowy	0,66*	x	-0,01	-0,55*	-0,55*	-0,62*
Dąb burgundzki	0,45*	x	0,53*	-0,83*	-0,83*	-0,85*

*istotne na poziomie $\alpha=0,05$; significant at $\alpha=0,05$

Dyskusja

Przyjmując za podstawową wytrzymałość w stanie świeżo pozyskanym z fizjologicznie zdrowych drzew, gdzie w każdym przypadku wilgotność drewna jest wyższa od wilgotności nasycenia włókien, można stwierdzić, że obniżaniu się wilgotności poniżej tego punktu towarzyszyć będzie wzmocnienie drewna [Okoh, Skaar 1980]. Określane jest ono jako tzw. wzmocnienie desorpcyjne, które ma w zasadzie charakter odwracalny, to znaczy jego wartość jest przyporządkowana określonej wilgotności drewna, niezależnie od tego, czy aktualnie wilgotność drewna maleje, czy wzrasta [Simpson 1971, 1973, 1980; Grzeczyński 1975, 1985]. Wiąże się to ściśle z budową submikroskopową drewna i występowaniem dwóch grup wiązań [Grzeczyński 1975; Nelson 1977, 1983]. Pierwsza z nich to wiązania pierwotne niezależne od zmian wilgotności drewna, które występują w tkance drzewnej drzew rosnących oraz drewnie drzew ściętych, niepoddanym żadnym zabiegom zmieniającym jego właściwości, o dowolnej wilgotności powyżej i poniżej punktu nasycenia włókien. Druga zaś to wiązania zależne od zmian wilgotności, a przede wszystkim od związanego z nią kurczenia się drewna, które mają charakter wiązań wtórnych [Grzeczyński 1975; Kołosowskaja i in. 1989]. Jak podają wyżej cytowani autorzy, pojawiają się one dopiero w drewnie ściętych drzew, kiedy jego wilgotność obniży się poniżej wilgotności nasycenia włókien. Ta ostatnia grupa wiązań decyduje o wartości wzmocnienia desorpcyjnego. Wartość tych wiązań uwarunkowana jest stopniem zbliżenia się do siebie elementów submikroskopowej budowy drewna podczas kurczenia się tkanki drzewnej.

Wzmocnienie desorpcyjne, zdefiniowane jako różnica $R_w - R_m$ i wyrażone w jednostkach bezwzględnych, u dębu szypułkowego było statystycznie istotnie niższe aniżeli u dębu burgundzkiego (tab.). Zupełnie odwrotny układ wystąpił, kiedy to wzmocnienie desorpcyjne drewna obu dębów zdefiniowano jako iloraz R_w/R_m z uwzględnieniem gęstości umownej oraz wytrzymałości podstawowej drewna (R_m). Wynikło to przede wszystkim z faktu zdecydowanie wyższej gęstości umownej i wytrzymałości podstawowej na ściskanie wzdłuż włókien drewna dębu burgundzkiego w porównaniu z drewnem dębu szypułkowego. W obu przypadkach różnice były statystycznie istotne przy poziomie $\alpha=0,05$ (tab.).

Wnioski

- ✦ Drewno dębu burgundzkiego wyrosłego w warunkach lasu łęgowego cechowało się statystycznie istotnie wyższą gęstością umowną i wyższymi parametrami wytrzymałościowymi, wyrażonymi wytrzymałością na ściskanie wzdłuż włókien przy poziomie wilgotności 12% i powyżej 30%, aniżeli drewno dębu szypułkowego wyrosłego w zbliżonych warunkach siedliskowych.
- ✦ W zależności od zdefiniowania wzmocnienia desorpcyjnego ΔR , w przypadku drewna obu gatunków dębów jego wartość będzie raz wyższa, drugi zaś niższa. W przypadku różnicy wytrzymałości $R_w - R_m$ wartość wzmocnienia desorpcyjnego drewna dębu burgundzkiego była statystycznie istotnie wyższa aniżeli drewna dębu szypułkowego. Wyrażając wzmocnienie desorpcyjne ilorazem R_w/R_m oraz uwzględniając gęstość umowną i wytrzymałość podstawową R_m , wartość wzmocnienia drewna dębu szypułkowego wykazywała wartości wyższe aniżeli drewno dębu burgundzkiego. W tym przypadku decydujące znaczenie w odwróceniu układu wartości miała gęstość umowna i wytrzymałość podstawowa.
- ✦ Wartość wzmocnienia desorpcyjnego ΔR , zdefiniowanego jako różnica $R_w - R_m$ bądź iloraz R_w/R_m , z uwzględnieniem gęstości umownej i wytrzymałości podstawowej, uwarunkowana

jest odwrotnie proporcjonalnie od wartości R_m drewna obu gatunków dębów. Im wyższa wartość wytrzymałości podstawowej, tym niższa wartość wzmocnienia desorpcyjnego.

✚ Wzmocnienie desorpcyjne zdefiniowane jako różnica $R_w - R_m$ jest stosunkowo prostym do określenia wskaźnikiem pozwalającym dokonać oceny jakości drewna obu gatunków dębów.

Literatura

- Bellon S., Tumiłowicz J., Król S. 1977. Obce gatunki drzew w gospodarstwie leśnym. PWRiL, Warszawa.
- Białobok S., Chylarecki H. 1965. Badania nad uprawą drzew obcego pochodzenia w Polsce w warunkach środowiska leśnego. Arboretum Kórnickie 10.
- Edwards M. 1963. The Use of Exotic Trees in Increasing Production with Particular Reference to North-Western Europe. FAO, Stockholm.
- Grzezyński T. 1967. Z zagadnień związanych z określeniem wytrzymałości drewna. Prace ITD 4: 25-30.
- Grzezyński T. 1975. Badania nad zależnością wytrzymałości drewna od jego wilgotności. Prace ITD 3/4: 15-55.
- Grzezyński T. 1985. Zależność wytrzymałości drewna od wartości kurczenia się jego przekroju obciążonego. Przemysł drzewny 12: 24-26.
- Kołosowskaja E. A., Łoskutow S. R., Czudinow B. S. 1989. Fizyceskije osnovy wzaimodiejstwija drowiesiny s wodoj. Nauka 216.
- Nelson R. A. 1977. The determination of moisture transitions in cellulosic materiale using differential scanning calorimetry. J. Appl. Polymer Sci. 21: 645-654.
- Nelson R. A. 1983. A model for water vapor by cellulosic materials. Wood and Fiber Sci. 15 (1): 8-22.
- Okoh K. I. A., Skaar Ch. 1980. Moisture sorption of the wood and inner bark of ten southern U. S. hardwoods. Wood and Fiber 12 (2): 98-111.
- Simpson W. T. 1971. Moisture changes induced in red oak by transverse stress. Wood and Fiber 3 (1): 13-21.
- Simpson W. T. 1973. Predicting equilibrium moisture content of wood by mathematical models. Wood and Fiber 5 (1): 41-49.
- Simpson W. T. 1980. Sorption theories applied to wood. Wood and Fiber 12 (3): 183-195.

SUMMARY

Desorption strengthening as a basis for the assessment of wood quality of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and Turkey oak (*Quercus cerris* L.)

A comparative analysis of wood properties of two oak species: pedunculate oak and Turkey oak growing under the riparian forest conditions was conducted. Wood assessment was based on the analysis of conventional density, compressive strength along the grain with a moisture content of 12% and above 30% and desorption strengthening. Tests were carried out in accordance with applicable procedures.

The wood of Turkey oak showed significantly higher conventional density and higher strength properties compared to the wood of pedunculate oak. Depending on the definition of desorption strengthening of wood in both oak species, its value would alternatively be higher and lower. In the case of a difference in the strength of wood with a moisture content of 12% and above 30%, the value of desorption strengthening of Turkey oak wood was statistically significantly higher compared to the wood of pedunculate oak. Expressing the strengthening of wood as the R_w/R_m ratio and taking into consideration the conventional density and basic strength R_m , the value of desorption strengthening was reverse. In this case, the higher basic density and strength of Turkey oak wood had a decisive effect.

Desorption strengthening, defined as a difference in the strength $R_w - R_m$, is a relatively simple-to-define indicator to assess the quality of wood of both oak species.