

## WARUNKI NASYCANIA DREWNA ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM DREWNA BUKOWEGO I ROZTWORÓW BARWIĄCYCH

*Józef Tyszka*

Instytut Ekonomiki Usług i Drobnej Wytwórczości

**Synopsis.** Praca jest oparta na badaniach autora prowadzonych w ramach dwóch prac wykazanych w spisie literatury (20, 21) i powiązana z odpowiednią literaturą krajową i zagraniczną dotyczącą tego tematu.

### I. PRZEPIY W ROZTWORÓW PRZEZ KAPILARY DREWNA

Wiadomo, że drewno jest materiałem bardzo porowatym, a mimo to nie można go uważać za materiał, przez który łatwo przenikają gazy i roztwory. Porowatość drewna jest ściśle związana z jego ciężarem właściwym. Im większy jest ciężar, tym mniejszą objętość zajmują pory. Na przykład dla drewna o ciężarze właściwym  $0,3 \text{ g/cm}^3$  objętość wolnych przestrzeni wynosi aż 79,5%, a dla drewna o ciężarze właściwym  $0,6 \text{ g/cm}^3$  — 59%.

Ilość wolnych przestrzeni w drewnie nie decyduje jednak o przepuszczalności drewna dla roztworów. Potwierdziły to również badania przeprowadzone przez autora niniejszej pracy. Decydują tu średnica i sposób połączenia porów między sobą, tj. sposób poprzedzielania i wypełnienia systemu kapilarnego.

Jeśli założyć, że kapilara ma jednakowy przekrój na całej długości, a jej ścianka nie jest higroskopijna, to przepływająca w kapilarze ciecz będzie podlegać prawu Hagen-Poiseuille'a. Zgodnie z tym prawem, przy stałym ciśnieniu ilość cieczy przepływającej przez kapilarę w jednostce czasu wyniesie

$$Q = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot P}{8 \cdot \eta \cdot l} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (1)$$

gdzie

$Q$  — ilość przepływającej cieczy ( $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ),

$r$  — promień kapilary (cm),

$l$  — długość kapilary (cm),

$P$  — ciśnienie wywierane na ciecz ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ ),

$\eta$  — lepkość dynamiczna cieczy ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

Z analizy tego wzoru wynika, że ilość przepływającej cieczy przez kapilary o różnym przekroju zmienia się jak czwarta potęga promienia. Oznacza to, że jeśli umieścimy obok siebie dwie kapilary o jednakowej długości, przy czym promień pierwszej będzie na przykład 3 razy większy niż drugiej, to przez pierwszą kapilarę w tym samym czasie i pod tym samym ciśnieniem przepłynie 81 razy więcej tej samej cieczy niż przez kapilarę drugą. Spadek ciśnienia na długości dla obu kapilar będzie jednakowy.

Przy szeregowym połączeniu kapilar o różnych średnicach ilość przepływającej cieczy przez obie kapilary będzie jednakowa, natomiast spadek ciśnienia przy przepływie przez kapilarę o mniejszym przekroju będzie większy w odwrotnej proporcji do czwartej potęgi promienia.

Przyjmując wielkość średnicy elementów przewodzących drewna bukowego na 5-95 mikrometrów, otrzymamy dla największych elementów ilość przepływającej cieczy 130 tys. razy większą niż dla najmniejszych. Wyjaśnia to w dostatecznym stopniu zjawisko istniejące przy przepływie roztworu barwiącego przez próbki w pełni nasycone wodą, w wyniku którego już pierwsze krople cieczy wypływającej z próbki zostaną zabarwione na kolor roztworu, gdy tymczasem można by przypuszczać, że ciecz zabarwiona popłynie dopiero po wyparciu wody zawartej w drewnie.

Z tego wynika, że przy równoległym układzie kapilar o ilości przepływającego roztworu decydują kapilary o największym przekroju. Bardzo istotny jest więc tu wzajemny stosunek przekroju naczyń do przekroju pozostałych elementów anatomicznych, na przykład cewek i włókien. Przy szeregowym układzie kapilar o ilości przepływającego roztworu decydują odcinki kapilar o mniejszym przekroju, które w zasadniczy sposób wpływają na opór przepływu. A zatem istotne znaczenie w systemie kapilarnym drewna przy przepływie cieczy odgrywają wszelkie przewężenia naczyń oraz ich miejscowe najdrobniejsze zatkania.

Ciecz w kapilarze tylko do określonej prędkości porusza się ruchem laminarnym i tylko do takiego ruchu odnosi się prawo Hagena-Poiseuille'a. Tak więc przy badanym przepływie cieczy nie powinna występować turbulencja (burzliwość). Oznacza to, że do określonej prędkości, którą można scharakteryzować za pomocą liczby Reynoldsa, prawo Hagena-Poiseuille'a nie może być stosowane.

W razie przepływu cieczy przez system kapilarny drewna, w którym istnieje obok siebie  $n$  kapilar, wzór na ilość przepływającej przez drewno cieczy przybierze następującą postać

$$Q = \frac{n \cdot f \cdot r^2 \cdot P}{8 \cdot n \cdot l} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (2)$$

gdzie

$n$  — liczba kapilar biorących udział w przepływie

$f = \Pi \cdot r^2$  — powierzchnia przekroju kapilary o średnim promieniu  $r$  (cm<sup>2</sup>).

Przepływ roztworu barwiącego przez system kapilarny drewna w rzeczywistości musi odbiegać znacznie od przyjętych założeń, gdyż komplikują go następujące zjawiska:

1) ścianki kapilar nie są gładkie, a kapilary mają połączenia z sąsiednimi, wskutek czego może wystąpić również ruch cieczy w kierunku prostopadłym do ruchu zasadniczego;

2) woda łączy się z drewnem fizycznie, powodując pęcznienie błon komórkowych i wynikającą z tego zmianę przekroju elementów przewodzących;

3) zawarty w roztworze barwnik łączy się z drewnem fizycznie i chemicznie, jest adsorbowany i absorbowany przez tkanki drzewne, następstwem czego jest powstawanie w elementach przewodzących osadów i zmniejszenie ich przekroju;

4) decydujący wpływ na przepuszczalność drewna dla roztworów wywiera budowa anatomiczna drewna i własności związane z gatunkiem, siedliskiem, klimatem, wiekiem itp., nie tylko wymiar elementów przewodzących z ich naturalnymi przegrodami i osadami, lecz także wady drewna, jak sęki, skręt włókien, zawoje itp.;

5) przepływ roztworu w kapilarach drewna zależy także od stopnia wilgotności błon komórkowych i od stopnia wypełnienia wodą systemu kapilarnego drewna, a głównie od obecności w kapilarach powietrza, które powoduje szczególnie duże opory w przepływie roztworu;

6) przy przepływie roztworu barwnika przez kapilary drewna zachodzi także dyfuzja albo wznoszenie cieczy w kapilarach, albo oba te zjawiska łącznie.

Dyfuzja przy wnikaniu roztworów do drewna może zachodzić poprzez błony komórkowe albo poprzez kapilary, gdy są one wypełnione wodą.

Przebieg dyfuzji zależy od stopnia napełniania wodą systemu kapilarnego drewna i nasycenia błon komórkowych. Szybkość dyfuzji w kapilarach w porównaniu z dyfuzją poprzez błony komórkowe jest bardzo duża. Największa szybkość dyfuzji występuje przy maksymalnej wilgotności drewna i zmniejsza się wraz ze spadkiem wilgotności tak, że w drewnie całkowicie suchym dyfuzja teoretycznie ustaje całkowicie, a wnikanie roztworów i cieczy do drewna w metodach bezciśnieniowych należy przypisać wyłącznie siłom kapilarnym. Ze wzrostem wilgotności drewna współistnieje wnikanie kapilarne i dyfuzja.

Wnikanie kapilarne teoretycznie ustaje dopiero przy pełnym napełnianiu wodą systemu kapilarnego drewna. Teoretyczna wartość wzniesienia kapilarnego  $h$  wynosi

$$h = \frac{2\gamma \cdot \cos \vartheta}{r \cdot g \cdot q} \quad [3]$$

gdzie

$\vartheta$  — kąt zwilżania

$r$  — promień kapilary (cm),

$g$  — przyspieszenie ziemskie ( $\text{cm} \cdot \text{s}^{-2}$ ),

$q$  — gęstość cieczy ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ),

$\gamma$  — napięcie powierzchniowe cieczy ( $\text{dyn} \cdot \text{cm}^{-1}$ ).

Wpływ promienia kapilary oraz gęstości i napięcia powierzchniowego cieczy na wysokość wzniesienia w kapilarze nie wymaga wyjaśnień. Należy jednak zastanowić się nad tym, jaki wpływ wywiera kąt zwilżania na wysokość wzniesienia kapilarnego  $h$ .

Gdy kąt zwilżania  $\vartheta = 0^\circ$ ,  $\cos \vartheta = 1$ , zwilżanie jest całkowite, wartość  $h$  będzie maksymalna, ciecz wykazuje taką samą wartość adhezji do ściany kapilary jak kohezji. Wartość adhezji jest dwa razy większa od napięcia powierzchniowego cieczy.

Gdy kąt zwilżania  $\vartheta = 90^\circ$ ,  $\cos \vartheta = 0$ , wartość  $h = 0$ , ciecz wejdzie do kapilary do poziomu równego z poziomem cieczy otaczającej kapilarę.

Gdy kąt zwilżenia  $\vartheta > 90^\circ$ ,  $\cos \vartheta$  ma wartość ujemną, a więc  $i$  i  $h$  będzie miało wartość ujemną, czyli ciecz nie zwilża ścianek kapilary.

Na wartość kąta zwilżania mają wpływ właściwości cieczy, stan czystości i chropowatości zwilżanej powierzchni, wilgotność błon komórkowych kapilar oraz rodzaj rozpuszczonej substancji w cieczy zwiększającej lub obniżającej jej napięcie powierzchniowe. Zależność pomiędzy napięciem powierzchniowym cieczy a kątem zwilżenia wynika ze wzoru na wartość  $h$

$$\gamma = \frac{r \cdot h \cdot g \cdot q}{2 \cos \vartheta} \quad (4)$$

Ze wzrostem kąta zwilżania zmniejsza się mianownik równania, a więc wzrasta wartość  $\gamma$ . I odwrotnie, gdy zmniejsza się kąt zwilżania aż do zera, mianownik przyjmuje największą swoją wartość, a więc wartość napięcia powierzchniowego zmniejsza się (przy pozostałych stałych parametrach).

Poza czynnikami podanymi we wzorze napięcie powierzchniowe zależy także od temperatury cieczy. Ze wzrostem temperatury wskutek zwiększenia energii kinetycznej cząsteczek słabną siły międzycząsteczkowe, a więc wartość napięcia maleje.

Wartość napięcia powierzchniowego cieczy można regulować, gdyż zależy ona od charakteru i stężenia ciała rozpuszczonego w cieczy. Wpływ ciał rozpuszczonych na napięcie powierzchniowe roztworu może być następujący:

- 1) ciało rozpuszczone nie zmienia napięcia powierzchniowego;
- 2) ciało rozpuszczone zwiększa napięcie powierzchniowe (ciała kapilarnie nieczynne — adsorpcja ujemna — stężenie na powierzchni mniejsze niż w środku cieczy);
- 3) ciało rozpuszczone zmniejsza napięcie powierzchniowe (ciała kapilarnie czynne — adsorpcja dodatnia — stężenie na powierzchni większe niż w środku cieczy).

Zjawisko zwilżania i zmniejszania napięcia powierzchniowego ma szerokie zastosowanie w technice i zostało wykorzystane w niniejszej pracy w celu łatwiejszego wprowadzenia roztworów w głąb drewna przez dodatek różnych środków.

Z obserwacji wznoszenia się roztworu barwnika w kapilarach drewna bukowego wynika, że faktyczne wartości wznoszenia kapilarnego są o wiele mniejsze od wartości obliczonych teoretycznie. Poza tym zauważono, że wznoszenie kapilarne roztworu barwnika rzeczywiście jest większe dla drewna wilgotnego niż dla takiego samego drewna suchego.

Dla próbek o wilgotności 5% wstawionych przekrojem poprzecznym do roztworu wznoszenie było minimalne i wynosiło około 1,5 cm ponad poziom cieczy. Przy wilgotności 18% maksymalne wznoszenie wynosiło około 15 cm, a przy wilgotności 80% barwnik wznosił się na wysokość ponad 25 cm. W tym ostatnim wypadku przechodzenie roztworu było powodowane głównie dyfuzją oraz siłą ssącą powstałą wskutek parowania wody z odkrytego przeciwnego końca próbki.

Poza tym zauważono, że szybkość wznoszenia kapilarnego jest większa dla powierzchni zewnętrznych łupanych niż dla powierzchni obrabianych piłowaniem lub struganiem. Zjawiska te wskazują na występowanie oporów przy wnikanii roztworów w głąb drewna. Opory te wzrastają wraz ze zmniejszaniem wilgotności drewna i związanym z tym wzrostem zawartości powietrza w systemie kapilarnym drewna i błon komórkowych. Gdy błony komórkowe są nasycone wodą, a powietrze znajduje się tylko w naczyniach, cewkach, włóknach, wewnątrz komórek miękkiszu i promieni rdzeniowych oraz w jamkach, wówczas przy wnikanii wodnego roztworu do drewna w każdym elemencie wytwarza się jeden menisk główny pomiędzy powietrzem i cieczą oraz tyle menisków bocznych, na ile jamek natrafia słup wznoszącej się cieczy. Powietrze przy tym zostaje uwięzione w jamkach i przeciwdziała wznoszeniu się cieczy. Wcześniej ucieczce powietrza z jamek przeciwdziała budowa jamek oraz prawdopodobnie kondensacja kapilarna pary ponad wznoszącą się cieczą.

Gdy powietrze wejdzie również do systemu kapilarnego błon komórkowych przy spadku wilgotności drewna poniżej punktu nasycenia włókien, to mimo zwiększenia przekroju kapilar (wskutek kurczenia się błon komórkowych) zwiększają się opory i dlatego zmniejszać się będzie wysokość wzniesienia w kapilarach oraz przepuszczalność drewna dla cieczy. Przy wchodzeniu bowiem cieczy do kapilar na ściankach tworzy się bardzo wiele menisków pomiędzy cieczą i powietrzem, w wyniku czego wzrasta kąt zwilżania i ciecz po prostu z trudem zwilża ścianki kapilar.

Przy przepływie powietrza skutek będzie odwrotny, a mianowicie przy spadku wilgotności poniżej punktu nasycenia włókien przepuszczalność drewna dla powietrza będzie wzrastać.

Przy nasyceniu ścian kapilar wodą kąt zwilżania zmniejsza się i ciecz w stosunku do mokrych ścian kapilar wykazywałaby prawie taką samą wartość adhezji jak kohezji, gdyby nie przeciwdziałały temu opory wynikające z obecności menisków powietrza znajdującego się w jamkach i w kapilarach ponad cieczą.

Ta suma czynników pozwala przyjmować bardzo krytycznie teoretyczne obliczenia, dotyczące wnikanii cieczy do drewna, gdyż prawie zawsze jest rozpatrywane pojedyncze zjawisko, często bez podania wszystkich szczegółów dotyczących metodyki i warunków prowadzenia badań. Dowodem tego jest chociażby wielka

rozpiętość wyników przepuszczalności drewna dla cieczy i gazów podawanych przez różnych autorów. Z tego też powodu wyniki obliczeń podane w literaturze mogą służyć jedynie jako materiał o wartości przybliżonej.

## II. WPŁYW GATUNKU DREWNA NA JEGO PRZEPUSZCZALNOŚĆ DLA CIECZY I GAZÓW

Jednym ze wskaźników oporu, jakie stawia drewno przenikającym cieczom, jest wielkość przepływu powietrza przez drewno [22]. Stone i Green w 1959 r. dowiedli istnienia zależności pomiędzy szybkością przepływu powietrza i czasem nasiąkania próbek drewna. Smith i Lee, badając przepuszczalność powietrza dla drewna wzdłuż włókien, sklasyfikowali w ten sposób około 100 różnych gatunków drewna drzew liściastych i iglastych [16]. Wyniki odnoszące się do ważniejszych gatunków drewna przytoczono w tabeli 1. Badania były przeprowadzone w zakresie przepływu laminarnego przez przekrój poprzeczny drewna różnych gatunków.

Tabela 1

Przepuszczalność ważniejszych gatunków drewna (16)

Lp.	Gatunek drewna	Nazwa botaniczna	Srednia przepuszczal- ność drewna $K_a$ $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ $\text{atn} \cdot \text{cm}^{-1}$	Zróznicowa- nie wyników $\frac{\text{max}}{\text{min}}$
1	Makore	<i>Mimusops heckelii</i>	0,001	
2	Wierzba <i>a</i>	<i>Salix fragilis</i>	0,007	
3	Wierzba (biel)	<i>Salix fragilis</i>	1800	
4	Topola <i>a</i>	<i>Populus canescens</i>	0,32	9
5	Topola (biel)	<i>Populus canescens</i>	1000	
6	Wiąz	<i>Ulmus glabra</i>	2,1	90
7	Wiąz	<i>Ulmus procera</i>	140	25
8	Wiąz	<i>Ulmus montana</i>	1400	12
9	Dąb	<i>Quercus sp.</i>	4,7	146
10	Teak	<i>Tectona grandis</i>	7,9	3000
11	Jesion	<i>Fraxinus excelsior</i>	11,0	6
12	Lipa	<i>Tilia vulgaris</i>	160	3
13	Jawor	<i>Acer pseudoplatanus</i>	300	3
14	Brzoza	<i>Betula sp.</i>	610	4
15	Buk	<i>Fagus sylvatica</i>	1300	1,4
16	Timber sweet	<i>Nectandra glabrescens</i>	4700	2
17	Modrzew	<i>Larix decidua</i> Mill.	1,6	16
18	Sosna pospolita <i>a</i>	<i>Pinus silvestris</i>	2,1	5
19	Sosna pospolita (biel)	<i>Pinus silvestris</i>	230	39
20	Sosna czarna	<i>Pinus nigra</i>	200	16
21	Świerk	<i>Picea sitkaensis</i>	5,5	1,3

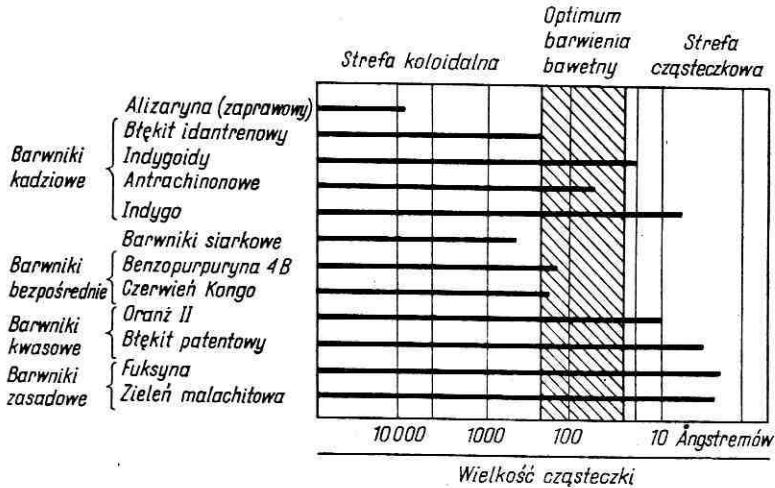
<sup>a</sup> Autorzy zacytowanej pracy nie podają czy wartości dotyczą bielu, czy twardej. Z porównania wyników sąsiednich pozycji można przypuszczać, że dotyczą one drewna twardej.

Według danych tabeli 1 przepuszczalność drewna różnych gatunków wykazuje olbrzymie zróżnicowanie (od 1 do około 5 mln dla różnych gatunków oraz od 1 do 3 tys. dla jednego gatunku). Dla gatunków drewna o przepuszczalności poniżej 50 istnieje mała zależność przepuszczalności od porowatości, gdyż w komórkach i innych elementach strukturalnych tych gatunków występują osady w postaci gumy lub żywicy oraz poprzeczne przegrody w naczyniach, a także wciski lub zatyczki, które blokują ich system kapilarny. Drewno o przepuszczalności powyżej 50 ma bardziej drożny system kapilarny i jego przepuszczalność może zależeć od porowatości. Drewno bukowe zaliczono do najbardziej przepuszczalnych.

### III. WPŁYW RODZAJU ROZTWORU I STRUKTURY DREWNA NA PROCES NASYCANIA I BARWIENIA

#### 1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZTWORÓW BARWNIKÓW

Pogląd na zachowanie się poszczególnych grup barwników w wodnych roztworach barwiących daje rysunek 1, opracowany przez I.G. Farbenindustrie. Z rysunku wynika, że w tej samej grupie barwników występują znaczne różnice w stopniu rozdrobnienia i że barwniki bezpośrednie rozpuszczają się w wodzie koloidowo, a barwniki zasadowe oraz barwniki o mocnym charakterze kwasowym rozpuszczają się w wodzie cząsteczkowo, dając roztwory rzeczywiste.



Rys. 1. Wielkość cząsteczek barwników w roztworze wodnym (wg I. G. Farbenindustrie)

#### 2. WPŁYW STRUKTURY DREWNA I BŁON KOMÓRKOWYCH NA WNIKANIE ROZTWORÓW

Czynnikami mogącym mieć duży wpływ na wnikanie roztworów w głąb drewna jest system kapilarny drewna i błon komórkowych. System taki tworzą światła elementów budowy anatomicznej drewna, takich jak: naczynia, cewki, włókna, komórki promieni rdzeniowych oraz miękiszu drzewnego, połączone ze sobą za pomocą perforacji i jamek.

System kapilarny błony komórkowej jest ściśle związany z budową celulozy. W budowie celulozy wyróżnia się cząsteczki, fibryle elementarne, mikrofibryle i makrofibryle. Przy łączeniu się cząsteczek w większe elementy łańcuchy celulozy przylegają ściśle do siebie i trudno jest mówić o jakichś wolnych przestrzeniach. Wolne przestrzenie pomiędzy fibrylami elementarnymi mają średnicę około 10 Å. Średnica wolnych przestrzeni pomiędzy mikrofibrylami wynosi 50-130 Å, a pomiędzy makrofibrylami nawet ponad 1000 Å. Wymienione wolne przestrzenie są ze sobą połączone.

System kapilarny drewna jest zatem bardzo zróżnicowany, gdyż z jednej strony występują tu błony komórkowe i błony pierwotne jamek ze swoimi kapilarami, oddzielające poszczególne elementy anatomicznej budowy drewna, a z drugiej strony — duże kapilary i naczynia, których średnica u brzozy dochodzi do 850 tys. Å, a u buka do 1 mln Å [16]. Do tego należy jeszcze dodać możliwość występowania pewnych elementów fizjologicznych, jak perforowane poprzeczne błony w naczyniach lub błony wcistek, przesycenie drewna gumą lub żywicą itp.

Na podstawie analizy charakterystyki roztworów barwiących oraz struktury kapilarnej drewna i błon komórkowych można postawić tezę, że istnieją warunki dotarcia do najmniejszych elementów kapilarnych drewna bielastego nie tylko gazów, wody i innych cieczy, ale także cząsteczek odpowiednich barwników zawartych w roztworze.

### 3. WZAJEMNE ODDZIAŁYWANIE ROZTWORU BARWIĄCEGO I CIAŁA BARWIONEGO

Nauka o barwieniu włókien nie potrafiła dotychczas stworzyć jednolitej teorii barwienia, pozwalającej na wytłumaczenie wszelkich zjawisk zachodzących podczas tego procesu. Istnieje kilka hipotez, z których każda wyjaśnia tylko pewną część zagadnienia.

Ogólnie rzecz biorąc, pierwszym etapem barwienia jest bez wątpienia osadzenie barwnika, rozumiane jako adsorpcja. Włókna drzewne, podobnie jak wszelkie inne włókna, wskutek porowatej struktury mają zdolność pochłaniania substancji z roztworu i zagęszczania jej na swojej powierzchni. Zjawisko to tłumaczy się działaniem międzycząsteczkowych sił van der Waalsa.

Przypuszcza się, że odgrywa tu wielką rolę różnica ładunków elektrycznych barwników i włókien drzewnych. Dzięki adsorpcji barwnik osiada w sposób mechaniczny na powierzchniach systemu kapilarnego drewna i błon komórkowych, łączy się ze składnikami błon komórkowych w sposób fizyczny, a z niektórymi składnikami może łączyć się także chemicznie, na przykład z ligniną.

Proces adsorpcji w drewnie przebiega powoli i wymaga pewnego czasu do ustalenia się równowagi, gdyż odbywa się on nie tylko na powierzchniach zewnętrznych, lecz i na powierzchniach wewnętrznych drewna, dokąd cząsteczki adsorbowane przedostają się w drodze dyfuzji.

Szybkość adsorpcji i absorpcji zwiększa się ze wzrostem szybkości dyfuzji ciała rozpuszczonego. Szybkość adsorpcji rośnie poza tym wraz ze wzrostem stężenia i temperatury oraz maleje ze wzrostem lepkości rozpuszczalnika.



Adsorpcja barwnika jest pierwszym etapem barwienia, po którym musi nastąpić drugi etap — utrwalenie barwnika. Etap ten zależy od właściwości barwionego materiału. W przypadku włókien zwierzęcych barwienie w przeważającej mierze jest oparte na zjawiskach chemicznych. W przypadku włókien roślinnych nie udało się dotychczas w sposób zadowalający wytłumaczyć sposobu utrwalania barwników bezpośrednich na włóknach celulozowych. Włókna celulozowe bowiem nie mają wysoce aktywnych grup chemicznych i dlatego utrwalenie barwnika w tym przypadku przypisuje się siłom drugorzędym.

Próba wytłumaczenia tych zjawisk przedstawia się następująco: barwniki mające zdolność barwienia celulozy występują w roztworach wodnych nie tylko w postaci oddzielnych cząsteczek, ale także w większych zespołach cząstek zasocjowanych. Zespoły i oddzielne cząsteczki znajdują się w roztworze w stanie równowagi. Najpierw zostają z roztworu zaadsorbowane małe cząsteczki, które w drodze dyfuzji przenikają stopniowo w głąb barwionego materiału, gdzie rozpoczynają się procesy adsorpcji i chemisorpcji, w wyniku czego prawdopodobnie powstają wiązania wodorowe pomiędzy polarnymi grupami aminowymi i hydroksylowymi barwnika a hydroksylowymi grupami celulozy. Procesy te zachodzą przede wszystkim w amorficznych strefach celulozy, dokąd łatwiej wnikają wszelkie roztwory i gdzie łatwiej zachodzą procesy absorpcji i chemisorpcji.

Po zaprawieniu celulozy odpowiednim związkiem chemicznym można z kolei stosować jej barwienie także innymi barwnikami. Na przykład celuloza zaprawiona związkiem taninowo-antymonowym może być barwiona barwnikami zasadowymi. Barwnik zasadowy łączy się z zaprawą, przy czym celuloza stanowi nie tylko podłoże, ale bierze czynny udział w procesie, gdyż powstające w wyniku reakcji nierozpuszczalne związki muszą być zaadsorbowane przez włókno i dopiero wówczas następuje trwałe barwienie.

Ogólnie przyjmuje się, że w każdym procesie barwienia zachodzi adsorpcja i absorpcja, powstawanie związków chemicznych, a także rozpuszczanie się barwników w barwionej substancji.

W przypadku drewna można przyjąć, że rolę zaprawy dla włókna celulozowego spełnia lignina, gdyż swoimi aktywnymi grupami i ich zdolnością chemiczną przypomina substancje garbnikowe. Obecność w drewnie ligniny sprzyja więc barwieniu drewna różnymi barwnikami, a przede wszystkim kwasowymi i zasadowymi. Z uwagi na charakter tych barwników można również przyjąć, że w procesie barwienia nimi drewna, tj. celulozy zaprawionej ligniną, zachodzą typowe procesy, w których przeważa powstawanie związków chemicznych jako wynik łączenia się polarnych grup barwników z jednej i ligniny — z drugiej strony.

#### IV. WPŁYW PRZEKROJU ANATOMICZNEGO DREWNA NA JEGO PRZEPUSZCZALNOŚĆ

Wpływ przekroju anatomicznego drewna na wnikanie roztworu barwiącego przebadano dla krajowego drewna buka i brzozy. W badaniach przyjęta została metoda nakładania na próbki tamponu z waty (o średnicy 50 mm) nasyconego

roztworem barwiącym. Próbkę o jednakowej wilgotności były poddane działaniu roztworu w jednakowym czasie. Zawartość roztworu w tamponie była uzupełniana tak, aby był on stale w pełni nasycony. Dla przekroju poprzecznego tampon usuwano w chwili ukazania się śladów roztworu na przeciwległym przekroju poprzecznym próbki. Następnie mierzono głębokość wniknięcia roztworu w 9 punktach w zasięgu tamponu. Średnie dane dla 20 próbek zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Głębokość wniknięcia roztworu barwiącego

Rodzaj drewna	Średnia głębokość (mm) wniknięcia roztworu dla przekrojów		
	poprzecznego	promieniowego	stycznego
Buk	250	0,20	0,17
Brzoza	228	0,18	0,16

Z danych tabeli 2 wynika, że przepuszczalność drewna bukowego jest większa niż drewna brzoazowego, co pokrywa się z danymi tabeli 1, chociaż różnice są znacznie mniejsze. Dla drewna bukowego przepuszczalność przez przekrój poprzeczny jest 1250 razy większa niż przez przekrój promieniowy i 1470 razy większa niż przez przekrój styczny.

Porównanie tych danych z odpowiednimi danymi z literatury pozwala stwierdzić, że wyniki są w dużej mierze zależne od przyjętej metodyki i kryteriów oceny oraz od środka użytego do badań przepuszczalności.

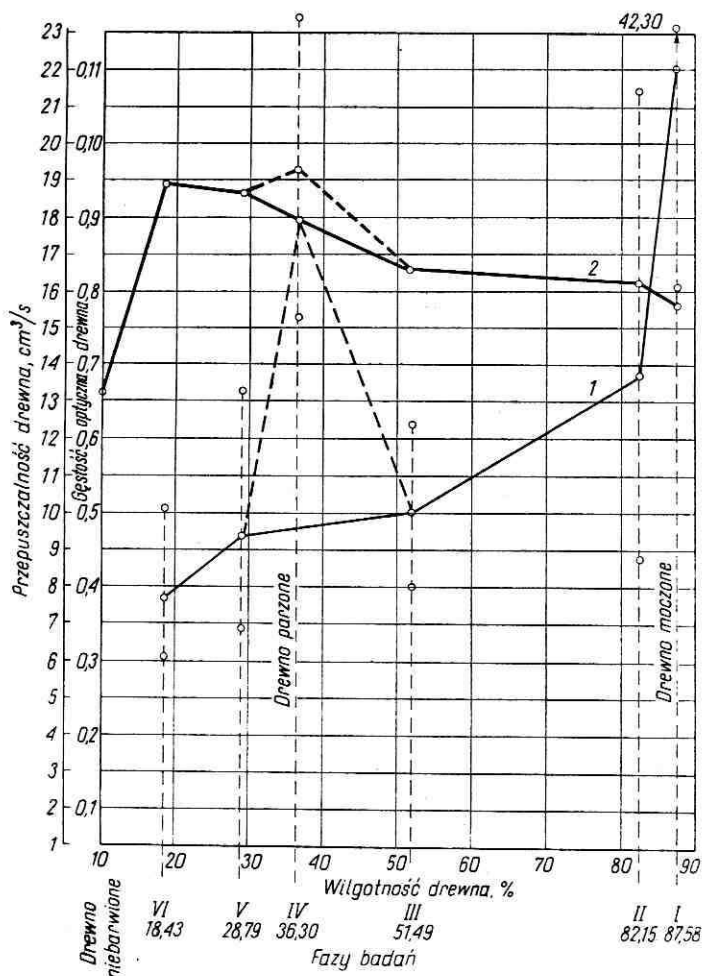
#### V. WPLYW WILGOTNOŚCI I PARZENIA DREWNA NA JEGO PRZEPUSZCZALNOŚĆ DLA ROZTWORÓW BARWIĄCYCH ORAZ NA ADSORPCJĘ BARWNIKA Z ROZTWORU PRZEZ RÓŻNE ELEMENTY SKŁADOWE DREWNA

Wpływ wilgotności drewna na jego przepuszczalność dla gazów i cieczy, uwzględniony w literaturze, dotyczy głównie impregnatów i powietrza.

Badania nad wpływem wilgotności i parzenia drewna na jego przepuszczalność dla konkretnego roztworu barwiącego były przeprowadzone według następującej metodyki. Do badań pobrano drewno bukowe z drzew ściętych w zimie, z którego wyrobiono próbki o wymiarach  $10 \times 10 \times 25$  cm (ostatni wymiar wzdłuż włókien). Zastosowano 0,5-proc. roztwór barwnika Amarant kwasowy I z dodatkiem 2 g Rokafenolu na 1 l roztworu, który doprowadzano przez dolny poprzeczny przekrój próbek, ustawionych pionowo pod ciśnieniem 2 atmosfer.

Do badań pobierano próbki w różnej fazie suszenia oraz próbki moczone w wodzie i próbki parzone. Próbki moczone 8 tygodni, zmieniając wodę co 2 tygodnie. Parzeniu poddawano próbki w szczelnie zamkniętym autoklawie w ciągu 2 godzin przy ciśnieniu pary 2 atmosfer. Przed poddaniem próbek badaniu przepuszczalności oznaczono ich wilgotność. Do moczenia pobrano próbki zaraz po ich wyrobieniu,

czyli przy maksymalnej — w badanym zakresie — wilgotności, a do parzenia — po ich wysuszeniu do wilgotności 26-30%. Próbkę parzone poddano badaniu przepuszczalności w stanie gorącym, natychmiast po wyjęciu z autoklawu. Mierzono czas przepływu przez próbkę 0,5 l roztworu, a następnie obliczano średnią przepuszczalność drewna dla 16 próbek w  $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Wpływ wilgotności i parzenia drewna na jego przepuszczalność dla roztworu barwiącego obrazuje rysunek 2 (krzywa 1).



Rys. 2. Przepuszczalność drewna dla roztworu barwiącego w zależności od wilgotności i parzenia drewna bukowego (I) oraz wpływ wilgotności i parzenia drewna bukowego przed barwieniem na jego gęstość optyczną po barwieniu (2)

Jednostka przepuszczalności dla tych badań została ustalona w sposób następujący. Dla przekroju poprzecznego poza czasem przepływu 0,5 l roztworu przez próbkę zmienną wartością była także ilość pochłoniętego przez tę próbkę roztworu, która zależała głównie od wilgotności drewna. Z tego powodu przepuszczalność

drewna dla roztworu barwiącego określano w każdym doświadczeniu jako średnią arytmetyczną przepuszczalności próbki przez oba przekroje w  $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  według następującego wzoru

$$D_s = \frac{D_d + D_g}{2} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (5)$$

gdzie

$D_s$  — średnia przepuszczalność próbki ( $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ),

$D_g$  — ilość roztworu wtłoczonego do próbki w jednostce czasu ( $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ),

$D_d$  — ilość roztworu wyciekającego przez górny przekrój próbki w jednostce czasu ( $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

Przy tym

$$D_g = \frac{500}{t} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (6)$$

gdzie

$t$  — czas trwania doświadczenia (s),

500 — stała ilość roztworu zbierana do cylindra dla każdego doświadczenia ( $\text{cm}^3$ ).

$D_d$  obliczono według wzoru:

$$D_d = \frac{Q + 500}{t} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}. \quad (7)$$

gdzie

$Q$  — ilość roztworu pochłoniętego przez próbkę.

Podstawiając wartości na  $D_g$  i  $D_d$  z wzorów (6) i (7) do wzoru (5) otrzymano wzór dla oceny przepuszczalności drewna dla roztworu barwiącego przez przekrój poprzeczny.

$$D_s = \frac{Q + 1000}{2t} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}. \quad (8)$$

Przyjęta jednostka przepuszczalności jest dostosowana do określonych warunków doświadczeń i może być porównywalna tylko w wypadku takich samych warunków.

Do doświadczeń użyto materiału jednorodnego — drewno nie zawierało wcistek (jak wykazały badania mikroskopowe). Świadczy o tym również mały zakres zróżnicowania wyników dla poszczególnych stopni wilgotności.

Ten sam materiał został następnie użyty do określenia intensywności zabarwienia w zależności od stopnia wilgotności drewna poddawanego nasycaniu roztworem barwiącym. Intensywność zabarwienia określono przez pomiar gęstości optycznej próbek, pochodzących z różnych faz badań, za pomocą tintometru Lovibonda typ 1A. W celach porównawczych określono także gęstość optyczną dla drewna nie barwionego o wilgotności około 10%. Wpływ wilgotności na gęstość optyczną drewna bukowego, czyli na stopień adsorpcji barwnika, obrazuje rysunek 2 (krzywa 2).

Największą przepuszczalność, jak wynika z krzywej 1 na rysunku 2, wykazuje

drewno o największej wilgotności (ok. 90%), tj. moczone w wodzie, a najmniejszą — drewno o najmniejszej wilgotności (poniżej 20%). Poczynając od największego nasycenia drewna wodą nieznacznemu zmniejszeniu wilgotności odpowiada gwałtowny spadek przepuszczalności drewna dla roztworu barwiącego. Spadek przepuszczalności drewna bukowego przy zmianie wilgotności od 87,58 do 82,15%, czyli o 5,43%, wynosi 8,25 cm<sup>3</sup>/s, co oznacza, że przy zmniejszeniu wilgotności o 1% przepuszczalność zmniejsza się o 6,9%. Dalszy spadek przepuszczalności jest bardzo łagodny, tak że przy zmniejszeniu wilgotności drewna o 1% przepuszczalność zmniejsza się zaledwie o 0,55%. Dla wilgotności poniżej punktu nasycenia włókien zmniejszanie się przepuszczalności jest nieco większe i wynosi 0,63% na 1% spadku wilgotności drewna.

Z tego wynika, że największy wpływ hamujący na przepuszczalność drewna dla roztworu barwiącego wywiera pierwsza najmniejsza ilość powietrza, jaka dostanie się do elementów przewodzących. Pozwala to przypuszczać, że największe opory dla roztworów stwarza w kapilarze drewna menisk główny oraz powietrze uwięzione w jamkach.

Wpływ parzenia drewna na jego przepuszczalność został na rysunku 2 przedstawiony linią przerywaną.

W wyniku parzenia drewna jego wilgotność wzrosła do około 36%, a przepuszczalność dla roztworu barwiącego osiągnęła poziom odpowiadający w przybliżeniu przepuszczalności drewna moczonego o wilgotności 85%.

Zjawisko to daje się wytłumaczyć w następujący sposób. Po pierwsze, w wyniku parzenia mogą być wyekstrahowane pewne ilości substancji blokujących swobodne przejście cieczy w systemie kapilarnym drewna, po drugie, odpadają opory wynikające z wypełnienia jamek i naczyń powietrzem, które zostało wypchnięte przez wodę lub parę, po trzecie, przy wchodzeniu zimnego roztworu do systemu kapilarnego drewna, wypełnionego parą wskutek oziębiania, następuje jej kondensacja, w wyniku czego w systemie kapilarnym drewna wytwarza się chwilowo podciśnienie ułatwiające wchodzenie roztworu. Jeśli drewno przed parzeniem osiągnęło wilgotność poniżej punktu nasycenia włókien, jak to otrzymano w pracy, kondensacja występuje najpierw w kapilarach błon komórkowych, a dopiero potem w najdrobniejszych kapilarach drewna. Zależność pomiędzy promieniem kapilar, w których następuje kondensacja, a względnym ciśnieniem pary przedstawia równanie Kelwina<sup>1</sup>.

$$r = \frac{-2\gamma \cdot M}{q \cdot R \cdot T \cdot \ln P/Po} \quad (9)$$

gdzie

- $r$  — promień kapilary,
- $P/Po$  — względne ciśnienie pary,
- $\gamma$  — napięcie powierzchniowe,
- $M$  — ciężar cząsteczkowy,
- $q$  — gęstość cieczy,
- $R$  — stała gazowa,
- $T$  — temperatura absolutna.

Jak wynika ze wzoru Kelwina, kondensacja w kapilarach o mniejszym promieniu zachodzi przy niższym względnym ciśnieniu pary. Szczególnie interesujący jest wpływ parzenia na przepuszczalność drewna dla roztworu barwiącego przez przekrój poprzeczny, zwłaszcza że z parzeniem związana jest większa adsorpcja barwnika z roztworu.

Z krzywej 2 na rysunku 2 wynika, że gęstość optyczna drewna barwionego przez wprowadzenie roztworu przekrojem poprzecznym wzrastała wraz ze zmniejszeniem wilgotności drewna poddawanego barwieniu. Najniższą gęstość optyczną wykazało drewno moczone o największej wilgotności, a najwyższą — drewno o najmniejszej wilgotności. Dla drewna parzonego uzyskano wyższe wyniki gęstości optycznej niż dla drewna o najmniejszej wilgotności.

W próbkach każdej wilgotności drewna moczonego oraz drewna parzonego drewno późne zabarwia się intensywniej niż wczesne, z tym że w drewnie o wilgotności poniżej punktu nasycenia włókien i w drewnie parzonym różnice te są mniejsze niż w drewnie o dużej wilgotności. Jest to zjawisko tym bardziej interesujące, że przepływ roztworu i jego przenikanie jest intensywniejsze przez kapilary o większym przekroju i cieńszych błonach komórkowych drewna wczesnego niż przez kapilary o mniejszym przekroju i grubszych błonach, występujące w drewnie późnym.

Z tego wynika, że wniknięcie roztworu barwiącego do drewna i przebarwienie błon komórkowych są to zjawiska odrębne. Warunkiem przebarwienia błon komórkowych jest oczywiście dotarcie roztworu barwiącego do tkanek drzewnych, ale wynikiem dotarcia roztworu do tkanek nie zawsze jest przebarwienie błon komórkowych drewna.

Intensywność zabarwienia, a więc i gęstość optyczna, są związane z dwoma czynnikami, a mianowicie z ilością roztworu wchłoniętego przez próbkę oraz adsorpcją i absorpcją barwnika przez błony komórkowe. Przy większej ilości wchłoniętego roztworu drewno zabarwia się intensywniej, gdyż po usunięciu wody więcej barwnika pozostaje w drewnie. Niezależnie od tego błony komórkowe drewna suchego lepiej adsorbują barwnik niż błony drewna mokrego. Najbardziej widoczny wpływ na adsorbowanie barwnika z roztworu przez błony komórkowe wykazuje parzenie drewna, pomimo że wilgotność jego jest znaczna i wynosi ok. 35%. Decydujący wpływ w tym przypadku ma prawdopodobnie temperatura drewna oraz fakt, że pod wpływem działania pary drewno ulega maksymalnemu spęcznieniu, co, jak wiadomo, wywiera duży wpływ na zjawiska adsorpcji.

Oględziny makroskopowe wykazały, że nie wszystkie elementy budowy anatomicznej drewna uległy przebarwieniu. W drewnie bukowym nie zostały zabarwione promienie rdzeniowe. Badania mikroskopowe pozwoliły na stwierdzenie, że w drewnie bukowym przebarwieniu nie uległy również błony miękiszu drzewnego. W komórkach miękiszu drzewnego i promieni rdzeniowych zaobserwowano zabarwioną treść komórkową, jak również zabarwione przestrzenie międzykomórkowe. Poza tym stwierdzono, że barwnik utworzył w drewnie warstwę osadową, przylegającą do wewnętrznej warstwy błon komórkowych w naczyniach, cewkach i włóknach. Osad barwnika wewnątrz tych elementów drewna został zaobserwowany na wszy-

stkich przekrojach, tj. poprzecznym, promieniowym i stycznym. Osad barwnika zaobserwowano we wszystkich typach jamek zarówno w naczyniach, cewkach i włóknach, jak też w miękiszu drzewnym i promieniach rdzeniowych.

Zabarwienie błon komórkowych jest zróżnicowane; najbardziej intensywnemu zabarwieniu uległy zdrewniałe warstwy błony wtórnej włókien, cewek i naczyń, przy czym drewno późne barwi się silniej niż wczesne. W elementach tych nie uległa zabarwieniu blaszka środkowa wraz z błoną pierwotną oraz wewnętrzną warstwą błony wtórnej, a więc warstwy błony zbudowane głównie z celulozy i nie zawierające ligniny.

Nawiązując do niezabarwienia również błon promieni rdzeniowych i miękiszu drzewnego w drewnie bukowym można przypuszczać, że barwnik kwasowy — zgodnie ze swoim charakterem — nie barwi błon zbudowanych z samej celulozy, lecz tylko błony zawierające ligninę. Fakt ten świadczy o tym, że błony komórkowe miękiszu drzewnego i promieni rdzeniowych u buka nie uległy zdrewnieniu.

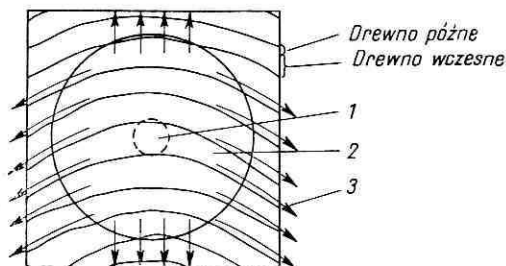
Pozostaje jeszcze nie wyjaśnione pytanie, którędy dotarł barwnik do najsilniej zabarwionej grubej warstwy błony wtórnej. Zgodnie z badaniami Wardropa i Daviesa [22] przyjęto, że roztwór przenika do błony komórkowej od środka po wypełnieniu komórki. Ażeby dostać się do błony zdrewniałej, musi przejść przez wewnętrzną warstwę błony wtórnej, która jest zbudowana z celulozy. Niebarwienie błony celulozowej, pomimo przechodzenia przez nią roztworu barwiącego, można wytłumaczyć brakiem powinowactwa pomiędzy barwnikiem kwasowym i błoną celulozową, brakiem zjawiska adsorpcji barwnika przez błonę lub wręcz istnieniem sił lub ładunków elektrycznych, które nie pozwalają na osadzenie się barwnika w błonie celulozowej.

Wewnętrzna warstwa błony wtórnej oraz błona pierwotna, a także zewnętrzna warstwa błony wtórnej — według licznych badań, opartych na pomiarze efektywnej grubości błony [33] — są warstwami o dużej porowatości, gdyż nie są one dodatkowo uszczelnione ligniną (bądź są uszczelnione w nieznacznym tylko stopniu). W związku z tym błony te są bardziej przepuszczalne niż błony zdrewniałe. Wardrop przypuszcza, że środkowa gruba warstwa błony wtórnej jest mało porowata, a jeszcze mniej porowata jest blaszka środkowa. Przypuszczenia swoje autor oparł na zjawisku barwienia lub niebarwienia się poszczególnych warstw błony komórkowej czerwieni Kongo, która — jak wiadomo — jest barwnikiem bezpośrednim. Wydaje się więc, że badacz ten popełnił tu zasadniczy błąd, nie uwzględniając wzajemnego stosunku pomiędzy barwnikiem a składnikami błony komórkowej. Błony zabarwione uznano za bardziej porowate od niezabarwionych. Tymczasem na podstawie wyników niniejszej pracy można by postawić odwrotne wnioski: gdyby amarant kwasowy I miał warunki do zatrzymania się w błonie celulozowej, to osadziłby się w przestrzeniach mniejszych, tj. między fibrylami elementarnymi, a czerwień Kongo — w większych, tj. między makrofibrylami (czerwień Kongo ma większą cząsteczkę).

Jeśli chodzi o porowatość blaszki środkowej, to należy raczej zgodzić się z Langem [3] niż z Wardropem [22]. Lange i Kjean [3] dowiedli dużej porowatości blaszki środkowej na podstawie badań efektywnej grubości poszczególnych warstw błony

komórkowej drewna iglastego i liściastego. Wardrop opiera swoją hipotezę tylko na fakcie niebarwienia lub słabego barwienia się blaszki środkowej czerwonią Kongo. Wydaje się, że warstwa ta nie dlatego nie została zabarwiona, że ma małą porowatość, lecz dlatego, że jest zbudowana głównie z substancji pektynowych, a więc ani z ligniny, którą barwi barwnik kwasowy, ani z celulozy, którą barwi barwnik bezpośredni. Poza tym wiadomo, że błony w jamkach zbudowane z blaszki środkowej i dwóch warstw błony pierwotnej są porowate i przepuszczalne. Taką samą budowę ma warstwa na styku błon sąsiadujących komórek, a więc warstwa ta powinna być także porowata. Są to jednak tylko stwierdzenia hipotetyczne. Dokładne wyjaśnienie tych zagadnień za pomocą zwykłego mikroskopu jest niemożliwe.

Przy badaniu przepływu roztworu barwiącego przez przekrój poprzeczny próbki wykonano dodatkowe doświadczenie polegające na tym, że w pewnej chwili, nie zmniejszając ciśnienia, zamknięto kurek na odpływie roztworu, uniemożliwiając jego swobodny przepływ wzdłuż próbki. W ten sposób roztwór mógł wydostać się na zewnątrz próbki tylko przez jej boczne płaszczyzny. Okazało się, że roztwór znacznie wcześniej pojawia się na przekrojach promieniowych próbki niż na stycznych. Nie wyjmując próbki z urządzenia, tą samą drogą doprowadzono powietrze, zwiększając stopniowo ciśnienie od 0 do 2 atm. Pozwoliło to na dokładne zaobserwowanie



Rys. 3. Schemat wyciekania roztworu z próbki: 1 — dopływ roztworu do próbki, 2 — strefa przepływu roztworu przez próbkę, 3 — kierunki najłatwiejszego wyciekania roztworu

miejsz wychodzenia z próbki powietrza w postaci kolorowych pęcherzyków. Tak samo, jak poprzednio roztwór barwiący, pęcherzyki powietrza wcześniej pokazały się na przekrojach promieniowych niż stycznych. Na przekrojach promieniowych zarówno roztwór barwnika, jak i powietrze, wychodziły ze stref drewna wczesnego (rys. 3). Tak więc w tej samej próbce drewno bardziej porowate, o cieńszych błonach komórkowych stawia mniejszy opór przy przepływie roztworu i powietrza niż drewno o grubych błonach komórkowych i o bardziej zwartej strukturze.

## VI. WCISTKI, ICH POWSTAWANIE I WPLYW NA PRZEPUSZCZALNOŚĆ DREWNA DLA ROZTWORÓW BARWIĄCYCH

### 1. PRZYCZYNY POWSTAWANIA WCISTEK

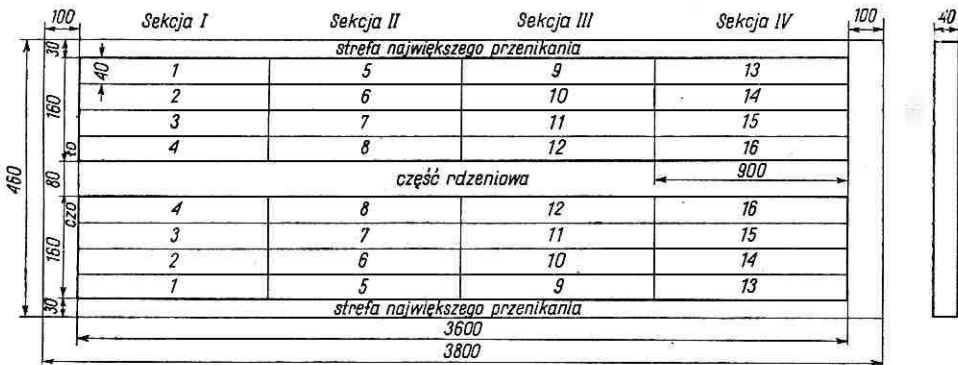
Powstawanie wcistek w drewnie było przedmiotem wielu prac i badań. Ostateczny ich wynik w odniesieniu do drewna buka można ująć w następujący sposób: powstawania wcistek należy dopatrywać się w kombinowanym — chemicznym i mechanicznym — pobudzeniu żywych komórek parenchymatycznych [9]. Pobu-



dzenie chemiczne jest wynikiem uszkodzenia komórek, a uszkodzenie komórek wywołuje zmianę stosunków kapilarnych w drewnie. Stwierdzenie takie odnosi się zarówno do drewna drzewa stojącego na pniu, jak i do drewna po ścięciu drzewa.

Proces twardzielowania w stojącym drzewie jest poprzedzony spadkiem wilgotności, co może powodować częściowe uszkodzenie komórek paraenzymatycznych. Również mechaniczne uszkodzenie drzewa w czasie wzrostu, np. obłamanie gałęzi lub pęknięcie wzdłuż pnia, daje uszkodzenie komórek i może powodować miejscowe wytwarzanie wcistek.

Samo chemiczne pobudzenie komórki nie jest jednak warunkiem wystarczającym dla wzrostu wcistek i tu konieczny jest jeszcze kontakt drewna z fazą gazową (powietrzem). Warunek ten zostaje spełniony przez obniżenie wilgotności drewna w procesie twardzielowania. W pozostałych przypadkach dochodzi do obnażenia części drewna i zetknięcia się jego z powietrzem. Jeżeli jeden z tych czynników zostanie wyeliminowany, nie dochodzi do tworzenia wcistek. Do takiego stwierdzenia Jurasek doszedł drogą żmudnych badań i eliminowania kolejno wszystkich czynników, od których powstawanie wcistek mogłoby zależeć [9].



Rys. 4. Schemat przerobu deski ponożowej

Poza wymienionymi czynnikami, tj. uszkodzeniem żywych komórek i kontaktem drewna z fazą gazową, powstawanie wcistek jest uwarunkowane odpowiednią temperaturą i wilgotnością.

Drewno może wytwarzać wciстки tylko w warunkach zachowania żywych komórek. Całkowite zabicie żywych komórek w drewnie następuje w temperaturze 55°C w ciągu 30 minut do 8 godzin. Poza tym wiadomo, że żywe komórki drewna są w stanie wytrzymać dość długie działanie stosunkowo niskich temperatur. Optymalna temperatura dla powstawania wcistek wynosi 25°C. Według Juraska wciстки powstają w przedziale temperatur 13-40°C.

Warunkiem życia komórek jest również odpowiednia zawartość wody. Komórki parenchymatyczne drewna obumierają przy spadku wilgotności poniżej 30%, tj. w przybliżeniu poniżej punktu nasycenia włókien. Stąd wypływa wniosek, że po wysuszeniu drewna poniżej punktu nasycenia włókien zanikają w drewnie wszelkie warunki dla powstawania wcistek. Ponowne nawilżenie drewna nie przywraca życia komórkom, a więc i warunków dla powstawania wcistek. Praktycznie

zdolność tworzenia wcistek zanika odpowiednio wcześniej przed obumarciem komórek. Za taką granicę wilgotności, poniżej której nie powstają wciстки, Jurasek przyjął wilgotność około 50%. Optymalna dla powstawania wcistek jest wilgotność świeżo ściętego drzewa.

Z przytoczonych wywodów i rozważań wynika, że wciстки w drewnie bukowym — należy to jeszcze raz podkreślić — mogą powstawać tylko w razie uszkodzenia żywych komórek i kontaktu z fazą gazową przy odpowiedniej temperaturze i wilgotności. W żywym drzewie wciстки powstają wyłącznie w procesie twardzielenia i w razie zranienia, a więc w zdrowym drewnie żywego buka wciстки w zasadzie nie występują. Dopiero po ścięciu może nastąpić gwałtowny ich rozwój w całej masie drewna bielastego, w zależności od zaistniałych warunków.

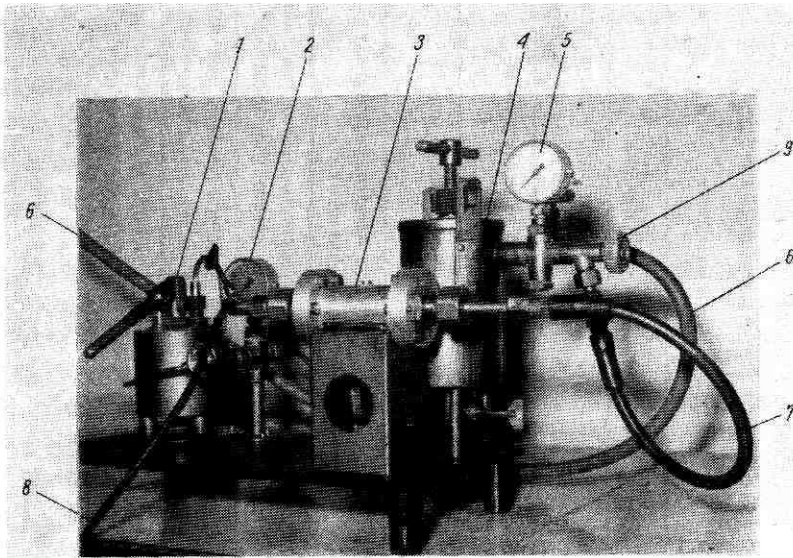
## 2. BADANIE WPŁYWU WCISTEK NA PRZEPUSZCZALNOŚĆ DREWNA BUKOWEGO DLA ROZTWORÓW BARWIĄCYCH

**Materiał drzewny.** Do badań użyto próbek w kształcie walca długości 20 mm (według włókien) i średnicy 10 mm. Próbkę wyrobiono z bukowej bielastej deski ponożowej, która pochodziła z kłody parzonej, składowanej na składzie suchym. Deskę podzielono na 32 wyrzynki, według schematu przedstawionego na rysunku 4. Przed podziałem odrzucono strefy zewnętrzne i część rdzeniową, zawierającą fałszywą twardziel, oraz odcinki czołowe deski. Wyrzynki podzielono na 16 grup — po dwa wyrzynki położone symetrycznie względem podłużnej osi deski. Wyrzynki te wysuszone do około 7% wilgotności, a następnie poddano klimatyzacji przez 6 tygodni w temperaturze 20-25°C przy wilgotności względnej powietrza 60-65%. Z wyrzyneków wyrobiono następnie próbki, które poddano próbom nasycania.

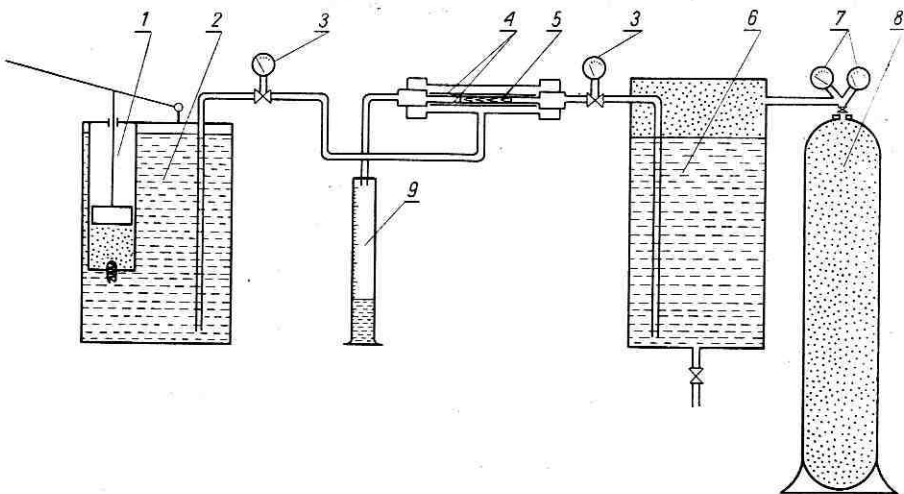
**Dobór barwników.** Do badań zastosowano barwniki odznaczające się dobrą rozpuszczalnością w wodzie, stabilnością roztworów wodnych oraz małym rozmiarem cząsteczek.

Na podstawie rysunku 1 oraz opierając się na treści rozdz. III wybrano 2 barwniki (zieleń malachitową i Deorlinlichtgelb 4 RL), sporządzając roztwory o stężeniu 5 g na 1 l. Barwniki rozpuszczano w gorącej wodzie, a następnie ostudzono i filtrowano.

**Warunki nasycenia próbek roztworem barwiącym.** Do badania przepuszczalności drewna dla roztworów barwiących skonstruowano specjalne prototypowe urządzenie przedstawione na rysunku 5, a jego schemat przedstawiono na rysunku 6. Próbkę zakładano do odpowiedniego zacisku 3 (rys. 5) i uszczelniano przeponą gumową 4 (rys. 6) tak, aby roztwór barwiący mógł przepływać tylko przez próbkę. W tym celu ciśnienie uszczelniające było dwa razy większe od ciśnienia podającego roztwór do próbki i wynosiło 4 atm. Ciśnienie uszczelniające, które wytwarzano pompą olejową 1 (rys. 5) przenosiło się na przeponę gumową 4 (rys. 6), otaczającą próbkę na całym obwodzie. Roztwór wtłoczono do próbki pod ciśnieniem 2 atm., wytworzonym przez sprężone powietrze doprowadzane



Rys. 5. Urządzenie do uszczelniania i badania przepuszczalności próbek: 1 — pompa, 2 — manometr do kontroli ciśnienia uszczelniającego, 3 — element urządzenia do zakładania i uszczelniania próbek, 4 — zbiornik roztworu barwiącego, 5 — manometr do kontroli ciśnienia roztworu doprowadzanego do próbki, 6 — przewód doprowadzający sprężone powietrze, 7 — przewód doprowadzający roztwór do próbki, 8 — przewód odprowadzający roztwór od próbki, 9 — zawór na przewodzie doprowadzającym roztwór



Rys. 6. Schemat urządzenia do badania przepuszczalności próbek: 1 — pompa, 2 — płyn uszczelniający, 3 — manometr, 4 — przepona uszczelniająca, 5 — próbka, 6 — roztwór barwiący, 7 — reduktor, 8 — butla ze sprężonym powietrzem, 9 — cylinder miarowy

Tabela 3

Charakterystyka anatomiczna wybranych 10 próbek drewna o różnej przepuszczalności dla rozтворów barwiących

Nr próbki	Czas przepływu 40 cm <sup>3</sup> roztworu	Rodzaj barwnika	Udział drewna wczesnego % wczesnym	Średnica naczyń w mm.		Średnia szerokość słojów badanej próbki mm	Uwagi
				w drewnie wczesnym	w drewnie późnym		
1	ponad 500	zieleń malachitowa	73	82,2	37,8	1,39	nieliczne wcistki
2	245	zieleń malachitowa	81,3	81,3	30,4	1,73	brak wcistek, w naczyniach liczne przegrody drabinkowe
3	roztwór w ogóle nie przechodzi	zieleń malachitowa	78,1	82,9	33,3	2,77	bardzo liczne wcistki
4	roztwór w ogóle nie przechodzi	Deorlinlichtgelb 4RL	80,8	85,4	30,7	2,48	bardzo liczne wcistki
5	240	Deorlinlichtgelb 4RL	80,9	67,5	27,8	2,11	w naczyniach przegrody drabinkowe
6	19	zieleń malachitowa	89,1	83,5	31,7	1,896	naczynia gładkie, brak wcistek i przegród drabinkowych
7	24	zieleń malachitowa	91,5	73,3	31,4	2,807	naczynia gładkie, brak wcistek i przegród drabinkowych
8	26	zieleń malachitowa	78,4	75,5	27,8	2,674	naczynia gładkie, brak wcistek i przegród drabinkowych
9	7	Deorlinlichtgelb 4RL	85,3	84,2	36,8	1,858	naczynia gładkie, brak wcistek i przegród drabinkowych
10	8	Deorlinlichtgelb 4RL	81,9	67,2	28,5	2,070	naczynia gładkie, brak wcistek i przegród drabinkowych

z butli stalowej 8 (rys. 6). Wielkość ciśnienia roztworu podawanego do próbki kontrolowano manometrem 3. Roztwór po przejściu przez próbkę był zbierany do cylindra miarowego 9 (rys. 6) w ilości  $40 \text{ cm}^3$ , przy czym sekundomierzam mierzono czas od chwili otwarcia zaworu na przewodzie doprowadzającym do chwili zebrania się w cylindrze założonej objętości roztworu.

**A n a l i z a.** Doświadczenia wykazały, że badany materiał drzewny wykazuje wielkie zróżnicowanie pod względem przepuszczalności dla zastosowanych roztworów. Przez niektóre próbki założona objętość ( $40 \text{ cm}^3$ ) roztworu przechodziła w ciągu 7-8 sekund, przez inne wielokrotnie dłużej, a przez jeszcze inne roztwór w ogóle nie przeciekał. Uzyskane wyniki pozwoliły na podział badanych próbek na 3 grupy:

- 1) o dużej przepuszczalności dla roztworów (czas przepływu 7-30 s),
- 2) o niskiej przepuszczalności (czas przepływu 100-260 s, średnio 240 s),
- 3) próbki, przez które roztwór nie przenikał w ogóle lub przenikał tak wolno, że na zebranie  $40 \text{ cm}^3$  roztworu należało czekać 10 minut i dłużej.

Z przebadanego materiału wybrano 10 próbek reprezentujących wszystkie trzy grupy (tab. 3) i poddano je badaniom mikroskopowym dla scharakteryzowania cech anatomicznych i wykrycia różnic w budowie anatomicznej drewna próbek o różnej przepuszczalności.

W wyniku analizy danych zawartych w tabeli 3 można stwierdzić, co następuje.

1. O dobrej przepuszczalności decyduje przede wszystkim brak wcistek w naczyniach oraz równomierna struktura drewna, odznaczająca się dużą liczbą naczyń o dużych światłach i gładkich ściankach bez perforowanych błon poprzecznych (próbki 6-10). Drewno z naczyniami, w których występują liczne przegrody poprzeczne, jest trudno przepuszczalne dla roztworów (próbki 2 i 5).

2. Znacznie mniejszy wpływ na przepuszczalność drewna wywiera średnica naczyń, a jeszcze mniejszy udział drewna wczesnego oraz szerokość słoików rocznych.

3. Drewno z naczyniami, w których występują wciстки, jest trudno przepuszczalne. Przy dużej liczbie wcistek drewno może w ogóle nie przepuszczać roztworów barwiących.

\* \*

Tak więc w wyniku badań zostało potwierdzone, że powstawanie wcistek w drewnie bielastym buka stanowiące zasadniczą przeszkodę przy nasycaniu drewna roztworami, jest zjawiskiem wtórnym zachodzącym po ścięciu drzewa.

Aby nie dopuścić do wytwarzania wcistek, drewno bukowe przeznaczone do nasycania różnymi roztworami powinno być pozyskane z drzew ściętych w okresie zimowym i przerobione oraz doprowadzone do wilgotności poniżej 50% zanim temperatura powietrza osiągnie  $13^\circ\text{C}$ .

Stwierdzono także, że stosowanie zabiegu parzenia drewna znacznie poprawia jego przepuszczalność dla roztworów wodnych, a więc i warunki nasycenia drewna. Przy tym zabieg parzenia ułatwia adsorpcję cząstek roztworu przez nasycane drewno.

## Literatura

1. D'Ans A., Schulze B.: Elektronmikroskopische Untersuchungen an impregnierten Hölzern. „Holz als Roh — und Werkstoff“ 1956; nr 6.
2. Broese von Groenon: Wood Preservation during the last 50 years. Londyn 1951.
3. Buro A., Buro A. E.: Untersuchungen über die Durchlässigkeit von Kiefernholz. „Holz als Roh — und Werkstoff“ 1959; nr 12.
4. Bsytrów G., Zestianikow W. M., Aiftan E. A.: Wlijanije ultrazwukowych kolebanij na proces kraszenija drierwiesiny. „Dieriewoobrabotywajuszczaja promyslnost“ 1960; nr 2.
5. Chattaway M.: The development of tyloses and secretion of gum in hardwood formation. 1949.
6. Czernienko S. A., Gorszkowa N. A.: Nowyj sposob głębokogo kraszenija bieriezowej drierwiesiny „Dieriewoobrabotywajuszczaja promyslnost“ 1964; nr 7.
7. Goodwin D. R., Hug E. R.: A new wood preserving process. „Forest Products Journal“ 1961; nr 11.
8. Jacenko-Chmielewski A. A.: Osnovy i metody anatomiczeskogo issledowanija drierwiesiny. Moskwa — Leningrad 1954.
9. Jurasek L.: Biologicke zmeny ve skacnem bukovem dreve a jejich ucast na vzniku zaparení. Bratislava 1960.
10. Kollmann F., Schneider A.: Sorptionsmessungen an mit Salzen impregnierten Hölzern. „Holz als Roh — und Werkstoff“ 1959; nr 5.
11. Korotkiewicz P. J.: Eine neue Methode zur Tränkung von lebendem Holz. „Dopowidi Akademii Nauk Ukrainiskiej SSR“ (wg „Chemische Zentralblatt“ 1954; nr 28).
12. Maquist L.: Wasserdampfsorption des Holzes von Standpunkt einer neuen Sorptions theorie“. Holz als Roh — und Werkstoff“ 1959; nr 5.
13. Necesany V.: Elektronmikroskopische Untersuchung der Thyllen und der Kernstoffe der Rotbuche *Fagus silvatica* 1955.
14. Rak J.: Strukturni analiza bukoveho dreva se zretelem na penetraci kapalin. Bratislava 1964.
15. Schulze B., Theden G.: Über das Eindringvermögen von Holzschutzmitteln und dessen Prüfung. Berlin 1942.
16. Smith D. N., Lee E.: The longitudinal permeability of some hardwoods and sotwoods. London 1958.
17. Stamm A. J.: Pasage of liquids, wapors and dissolved Materials Trough Softwoods. Washington 1946.
18. Stamm A. J.: Permeability of wood to fluids. „Flores Products Journal“ 1963; nr 11.
19. Szewczenko W. A., Kusznirskaja M. C.: Kraszenije drierwiesiny buka. Moskwa 1959.
20. Tyszka J.: Zależność przenikania roztworu barwiącego od przekroju anatomicznego, wilgotności i parzenia drewna wybranych krajowych gatunków bielastych. Warszawa 1966.
21. Tyszka J.: Badania nad barwieniem drewna na dowolne kolory z uwzględnieniem wpływu soli i innych dodatków do roztworów barwiących na wnikanie tych roztworów w drewno. Warszawa 1968.
22. Wardrop A., Davies G.: Morphological factors relating to the penetration of liquids into wood. „Holzforschung“ 1961; Bd. 15, H. 5.

## Streszczenie

Istnieje ścisła zależność pomiędzy czasem nasycania drewna różnymi roztworami a szybkością przepływu gazów i roztworów poprzez przekrój podłużny drewna, określaną jako przepuszczalność drewna. Zależy ona przede wszystkim od jego gatunku, przy czym za przepuszczalne może być uznawane tylko drewno bielaste. Przepuszczalność drewna bielastego zależy od średnicy i jakości elementów przewodzących oraz od obecności wcistek; występowanie ich w znacznej ilości czyni drewno trudno przepuszczalnym. Przepuszczalność drewna dla roztworów wodnych wzrasta ze zwiększaniem się jego wilgotności. Parzenie drewna bukowego powoduje znaczny wzrost jego przepuszczalności dla wodnego roztworu barwnika, ułatwia także adsorpcję cząstek z roztworu przez tkankę drzewną.

*Юзеф Тышка*

УСЛОВИЯ ПРОПИТЫВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ С ОСОБЕННЫМ  
УЧЕТОМ БУКОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ И КРАСЯЩИХ РАСТВОРОВ

Краткое содержание

Существует тесная зависимость между продолжительностью пропитывания древесины различными растворами и скоростью проплава газов и растворов через продольное сечение древесины, определяемая как проницаемость древесины. Она зависит, прежде всего, от вида урешены, причем как проницаемую можно считать только заболонь. Проницаемость заболони зависит от диаметра и качества проводящих элементов, а также от наличия тилл, появление значительного числа которых делает древесину трудно проницаемой. Проницаемость древесины для водных растворов повышается с ростом ее влажности. Пропарка буковой древесины вызывает значительный рост ее проницаемости для водного раствора красителя, облегчает также адсорбцию частиц из раствора древесной тканей.

*Józef Tyszka*

CONDITIONS OF WOOD TREATMENT WITH PARTICULAR REFERENCE TO BEECH  
WOOD AND COLOURING SOLUTIONS

Summary

There exists a strict relationship between the duration of wood soaking with various solutions and the rate of gas and solution flow through the longitudinal section of wood, determined as wood permeability. Permeability of wood depends primarily upon its species.

Within a species it depends upon whether it is heartwood or sapwood. Only sapwood may be considered permeable. Permeability of sapwood depends upon the diameter and quality of conductive elements and the presence of thyllae. The presence of a considerable number of thyllae makes wood hardly permeable. The permeability of wood for aqueous solutions increases along with the increase in its dampness. Steaming of beech wood results in a considerable increase in its permeability for the aqueous solution of dye. Treatment of steaming facilitates also the adsorption of particles from the solution through wood tissue.