

# KONSTRUKCJE DREWNIANE

## 1. NORMY I LITERATURA



POLSKA NORMA

ICS 91.010.30; 91.080.20

**PN-EN 1995-1-1**

kwiecień 2010

Wprowadza  
EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008, IDT

Zastępuje  
PN-B-03154:1983  
PN-B-03150:2000  
PN-EN 1995-1-1:2005

**Eurokod 5**  
**Projektowanie konstrukcji drewnianych**  
**Część 1-1: Postanowienia ogólne**  
**Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków**

Norma Europejska EN 1995-1-1:2004 z włączoną poprawką AC:2006 i zmianą A1:2008 ma status Polskiej Normy

© Copyright by PKN, Warszawa 2010

nr ref. PN-EN 1995-1-1:2010

Hologram  
PKN

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Żadna część niniejszej publikacji nie może być zwielokrotniana jakąkolwiek techniką bez pisemnej zgody Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego



POLSKA NORMA

**PN-B-03150**

sierpień 2000

Konstrukcje drewniane

**Obliczenia statyczne i projektowanie**

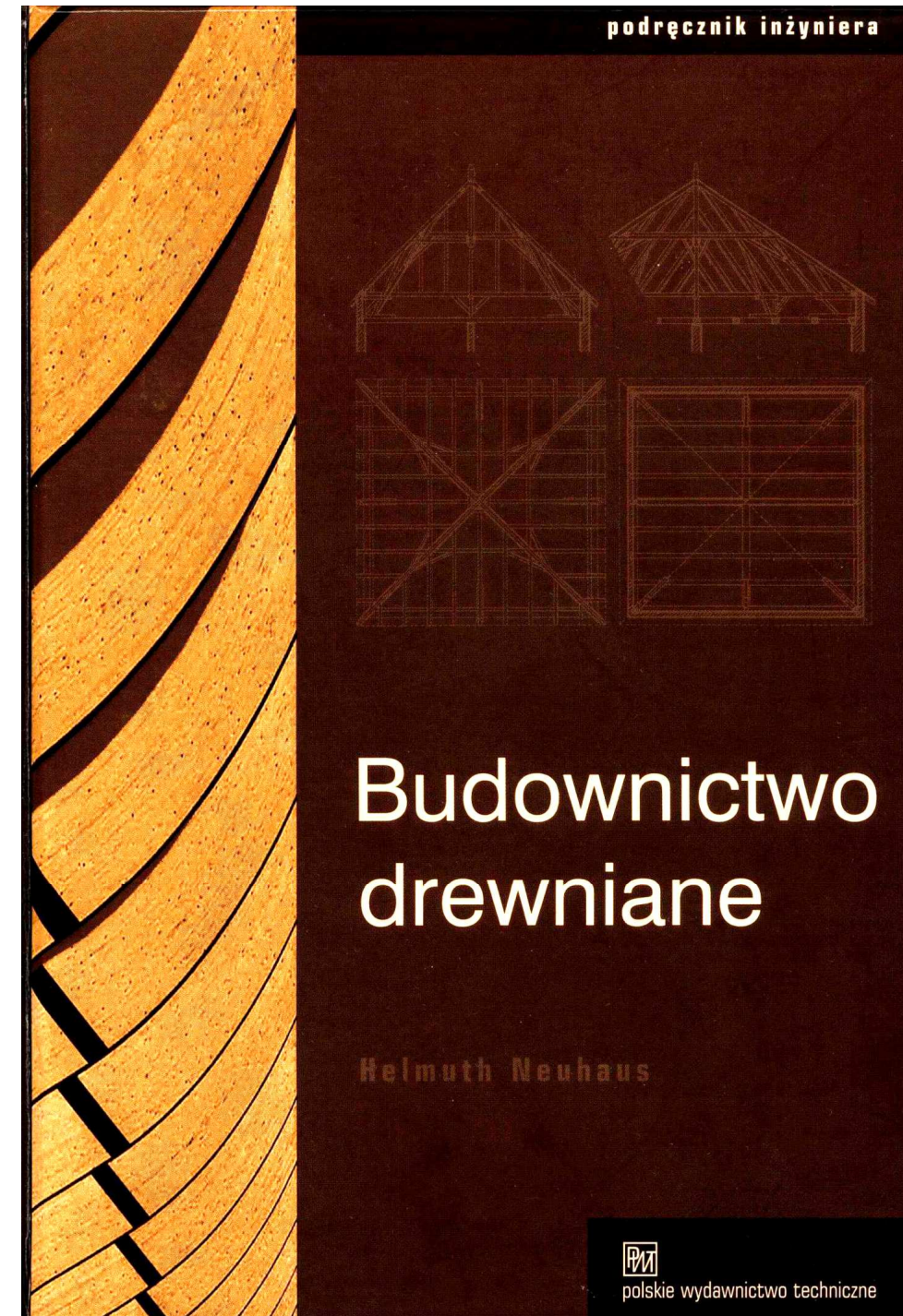
**NORMA WYCOFANA**

Timber structures – Calculation and design rules

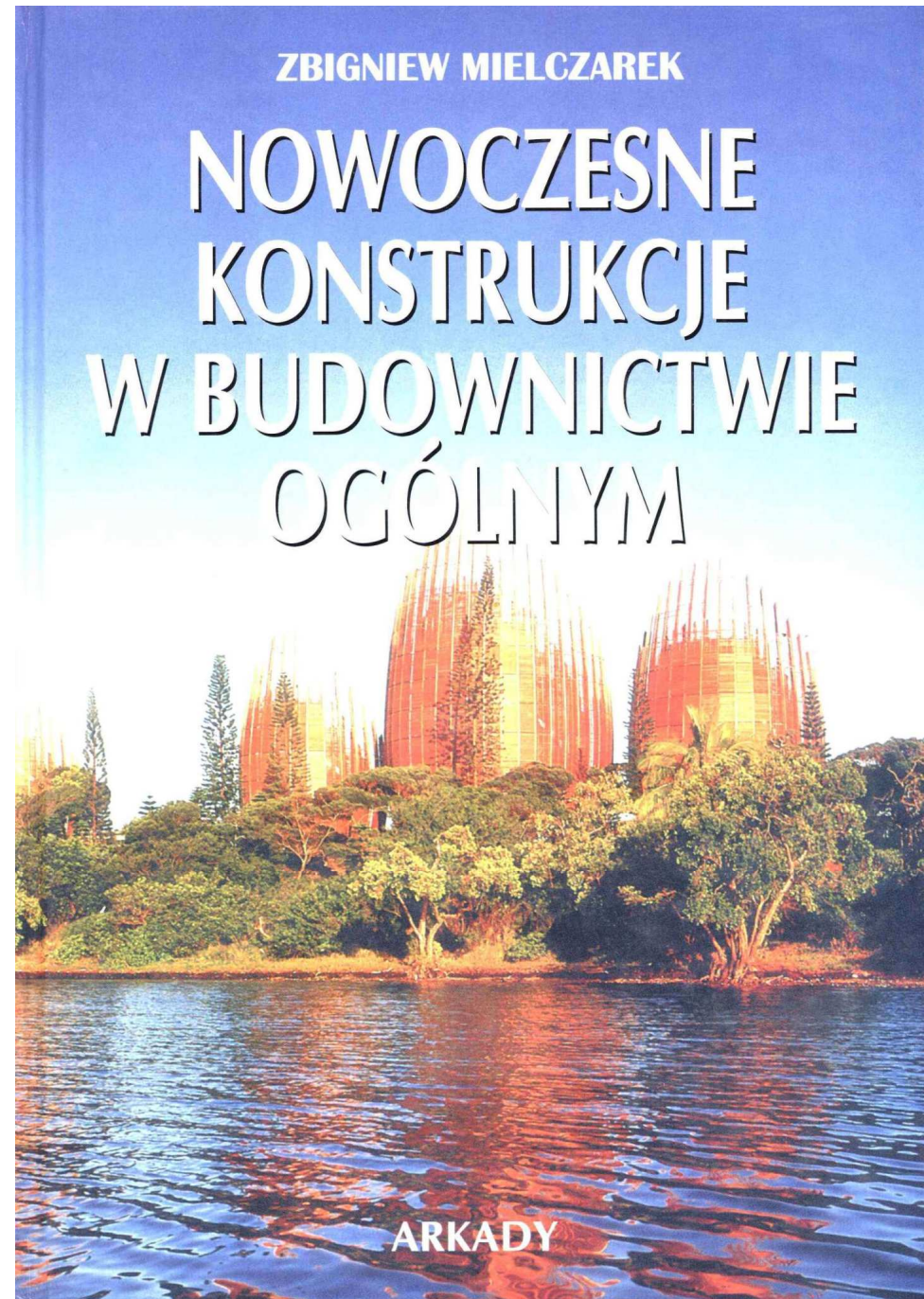
Hologram  
PKN

Żadna część niniejszej normy nie może być przedrukowywana ani kopiowana jakiegokolwiek techniką bez pisemnej zgody Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego

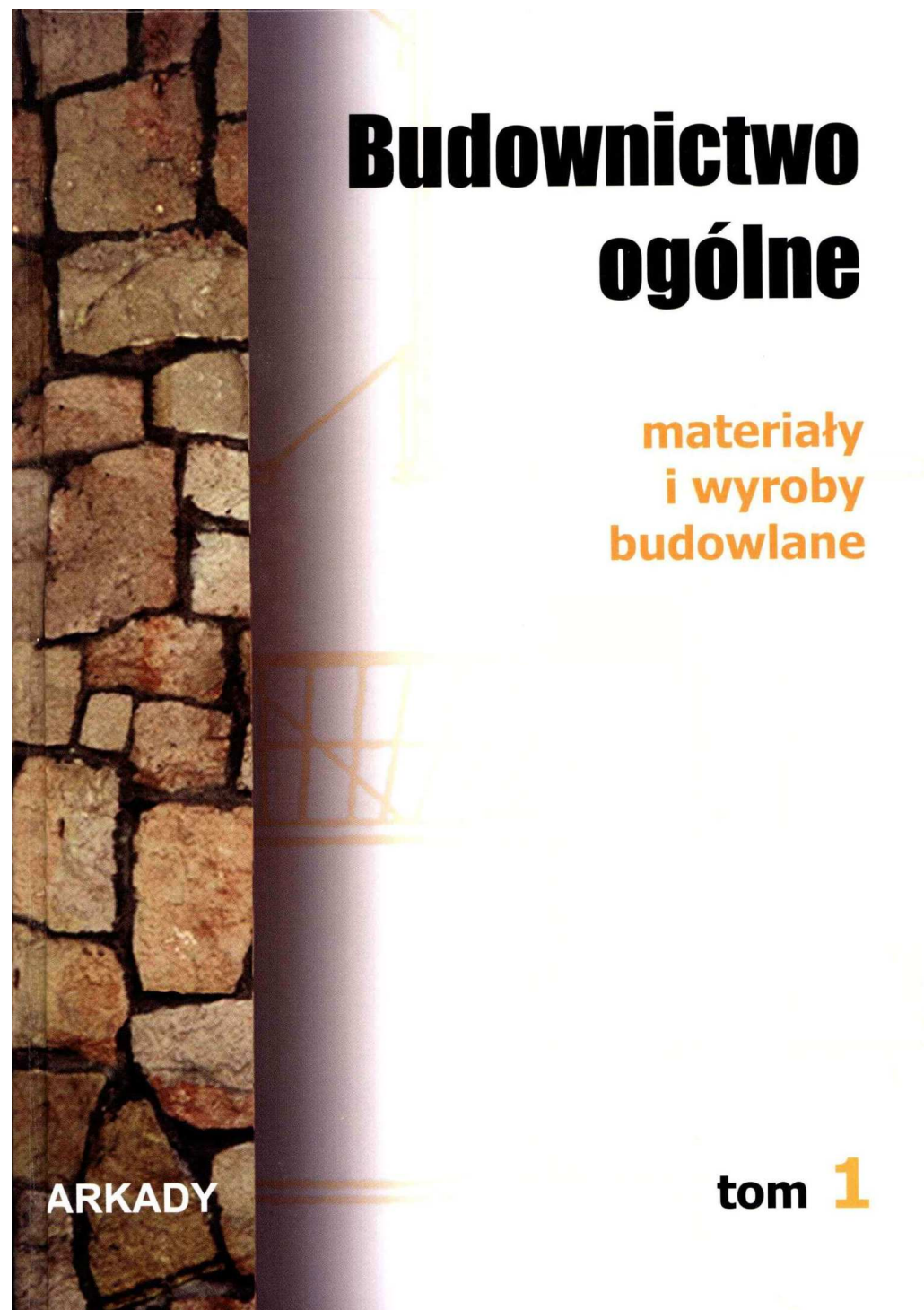












## Spis rozdziałów

Przedmowa .....	7
Wstęp .....	9
1 Podstawowe właściwości techniczne materiałów budowlanych ...	11
2 Naturalne materiały kamienne .....	87
3 Ceramika budowlana .....	157
4 Mineralne spoiwa budowlane .....	241
5 Zaczyny i zaprawy budowlane .....	293
6 Beton zwykły, wysokowartościowy i specjalny .....	331
7 Wyroby z zaczynów, zapraw i betonów .....	433
8 Betony lekkie .....	481
9 Szkło budowlane .....	549
10 Drewno i materiały drewnopochodne .....	567
11 Tworzywa sztuczne i malarskie materiały budowlane .....	653
12 Lepiszcza bitumiczne i wyroby z nich .....	743
13 Metale i wyroby z metali .....	823
14 Materiały i wyroby instalacyjne oraz termoizolacyjne .....	889



# Budownictwo ogólne

elementy budynków  
podstawy projektowania

ARKADY

tom 3

## Spis rozdziałów

1	Wstęp .....	7
2	Ogólne zasady kształtowania konstrukcji .....	11
3	Podstawy projektowania architektonicznego .....	73
4	Zagadnienia konstrukcyjne w budynkach .....	171
5	Fundamenty i posadowienia budynków .....	427
6	Ściany budynków i przegrody przezroczyste .....	555
7	Stropy .....	715
8	Komunikacja w budynkach .....	799
9	Dachy i pokrycia dachowe .....	851
10	Naprawy i wzmacnianie budynków i ich elementów .....	943





---

## Spis rozdziałów

---

<b>1</b>	Budynki o konstrukcji murowej .....	7
<b>2</b>	Budynki o konstrukcji drewnianej .....	99
<b>3</b>	Budynki o konstrukcji żelbetowej .....	183
<b>4</b>	Budynki o konstrukcji metalowej .....	459
<b>5</b>	Konstrukcje budowlane dużych rozpiętości .....	545
<b>6</b>	Eksploracja, naprawy, wzmacnianie i certyfikacja energetyczna budynków .....	709



## **OKREŚLENIA**

### **Anatomia drewna**

**– nauka o wewnętrznej budowie drewna wraz z całym cyklem jego tworzenia się, wskazująca na związki między budową a układami funkcjonalno-czynnościowymi oraz rozmieszczeniem i wzajemnym stosunkiem przestrzennym elementów strukturalnych.**



# **Drewno**

- złożona tkanka roślin drzewiastych, zbudowana z elementów przewodzących wodę wraz z solami mineralnymi (naczynia i cewki), wzmacniających (włókna drzewne, cewki) i spichrzowych (mięksisz drzewny), znajdująca się w pniu drzewa między rdzeniem i korą;
- materiał pni, gałęzi oraz korzeni otrzymywany ze ściętych drzew i formowany przez obróbkę w różnego rodzaju sortymenty, wykorzystywany w praktyce przemysłu budowlanego, meblarskiego, papierniczego oraz na opał.



# **Drzewo**

**– duża, wieloletnia roślina, mająca wyraźnie wykształcony pęd główny (pień), z którego na pewnej wysokości nad ziemią wyrastają pędy boczne (gałęzie) z liśćmi, tworzące koronę.**

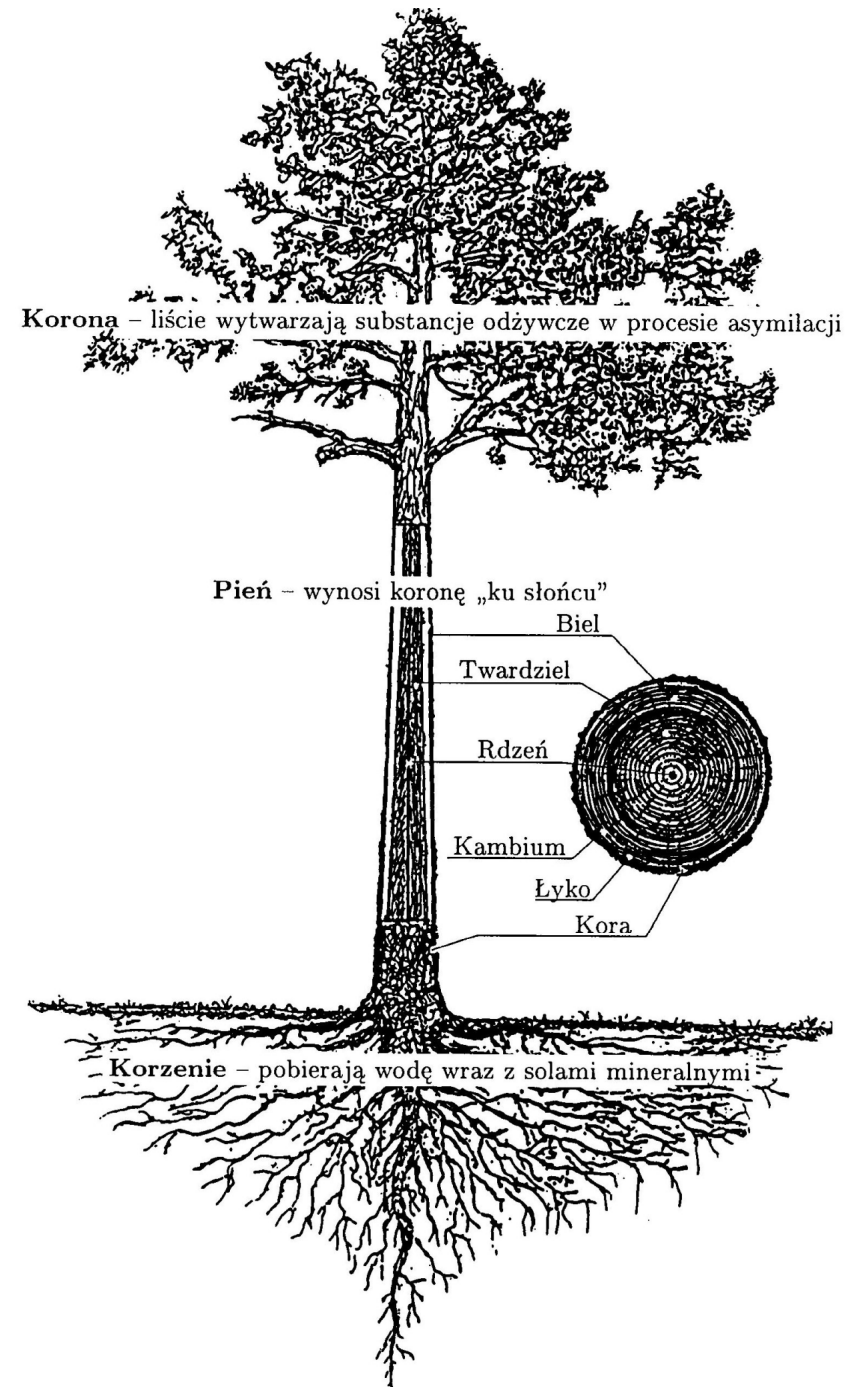
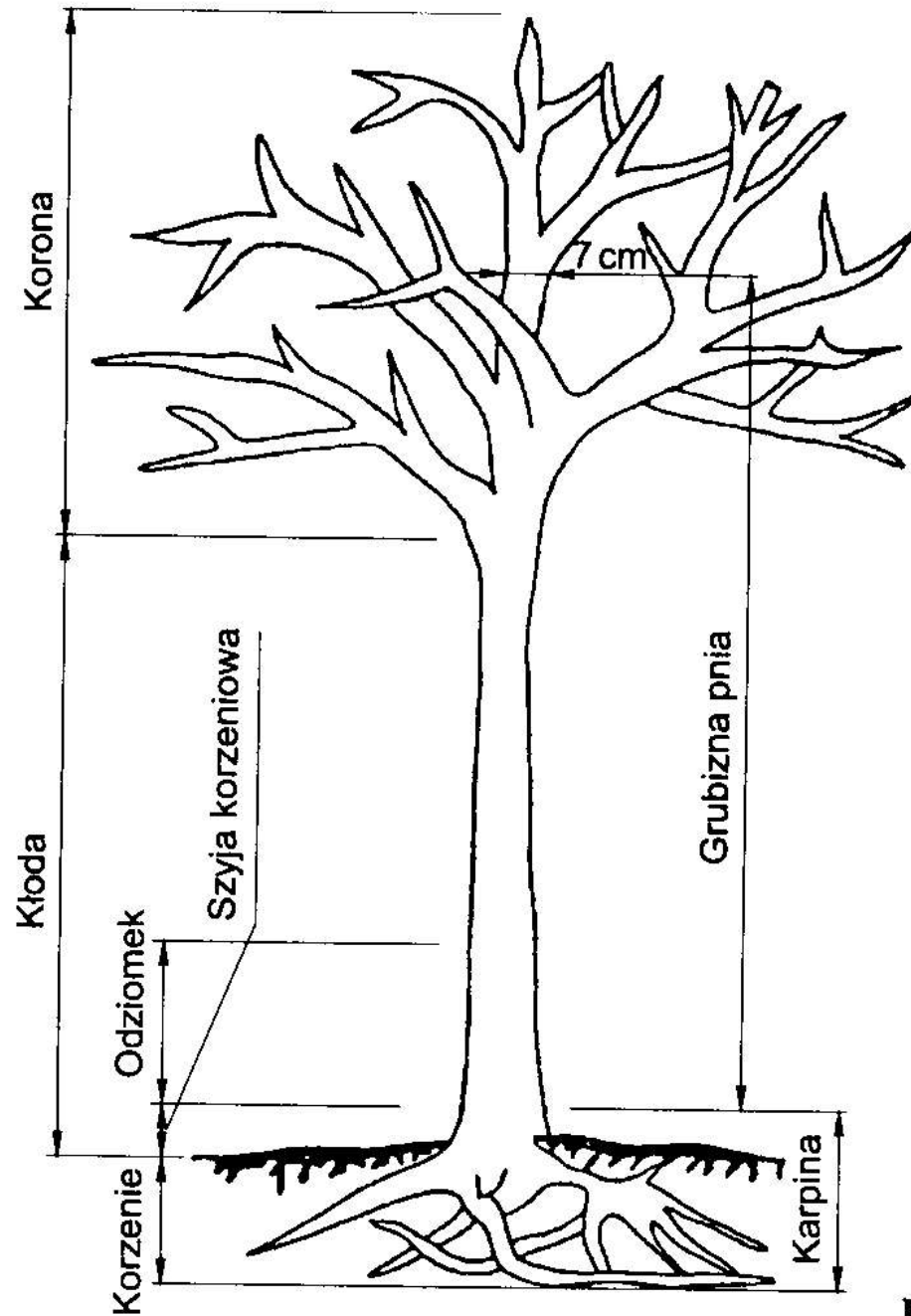


## 2. BUDOWA DRZEWA I DREWNA

### *BUDOWA DRZEWA*

**Drzewo** jest to roślina wieloletnia, której podstawową cechą jest wykształcenie twardego (zdrewniałego) pędu głównego stanowiącego pień, z którego wyrastają pędy boczne tworzące koronę. Podziemną część drzewa stanowi system korzeniowy. Przyziemna zgrubiała część nazywa się szyją korzeniową. Przez nią system korzeniowy przechodzi w pień. Szyja korzeniowa jest szersza w stosunku do pnia i pełni ważną funkcję mechaniczną, gdyż zwiększa siłę oporu drzewa na działanie wiatru. Szyja korzeniowa zwęża się ku górze i z wiekiem drzewa wydłuża się, tworząc zgrubienie odziomkowe (odziomek) sięgające do różnych wysokości, na przykład ok. 5 m u buku, jodły i sosny oraz ok. 2 m u grabu i jesionu. Drzewa rosnące pojedynczo na otwartej przestrzeni mają zazwyczaj większe zgrubienie odziomkowe niż drzewa rosnące w zwarciu. Schemat budowy drzewa przedstawiony jest na rys. 10.1.





## CZĘŚCI DRZEWA I ICH FUNKCJE FIZJOLOGICZNE



## **BUDOWA DREWNA**

Drewno składa się głównie ze ściśle ze sobą związanych podłużnych komórek ułożonych równolegle do pnia. W żyjącym drzewie komórki te zapewniają transport wody, przemianę materii i utwardzanie drewna. Historycznie starsze drzewa iglaste mają prostą, regularną strukturę składającą się głównie z komórek jednego rodzaju. Natomiast budowa drzew liściastych jest bardziej złożona; w ich skład wchodzi wiele rodzajów komórek. Strukturę drewna pokazano na rys. 1.1 na przykładzie poprzecznego przekroju pnia drzewa iglastego. Według *Kollmanna* [175] na makroskopową strukturę drewna składają się głównie:

### **Korowina i łyko (tworzą korę)**

Korowina jest obumarłą, zewnętrzną częścią kory a łyko jest żywą, wewnętrzną częścią kory.

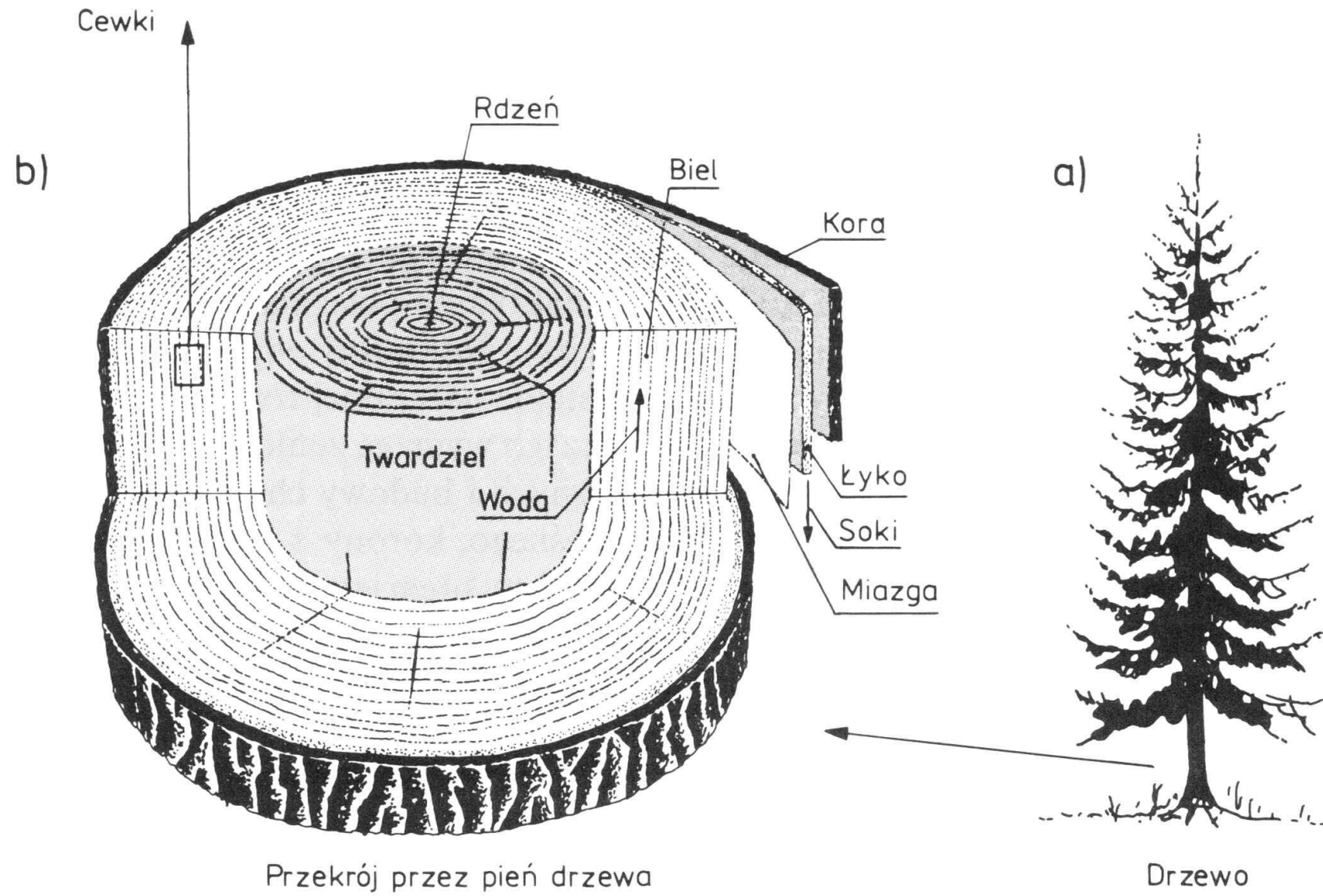
### **Miazga**

Cienka warstwa żywych komórek, w której odbywa się wzrost drzewa, jest mikroskopijnie mała (makroskopowo niewidoczna)

### **Słoje roczne**

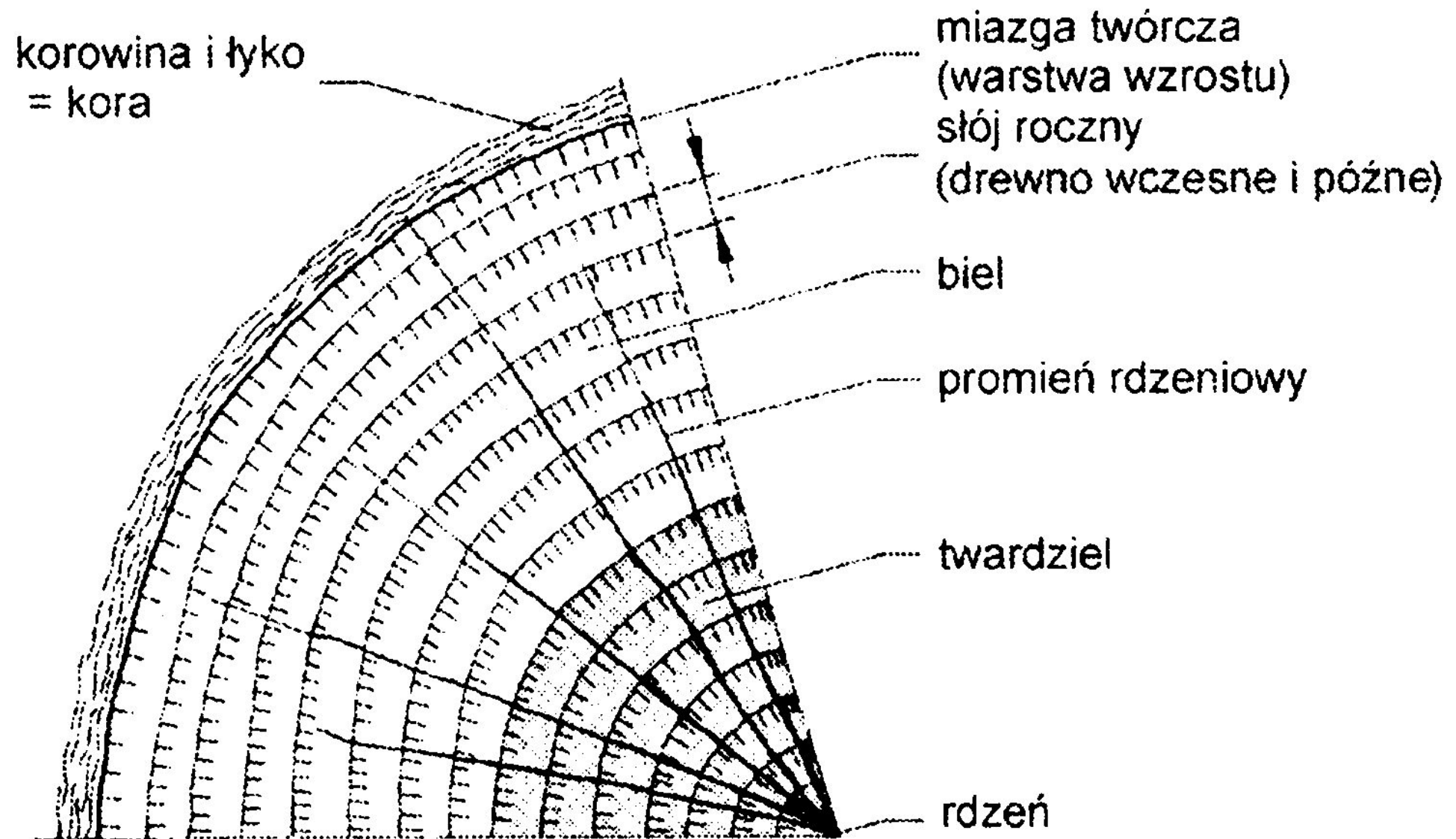
Składają się z cienkościennej, szerokiej przyrostu wczesnego i przyrostu późnego o grubych ściankach, które w drzewach iglastych jest ciemniejsze niż przyrost wczesny. W drewnie przyrostu wczesnego odbywa się przede wszystkim transport wody (substancje odżywcze). Drewno przyrostu późnego służy utwardzaniu. W klimacie umiarkowanym wzrost rozpoczyna się na wiosnę (kwiecień, maj) dając drewno wczesne i kończy się późnym latem (sierpień, wrzesień) dając drewno późne. Przerwanie wzrostu w zimie powoduje powstanie na ogół dobrze widocznej linii granicznej pomiędzy drewnem wczesnym i późnym, która oddziela słoje roczne.





Rys. 3.1. Budowa drewna (wg Côtégo 1982)





**PIEŃ DRZEWA IGLASTEGO**



W klimacie tropikalnym drzewo rośnie w dwóch porach roku: deszczowej i suchej. Drewno z wiecznie zielonych drzew tropikalnych nie ma słoików rocznych, bo wzrost drzew odbywa się bez przerw. Ilość słoików rocznych w dolnej części pnia odpowiada wiekowi drzewa.

### **Biel**

Żywa, zewnętrzna warstwa drzewa, w której odbywa się transport wody. W niektórych gatunkach jaśniejsza i bardziej miękka niż twardziel.

### **Twardziel**

Stara, przeważnie obumarła warstwa drewna wokół rdzenia. Tworzenie twardzieli w niektórych gatunkach drzew rozpoczyna się w wieku 20–40 lat, gdy biel może już sama zapewnić transport wody. W obumarłych komórkach odkładają się barwniki, garbniki, żywice i tłuszcze. Komórki są przez nie blokowane i nie mogą już transportować wody. Substancje znajdujące się w twardzieli nadają jej ciemniejszy kolor i powodują, że jest twardsza, bardziej wytrzymała i mniej się kurczy niż biel.

### **Promienie rdzeniowe**

Są to ułożone promieniowo „rurki” o bardzo małym przekroju, często widoczne tylko jako paski. Komórki te przejmują transport w kierunku prostopadłym do kierunku wzrostu i gromadzą substancje odżywcze. Promienie rdzeniowe, które biegną od rdzenia do kory, powstają na początku wzrostu drzewa.

### **Rdzeń (rurka rdzeniowa)**

Jest to mała „rurka” o niewielkiej wytrzymałości znajdująca się w środku przekroju pnia. Jej średnica w większości gatunków drzew wynosi 1 do 2 mm.

Rodzaje drewna można podzielić na trzy grupy w zależności od **występowania twardzieli** i różnicy kolorów pomiędzy twardzielą i bielą, patrz także: tablica 3.1.

### **Drewno rdzeniowe**

Biel i twardziel mają różne kolory (widoczna granica) jak w sośnie, modrzewiu, dębie.

### **Drewno o twardzieli niezabarwionej**

Biel i twardziel mają ten sam kolor. Twardziel jest bardziej dojrzała i zawiera mniej wody niż biel, jak w świerku, jodle, buku zwyczajnym.

**Drewno bielaste.** Nie tworzy twardzieli, na przykład brzoza. Drewno drzew liściastych dzieli się na dwie grupy w zależności od wielkości porów i naczyń oraz ich położenia na przekroju pnia.

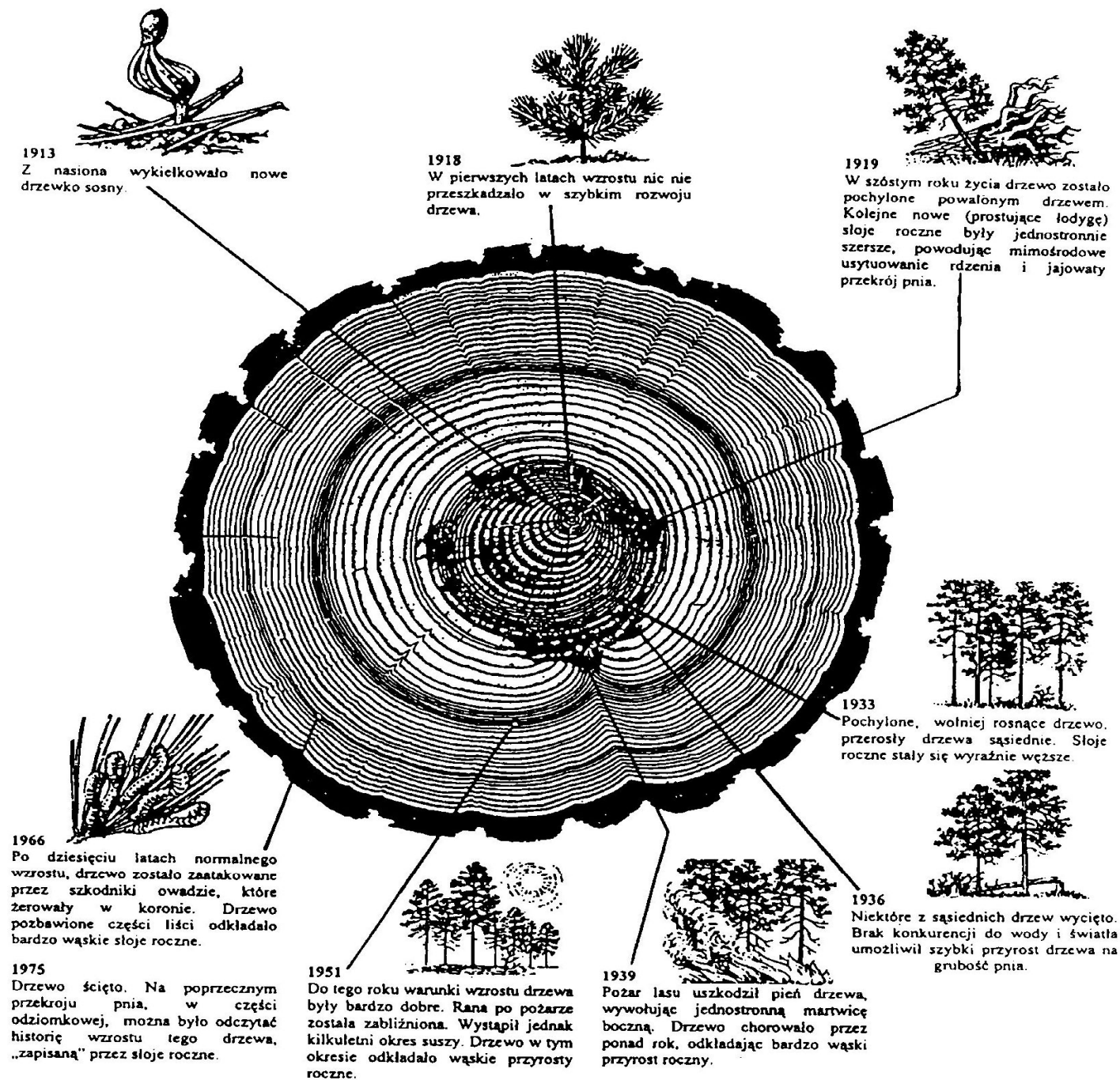
**Drewno liściaste o porach pierścieniowych** tworzy szersze naczynia przeważnie w drewnie wczesnym i o wiele węższe naczynia w drewnie późnym; większe naczynia są najczęściej dobrze widoczne i leżą pierścieniowo na przekroju, jak w drewnie dębowym.

**Drewno liściaste o porach rozproszonych** tworzy naczynia o zbliżonej wielkości w drewnie wczesnym i późnym lub naczynia, które w drewnie późnym są nieznacznie mniejsze. Rozkład naczyń jest prawie równomierny na całym przekroju, jak w drewnie bukowym.



Tabela 1. Maksymalne wysokości, średnice pnia i wiek wybranych rodzajów drzew

Rodzaj drzewa	Wysokość drzewa (m)	Średnica pnia (cm)	Wiek drzewa (lata)
Eukaliptus	150	800	—
Sekwoja	128	1 200	3 000
Daglezja	100	450	1 400
Jodła	70	300	800
Sosna (wejmutka)	60	150	—
Topola	52	470	180
Świerk	50	200	700
Dąb	50	700	1 600
Orzech	50	250	—
Sosna (zwyczajna)	48	100	500
Lipa	40	200	1 000
Klon	40	200	300
Buk	40	200	800
Wiąz	40	150	500
Grochodrzew	35	80	—
Osika	35	100	150
Wierzba	30	100	120
Olcha	30	90	180
Grab	30	100	250
Brzoza	30	80	120
Cis	20	100	2 800
Jałowiec	15	60	2 000



Rys. 3. Reakcja pojedynczego drzewa na zróżnicowane zewnętrzne czynniki środowiska w czasie jego wzrostu (Wald und Umwelt z Schweingruber 1987)



## **ZALETY i WADY DREWNA**

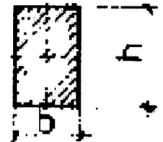

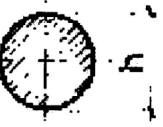
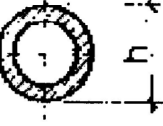
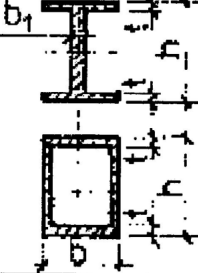
**DRZEWO NAJDOSKONALSZE „DZIEŁO NATURY” W KRÓLESTWIE ROŚLIN.**

**DREWNO JEST MATERIAŁEM NIEPOWTARZALNYM, A JEDNOCZEŚNIE  
ODTWARZALNYM PRZEZ PRZYRODĘ, KTÓRY JEST WYKORZYSTYWANY  
W PONAD 10 TYS. ZASTOSOWAŃ!**

### **ZALETY:**

1. *mały ciężar objętościowy w Polsce ( $320-650 \text{ kg/m}^3$ ),*
2. *duża wytrzymałość i sprężystość ( $f_{mk}=18-40 \text{ MPa}$ ;  $E_{0,mean}=9000-14000 \text{ MPa}$ ),*
3. *mały współczynnik przewodności cieplnej (w poprzek włókien  $0,16 \text{ W/(mK)}$ ;  
wzdłuż włókien  $0,30 \text{ W/(mK)}$ )*
4. *mały współczynnik rozszerzalności termicznej,*
5. *odporność na działanie czynników chemicznych,*
6. *łatwość obróbki,*
7. *łatwość wykonywania połączeń,*
8. *bardzo korzystny wskaźnik określający stosunek naprężeń na ściskanie i  
rozciąganie do ciężaru właściwego ( $259 - \text{drewno}$ ;  $268 - \text{stal}$ ;  $100 - \text{beton}$ ),*
9. *możliwość uzyskania ciekawych efektów architektonicznych,*
10. *łatwy, szybki i mało wrażliwy na warunki atmosferyczne montaż, nie  
wymagający zbyt ciężkiego sprzętu,*
11. *niska energochłonność produkcji,*
12. *stworzenie korzystniejszych warunków mikroklimatycznych w obiektach  
przeznaczonych na pobyt ludzi i zwierząt.*

## MAKSYMALNE ROZPIĘTOŚCI BELEK DREWNIANYCH I STALOWYCH

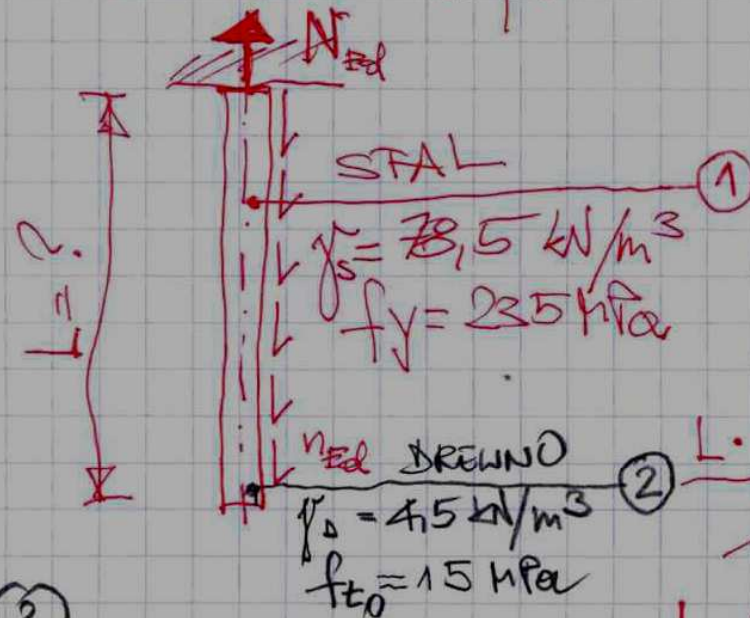
Przekrój	J	$\alpha$	Drewno	Stal
			$l_{max}$	
1	2	3	4	5
	$\frac{1}{12} F h^2$	$\frac{1}{12}$	59	133
	$\frac{1}{24} F h^2$	$\frac{1}{24}$	29	67
	$\frac{1}{16} F h^2$	$\frac{1}{16}$	44	—
	$\frac{1}{8} F h^2$	$\frac{1}{8}$	—	200
	$\approx \frac{1}{6} F h^2$	$\frac{1}{6}$	118	267

Obciążenie jedynie ciężarem własnym



2A/ określić długość przęsa który nie będzie zerwany pod wpływem ciężaru własnego

SCHEMAT PRĘSA



①

$$N_{Ed} = L \cdot n_{Ed}; n_{Ed} = \gamma_s \cdot A$$

WARUNEK NOŚNOŚCI

$$\sigma_N = \frac{N_{Ed}}{A} \leq f_y$$

$$\frac{L \cdot \gamma_s \cdot A}{A} \leq f_y$$

②

$$L \leq \frac{f_t \cdot 1000}{\gamma_s}$$

$$L \leq \frac{15 \cdot 1000}{78,5}$$

$$L \leq 3333 \text{ [m]}$$

$$L \cdot \gamma_s \leq f_y$$

$$L \leq \frac{f_y}{\gamma_s} \left[ \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kN}} \right]$$

$$L \leq \frac{f_y \cdot 1000}{\gamma_s} \left[ \frac{\text{kN} \cdot \text{m}^3}{\text{kN} \cdot \text{m}^2} \right]$$

$$L \leq \frac{235 \cdot 1000}{78,5} = 2994 \text{ [m]}$$

## ***PRZYKŁADY ZREALIZOWANYCH KONSTRUKCJI***













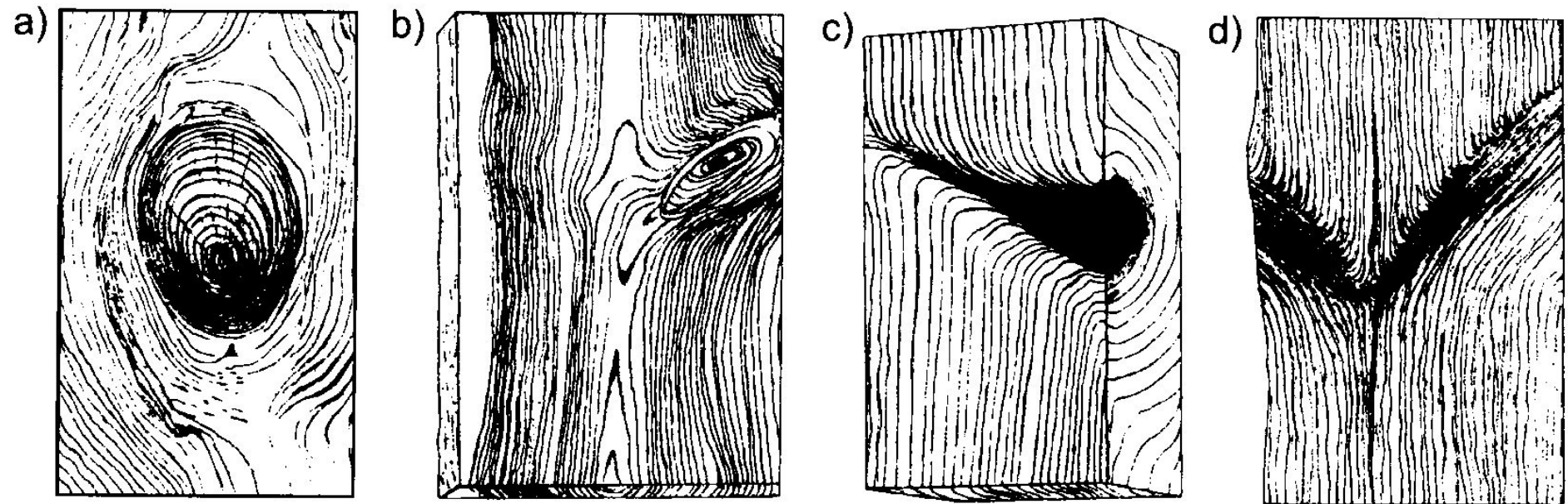




**WADY:**

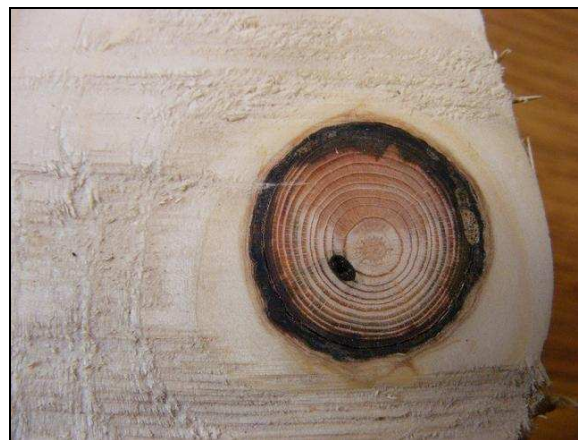
- 1. usterki i odchylenia od normalnego rozwoju (sęki, skręt, skośności włókien, pęknięcia, zgnilizny),***
- 2. ograniczenie wymiarów asortymentów drewna,***
- 3. wpływ wilgotności na właściwości konstrukcyjne i fizyczne,***
- 4. wpływ czasu na wytrzymałość i odkształcalność***
- 5. łatwopalność,***
- 6. gnicie, korozja biologiczna,***
- 7. możliwość porażenia drewna przez owady***
- 8. krótkotrwałość,***
- 9. anizotropowa budowa drewna, wpływająca na cechy wytrzymałościowe i sprężyste.***

## 10. WADY DREWNA - SĘKI



**Rysunek 1.5.** Sęki wg [36]: a) zdrowy, częściowo zrośnięty sęk okrągły na stycznej płaszczyźnie tarcicy, b) zdrowy, zrośnięty sęk owalny na promieniowej płaszczyźnie tarcicy, c) sęk podłużny smołowy (zepsuta tkanka przesycona żywicą), d) zdrowy sęk skrzydlaty na promieniowej płaszczyźnie tarcicy

**11.**







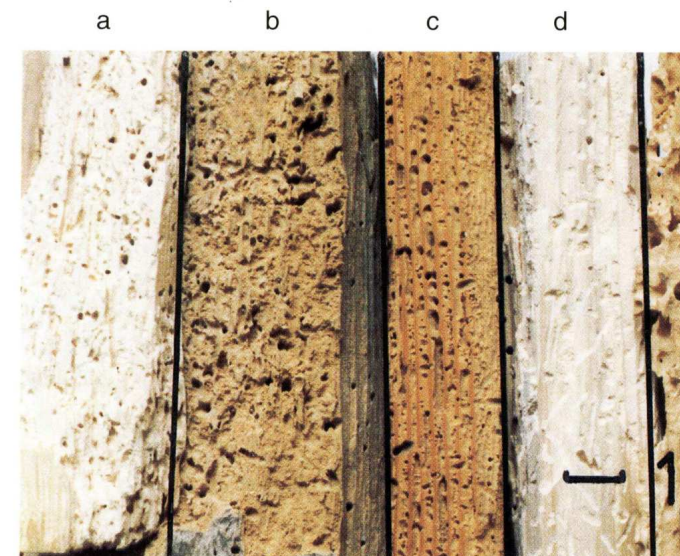
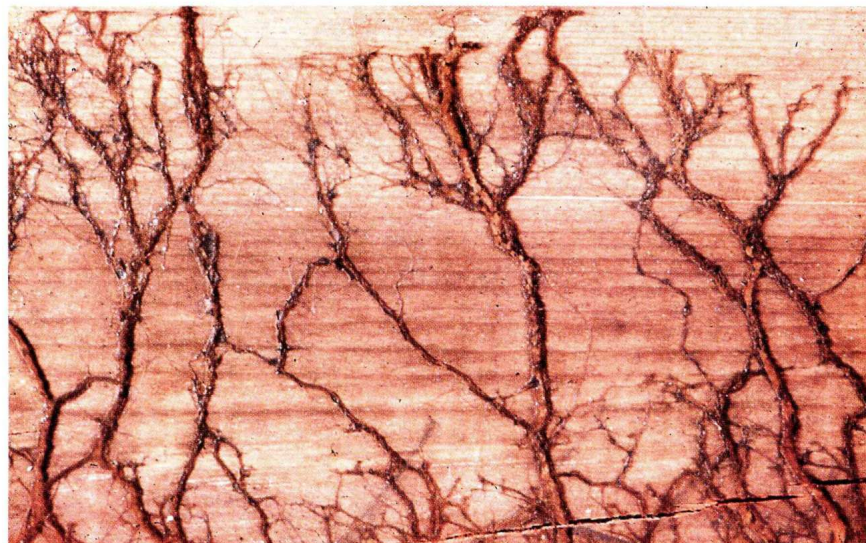
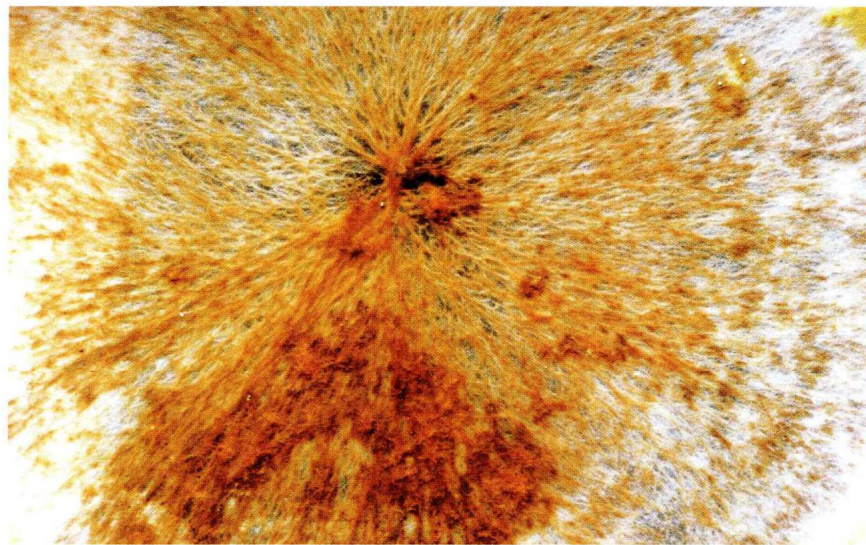
***SKRĘT WŁÓKIEN***



***PĘKNIĘCIA I SINIZNA***

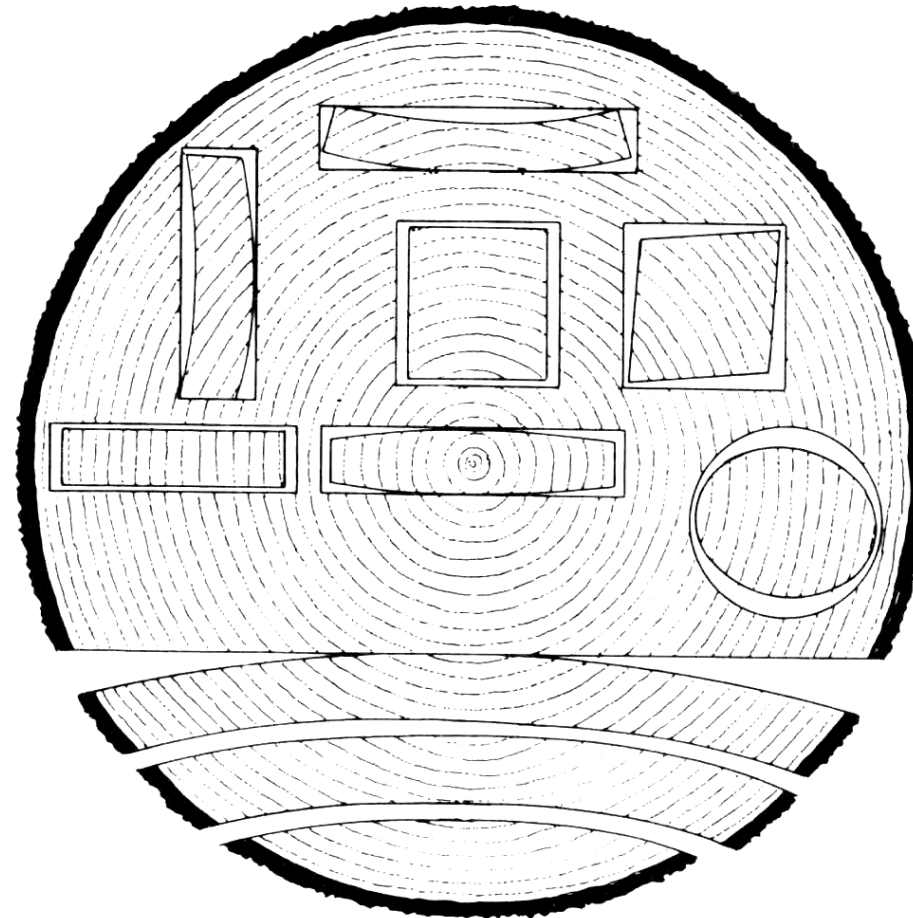


## KOROZJA BIOLOGICZNA



*Grzyby oraz żerowiska larw*

## ***RÓŻNICA W KURCZENIU SIĘ DREWNA – KIERUNEK STYCZNY I PROMIENIOWY***





## **ANIZOTROPIA DREWNA**

Drewno jest materiałem anizotropowym i niejednorodnym. Właściwości drewna są przykładem szczególnie wyraźnej anizotropii. Poniżej wyjaśniamy pojęcia związane z tym zagadnieniem:

### **anizotropowy**

Materiał jest anizotropowy, gdy jego właściwości zależą od kierunku (są wektorowe), to znaczy że materiał ma w jednym kierunku inne właściwości niż w innym, na przykład wytrzymałość. Typowymi przedstawicielami anizotropowych materiałów budowlanych są drewno i tworzywa sztuczne wzmacniane włóknami.

### **izotropowy**

Materiał jest izotropowy, jeśli jego właściwości są niezależne od kierunku, to znaczy, że są jednakowe we wszystkich kierunkach.

Typowym przedstawicielem izotropowego materiału budowlanego jest stal.<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> stal w procesie wytwarzania i przeróbki plastycznej uzyskuje wyraźne własności anizotropowe, które jednak w konstrukcjach budowlanych nie są uwzględniane (*przypis redakcji polskiej*).