

## **KONSTRUKCJE DREWNIANE III BD – WYKŁAD NR 2**

### **1. PODSTAWY PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI Z DREWNA**

#### **1.1. WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE DREWNA**

Drewno jest materiałem anizotropowym i higroskopijnym o niejednolitej i zmiennej budowie. Badanie właściwości mechanicznych drewna wymaga uwzględnienia wielu czynników, wśród których kierunek w stosunku do włókien i wilgotność drewna oraz liczebność i rozmieszczenie wad strukturalnych mają największe znaczenie.

**WARTOŚCI OBLICZENIOWE WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁOWYCH**

$$X_d = k_{mod} \frac{X_k}{\gamma_M}$$

**$X_d$  WARTOŚĆ OBLICZENIOWA WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁOWEJ**

**$X_k$  WARTOŚĆ CHARAKTERYSTYCZNA WŁAŚCIWOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWEJ**

**$\gamma_M$  CZĘŚCIOWY WSPÓŁCZYNNIK WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁU**

**$k_{mod}$  WSPÓŁCZYNNIK MODYFIKUJĄCY WYTRZYMAŁOŚĆ ZALEŻNY OD CZASU TRWANIA OBCIĄŻENIA I WILGOTNOŚCI – KLASY UŻYTKOWANIA KONSTRUKCJI PRZYJMOWANY DLA OBCIĄŻENIA O NAJKRÓTSZYM CZASIE DZIAŁANIA**

## KLASY TRWANIA OBCIĄŻENIA

(1)P Klasy trwania obciążenia charakteryzuje oddziaływanie obciążenia stałego w ciągu określonego czasu w okresie użytkowania konstrukcji. W przypadku oddziaływań zmiennych, odpowiednia klasa powinna być określona na podstawie oszacowania typowej zmienności obciążenia w czasie.

(2)P W obliczeniach dotyczących wytrzymałości i sztywności konstrukcji oddziaływania powinny być zaliczone do jednej z klas trwania obciążenia wymienionych w tabelicy 2.1.

**Tabela 2.1 – Klasy trwania obciążenia**

<b>Klasa trwania obciążenia</b>	<b>Rząd wielkości skumulowanego trwania obciążenia charakterystycznego</b>
Stale	ponad 10 lat
Długotrwałe	6 miesięcy – 10 lat
Średniotrwałe	1 tydzień – 6 miesięcy
Krótkotrwałe	Mniej niż 1 tydzień
Chwilowe	

UWAGA: Przykłady obciążeń zaliczonych do odpowiednich klas trwania obciążenia podano w tabelicy 2.2. Ze względu na różnice obciążeń klimatycznych (śnieg, wiatr) w poszczególnych krajach, informacje dotyczące czasu ich trwania mogą być wyszczególnione w Załączniku Krajowym.

**Tablica 2.2 – Przykłady zaliczania obciążeń do klas trwania obciążenia**

<b>Klasa trwania obciążenia</b>	<b>Rząd wielkości skumulowanego trwania obciążenia charakterystycznego</b>
Stałe	ciężar własny
Długotrwałe	obciążenie magazynu (składowanie)
Średniotrwałe	obciążenie użytkowe, śnieg
Krótkotrwałe	<del>śnieg</del> , wiatr
Chwilowe	<del>wiatr</del> , obciążenie awaryjne

## KLASY UŻYTKOWANIA (UŻYTKOWA) KONSTRUKCJI

- KLASA UŻYTKOWANIA PIERWSZA** – WILGOTNOŚĆ WZGLĘDNA  
OTACZAJĄCEGO POWIETRZA  
MNIEJSZA OD 65%
- KLASA UŻYTKOWANIA DRUGA** – WILGOTNOŚĆ WZGLĘDNA  
OTACZAJĄCEGO POWIETRZA  
MNIEJSZA OD 85%
- KLASA UŻYTKOWANIA TRZECIA** – WILGOTNOŚĆ DREWNA WYŻSZA NIŻ  
ODPOWIADAJĄCA KLASIE  
UŻYTKOWANIA 2.

**Tablica 2.3 – Zalecane wartości częściowych współczynników wartości materiału ( $\gamma_M$ )**

Stany graniczne nośności	$\gamma_M$
Kombinacje podstawowe	
Drewno lite	1,3
Drewno klejone warstwowo	1,25
LVL, sklejka, płyty OSB	1,2
Płyty wiórowe	1,3
Płyty pilśniowe twarde	1,3
Płyty pilśniowe półtwarde	1,3
Płyty pilśniowe miękkie	1,3
Złącza	1,3
Płytki kolczaste	1,25
Kombinacje wyjątkowe	1,0

Tablica 3.1 – Wartości współczynnika  $k_{mod}$

Materiał	Norma	Klasa użytkowa	Klasa czasu trwania obciążenia				
			Działanie stałe	Działanie długo-terminowe	Działanie o średniej długości	Działanie krótko-terminowe	Działanie chwilowe
Drewno lite	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,60	0,55	0,65	0,70	0,90
Drewno klejone warstwowo	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Deska LVL	EN 14374, EN14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Sklejka	EN 636 Część 1, Część 2, Część 3 Część 2, Część 3 Część 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Płyta OSB	EN 300 OSB/2 OSB/3, OSB/4 OSB/3, OSB/4	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Płyta wiórowa	EN 312 Część 4, Część 5 Część 5 Część 6, Część 7 Część 7	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Płyta pilśniowa, twarda	EN 622-2 HB.LA, HB.HLA 1 i 2 HB.HLA1 i 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Płyta pilśniowa, półtwarda	EN 622-3 MBH.LA1 i 2 MBH.HLS1 i 2 MBH.HLS1 i 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	-	-	-	0,45	0,80
Płyta pilśniowa, MDF	EN 622-5 MDF.LA, MDF.HLS MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	-	-	-	0,45	0,80

(4) Dla zamontowanego drewna o wilgotności równej punktowi nasycenia włókien lub w stanie zbliżonym do niego, a które może ulec wysuszeniu pod obciążeniem, wartości  $k_{def}$  podane w Tablicy 3.2, należy powiększyć o 1,0.

Tablica 3.1 – Wartości współczynnika  $k_{mod}$

Materiał	Norma	Klasa użytkowa	Klasa czasu trwania obciążenia				
			Działanie stałe	Działanie długo-terminowe	Działanie o średniej długości	Działanie krótko-terminowe	Działanie chwilowe
Drewno lite	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,60	0,55	0,65	0,70	0,90
Drewno klejone warstwowo	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90



Wytrzymałość obliczeniową drewna określa się wzorem

$$f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M} \quad (3.9)$$

w którym:

$f_k$  — wytrzymałość charakterystyczna, N/mm<sup>2</sup>,

$\gamma_M$  — częściowy współczynnik bezpieczeństwa związany z właściwościami materiału (tabl. 3.8),

$k_{mod}$  — częściowy współczynnik modyfikacyjny, uwzględniający wpływ na właściwości wytrzymałościowe czasu trwania obciążenia i zawartości wilgoci w konstrukcji; współczynnik ten zależy od klasy użytkowania konstrukcji i od klasy trwania obciążenia

Tablica 1 – Klasy wytrzymałości – Wartości charakterystyczne

		Topola i gatunki iglaste												Gatunki liściaste					
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Właściwości wytrzymałościowe (w N/mm <sup>2</sup> )																			
Zginanie	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70
Rozciąganie wzdłuż włókien	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42
Rozciąganie w poprzek włókien	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ściskanie wzdłuż włókien	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	23	25	26	29	32	34
Ściskanie w poprzek włókien	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Ścinanie	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Właściwości sprężyste (w kN/mm <sup>2</sup> )																			
Średni moduł sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20
5 % kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Średni moduł sprężystości w poprzek włókien	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Średni moduł odkształcenia postaciowego	$G_{mean}$	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Gęstość (w kg/m <sup>3</sup> )																			
Gęstość charakt.	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	560	590	650	700	900
Średnia gęstość	$\rho_{mean}$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1080
<p>UWAGA: a Podane wyżej wartości wytrzymałości na rozciąganie, ściskanie, ścinanie, 5 % kwantylu modułu sprężystości, średniego modułu sprężystości oraz średniego modułu odkształcenia postaciowego zostały obliczone z zastosowaniem wzorów podanych w załączniku A.</p> <p>b Właściwości zamieszczone w tablicy są określone dla wilgotności drewna odpowiadającej temperaturze 20 °C i wilgotności powietrza 65 %.</p> <p>c Zachodzi możliwość ograniczonej dostępności drewna klas C45 i C50.</p>																			

		Topola i gatunki iglaste											
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Właściwości wytrzymałościowe (w N/mm <sup>2</sup> )													
Zginanie	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Rozciąganie wzdłuż włókien	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
Rozciąganie w poprzek włókien	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ściskanie wzdłuż włókien	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
Ściskanie w poprzek włókien	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
Ścinanie	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8
Właściwości sprężyste (w kN/mm <sup>2</sup> )													
Średni moduł sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16
5 % kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7
Średni moduł sprężystości w poprzek włókien	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Średni moduł odkształcenia postaciowego	$G_{mean}$	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Gęstość (w kg/m <sup>3</sup> )													
Gęstość charakt.	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
Średnia gęstość	$\rho_{mean}$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550

Tabela 3.6. Klasy wytrzymałości – wartości charakterystyczne (wybrane dla krajowego drewna iglastego) drewna litego o wilgotności 12% wg PN-EN-338:2004 [59]

Rodzaje właściwości	Oznaczenie	Klasy drewna konstrukcyjnego litego o wilgotności 12%					
		C18	C22	C27	C30	C35	C40
Wytrzymałość, w N/mm <sup>2</sup> (MPa)							
Zginanie	$f_{m,k}$	18	22	27	30	35	40
Rozciąganie wzdłuż włókien	$f_{t,0,k}$	11	13	16	18	21	24
Rozciąganie w poprzek włókien	$f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Ściskanie wzdłuż włókien	$f_{c,0,k}$	18	20	22	23	25	26
Ściskanie w poprzek włókien	$f_{c,90,k}$	2,2	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9
Ścinanie	$f_{v,k}$	2,0	2,4	2,8	3,0	3,4	3,8
Sprężystość, w kN/mm <sup>2</sup> (GPa)							
Średni moduł sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,mean}$	9	10	11,5	12	13	14
5% kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,05}$	6,0	6,7	7,7	8,0	8,7	9,4
Średni moduł sprężystości w poprzek włókien	$E_{90,mean}$	0,30	0,33	0,38	0,40	0,43	0,47
Średni moduł odkształcenia postaciowego	$G_{mean}$	0,56	0,63	0,72	0,75	0,81	0,88
Gęstość, w kg/m <sup>3</sup>							
Wartość charakterystyczna	$\rho_k$	320	340	370	380	400	420
Wartość średnia	$\rho_{mean}$	380	410	450	460	480	500
Relacja klas sortowniczych wg PN-82/D-94021 w stosunku do klas wytrzymałościowych wg PN-EN-338:2004							
Drewno sosnowe i świerkowe dla grubości tarcicy, w mm	≥ 38	–	KG	MKG,KS	MKS, KW	MKW	–
	< 38	KG	MKG, KS	MKS, KW	MKW	–	–
Drewno jodłowe – dla grubości tarcicy, w mm	≥ 38	KG	MKG, KS	MKS, KW	MKW	–	–
	< 38	MKG, KS	MKS, KW	MKW	–	–	–
Drewno modrzewiowe – dla grubości tarcicy, w mm	≥ 38	–	–	KG	MKG, KS	MKS, KW	MKW
	< 38	–	KG	MKG, KS	MKS, KW	MKW	–



Oznaczenie	Klasy drewna konstrukcyjnego litego o wilgotności 12%					
	C18	C22	C27	C30	C35	C40
$f_{m,k}$	18	22	27	30	35	40
$f_{t,0,k}$	11	13	16	18	21	24
$f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
$f_{c,0,k}$	18	20	22	23	25	26
$f_{c,90,k}$	2,2	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9
$f_{v,k}$	2,0	2,4	2,8	3,0	3,4	3,8
$E_{0,mean}$	9	10	11,5	12	13	14
$E_{0,05}$	6,0	6,7	7,7	8,0	8,7	9,4
$E_{90,mean}$	0,30	0,33	0,38	0,40	0,43	0,47
$G_{mean}$	0,56	0,63	0,72	0,75	0,81	0,88
$\rho_k$	320	340	370	380	400	420
$\rho_{mean}$	380	410	450	460	480	500

### 3.2 Drewno lite

(1)P Elementy z drewna powinny spełniać wymagania normy EN 14081-1. Elementy z drewna o przekroju okrągłym powinny również spełniać wymagania normy EN 14544.

UWAGA: Klasy wytrzymałości drewna podano w normie EN 338.

(2) Powinien być uwzględniony wpływ wymiarów elementów na wytrzymałość.

(3)Dla drewna litego o przekroju prostokątnym i charakterystycznej wartości gęstości  $\rho_k \leq 700 \text{ kg/m}^3$ , wartość odniesienia dla wysokości zginania lub szerokości (największy wymiar przekroju) rozciągania wynosi 150 mm. Dla wysokości zginania lub szerokości rozciągania drewna litego o wartości mniejszej niż 150 mm, wartości charakterystyczne  $f_{m,k}$  i  $f_{t,0,k}$  powinny być powiększone o współczynnik  $k_h$  obliczony według wzoru:

$$k_h = \min \left\{ \left( \frac{150}{h} \right)^{0,2} \right. \\ \left. 1,3 \right. \quad (3.1)$$

gdzie  $h$  jest wysokością zginania elementu lub szerokością rozciągania elementu w mm.

## **1.2. STANY GRANICZNE KONSTRUKCJI Z DREWNA**

Do stanów granicznych nośności zalicza się:

- wyczerpanie nośności przekrojów lub fragmentów konstrukcji,
- utratę stateczności elementów ściskanych lub elementów usztywniających,
- utratę nośności połączeń.

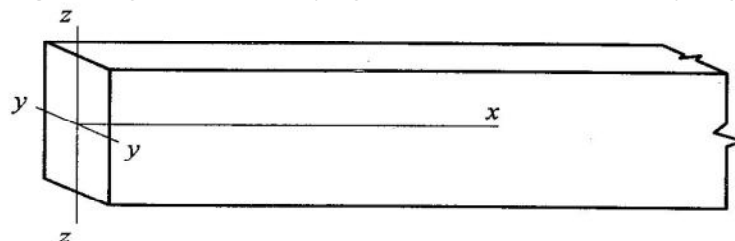
Obliczenie stanu granicznego użytkowalności w konstrukcjach drewnianych najczęściej sprowadza się do określenia ugięć (przemieszczeń). Obliczenia te polegają na sprawdzeniu, czy ugięcia konstrukcji pod obciążeniem charakterystycznym nie są większe od wartości uznanych za nieprzekraczalne ze względu na przeznaczenie budowli (np. walory estetyczne) oraz możliwości uszkodzeń bądź poprawnego funkcjonowania elementów lub urządzeń (np. bram) przylegających do konstrukcji.

Układy współrzędnych	
Sta	
1	
Obciążenia	
Rozciąganie	
2	<div> <p>rozciąganie wzdłużne (   do włókien)</p> </div> <div> <p>rozciąganie poprzeczne (⊥ do włókien)</p> </div>
Ściskanie <sup>3)</sup>	
3	<div> <p>ściskanie wzdłużne (   do włókien)</p> </div> <div> <p>ściskanie poprzeczne (⊥ do włókien) z występami    do włókien (nacisk na część powierzchni)</p> </div> <div> <p>ściskanie poprzeczne (   do włókien) bez występów    do włókien (nacisk na całą powierzchnię)</p> </div>
Zginanie	
4	<p>strefa ściskana jest „u góry” strefa rozciągana jest „na dole” siły ścinające patrz: wiersz 5</p>
Ścinanie przy zginaniu <sup>4)</sup>	
5	<div> <p>w belce zginanej siły ścinające usiłują przesunąć poszczególne płaszczyzny w kierunku wzdłużnym</p> </div> <div> <p>Przecinanie (przesuwanie)</p> <div> <p>wzdłuż (  ) do włókien</p> </div> <div> <p>w poprzek (⊥) do włókien</p> </div> <p>w jednej płaszczyźnie (śccinanie rozciągające lub ściskające)</p> </div>



## 6.1.6. ZGINANIE

Przy projektowaniu elementów zginanych muszą być spełnione następujące warunki:



Rys. 3.2. Kierunki osi elementu

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1, \quad (3.17a)$$

lub

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1, \quad (3.17b)$$

gdzie:

$k_m$

– współczynnik korekcyjny, dla przekroju prostokątnego  $k_m = 0,7$ , dla innych przekrojów  $k_m = 1,0$ ; należy skorzystać ze wzoru (3.17a) lub (3.17b), w którym współczynnik  $k_m$  powoduje zmniejszenie wartości mniejszego z ilorazów  $\sigma/f$ ,

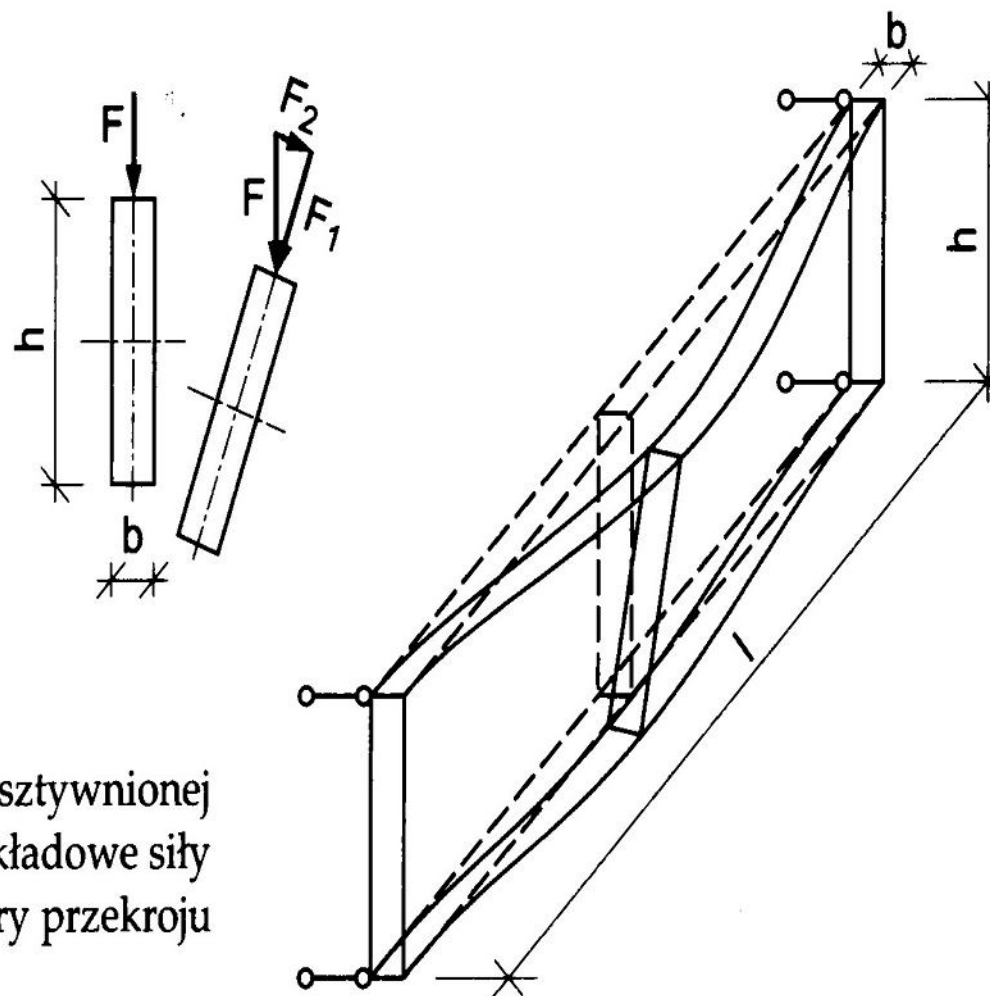
$\sigma_{m,z,d}, \sigma_{m,y,d}$

– naprężenia obliczeniowe od zginania wzdłuż osi z lub y,

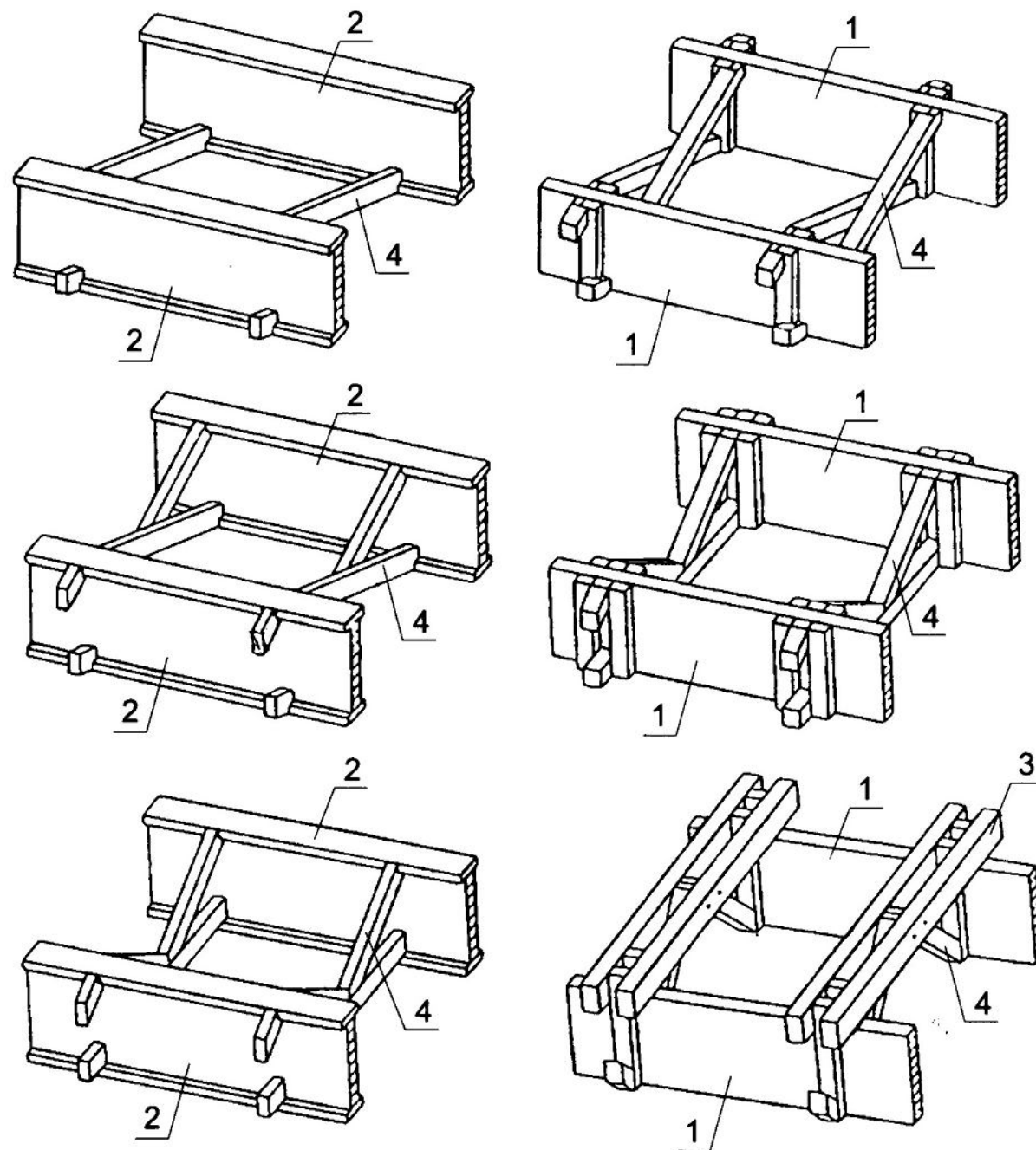
$f_{m,y,d}, f_{m,z,d}$

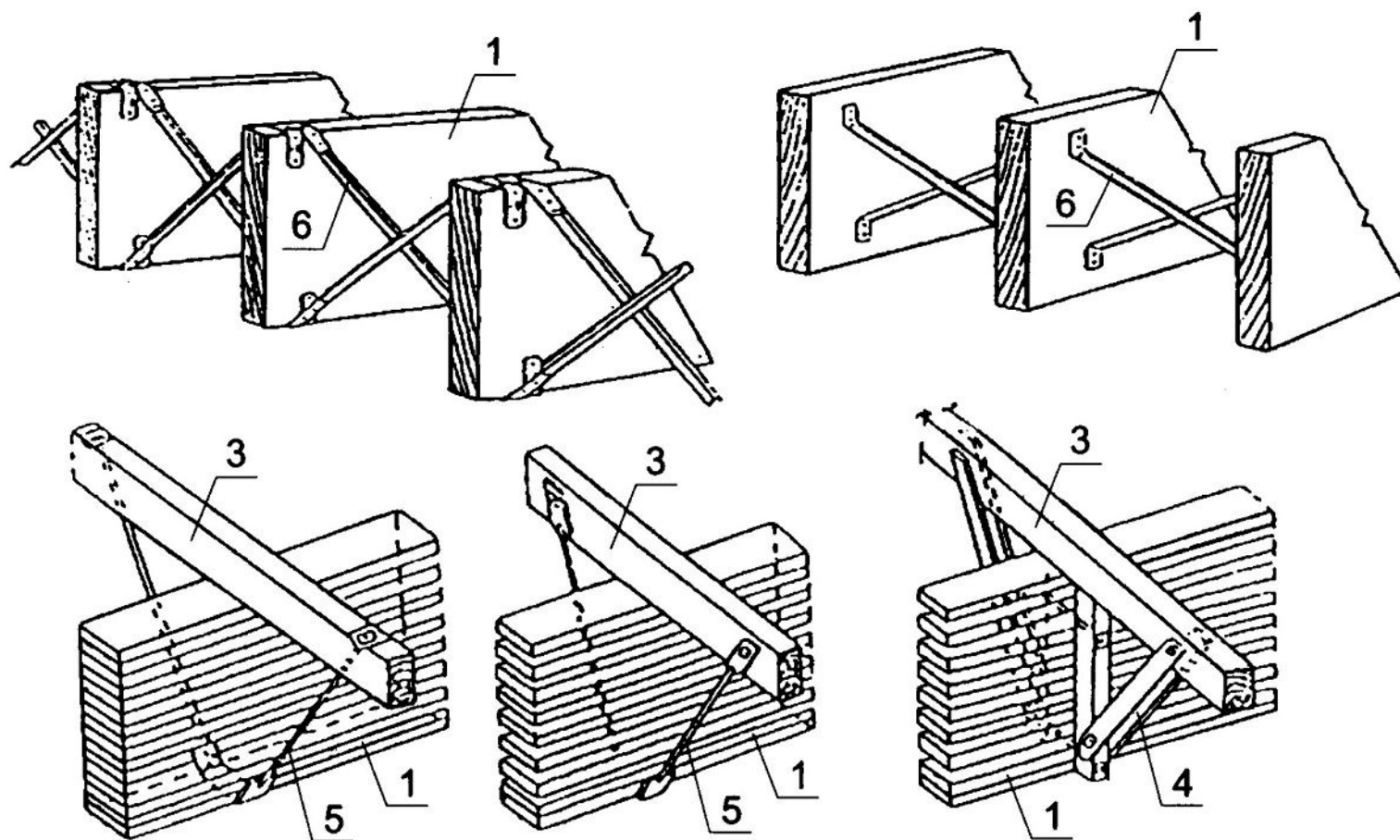
– wytrzymałość obliczeniowa na zginanie wzdłuż osi y lub z obliczona ze wzoru (3.8).

### 6.3. STATECZNOŚĆ ELEMENTÓW ZGINANYCH



**Rysunek 11.17.** Utrata stateczności belki usztywnionej na podporach:  $F$  – siła obciążająca,  $F_1, F_2$  – składowe siły  $F$  w chwili utraty stateczności,  $b, h$  – wymiary przekroju belki,  $l$  – rozpiętość belki





**Rysunek 11.18.** Zabezpieczenie belek przed utratą stateczności przy zginaniu wg [39]: 1 – belka drewniana o przekroju prostokątnym, 2 – belka drewniana o przekroju dwuteowym, 3 – płatew (belka stropowa), 4 – zastrzał drewniany, 5 – pręt stalowy, 6 – płaskownik

(1)P Stateczność przy zginaniu należy sprawdzić zarówno przy obciążeniu belki momentem  $M_y$  ( $y$  – oś przekroju, względem której sztywność belki ma największą wartość), jak i przy obciążeniu momentem  $M_y$  i siłą osiową  $N_c$ .

(2) Smukłość względną przy zginaniu należy określić ze wzoru:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} \quad (6.30)$$

gdzie:

$\sigma_{m,crit}$  jest naprężeniem krytycznym przy zginaniu, obliczonym zgodnie z klasyczną teorią stateczności, przy zastosowaniu 5 % kwantyli modułów sprężystości.

Naprężenie krytyczne przy zginaniu należy wyznaczyć ze wzoru:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{\ell_{ef} W_y} \quad (6.31)$$

gdzie:

$E_{0,05}$  jest 5 % kwantylem modułu sprężystości wzdłuż włókien,

$G_{0,05}$  jest 5 % kwantylem modułu odkształcenia postaciowego,

$I_z$  jest momentem bezwładności przekroju względem słabszej osi  $z$ ,

$I_{tor}$  jest momentem bezwładności przy skręcaniu,

$\ell_{ef}$  jest efektywną długością belki zależną od warunków podparcia i układu obciążenia, zgodnie z tablicą 6.1,

$W_y$  jest wskaźnikiem wytrzymałości względem osi  $y$ .

W przypadku elementów z drewna iglastego o przekroju prostokątnym,  $\sigma_{m,crit}$  należy obliczać ze wzoru:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78b^2}{h\ell_{ef}} E_{0,05} \quad (6.32)$$

gdzie:

$b$  jest szerokością belki,

$h$  jest wysokością belki,

**Tablica 6.1 – Długość efektywna określona w stosunku do długości rzeczywistej**

Rodzaj belki	Rodzaj obciążenia	$\ell_{ef} / \ell^{*)}$
Swobodnie podparta	Stały moment zginający	1,0
	Obciążenie równomiernie rozłożone	0,9
	Obciążenie skupione w środku rozpiętości	0,8
Wspornik	Obciążenie równomiernie rozłożone	0,5
	Siła skupiona na końcu wspornika	0,8
<p><sup>*)</sup> Wartości stosunku długości efektywnej <math>\ell_{ef}</math> do długości rzeczywistej <math>\ell</math> dotyczą belek podpartych w sposób ograniczający możliwość skręcania i obciążonych w osi środkowej belki. W przypadku obciążeń przyłożonych do górnej powierzchni belki, obliczoną wartość <math>\ell_{ef}</math> należy zwiększyć o <math>2h</math>, a w przypadku obciążeń przyłożonych do dolnej powierzchni belki – zmniejszyć o <math>0,5h</math>, gdzie <math>h</math> - wysokość belki.</p>		

(3) W przypadku, gdy belka jest obciążona wyłącznie momentem  $M_y$  ( $y$  – oś przekroju, względem której sztywność belki ma największą wartość), naprężenia powinny spełniać następujący warunek:

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d} \quad (6.33)$$

gdzie:

$\sigma_{m,d}$  jest obliczeniowym naprężeniem zginającym,

$f_{m,d}$  jest obliczeniową wytrzymałością na zginanie,

$k_{crit}$  jest współczynnikiem uwzględniającym redukcję wytrzymałości ze względu na zwichrowanie elementu.



(4) W przypadku belek, w których odchylenie od prostoliniowości zawiera się w granicach określonych w rozdziale 10,  $k_{crit}$  może być określony ze wzorów (6.34):

$$k_{crit,m} = \begin{cases} 1 & \text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{dla } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{dla } \lambda_{rel,m} > 1,4 \end{cases} \quad (6.34)$$

(5) Współczynnik  $k_{crit} = 1,0$  można przyjmować w przypadku belek, które w strefie ściskanej są zabezpieczone na całej swej długości przed przemieszczeniami bocznymi i na podporach przed obrotem wskutek skręcania.

$b$  jest szerokością belki,

$h$  jest wysokością belki,

## Stan graniczny użytkowalności

Obliczanie konstrukcji ze względu na stany graniczne użytkowalności polega na sprawdzeniu, czy przemieszczenia — spowodowane oddziaływaniami zewnętrznymi oraz zmianami wilgotności i temperatury — są zawarte w granicach ustalonych z uwagi na wymagania użytkowe.

(2) Ugięcie końcowe  $w_{net,fin}$  poniżej prostej łączącej punkty podparcia belki należy określać ze wzoru:

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} - w_c = w_{fin} - w_c \quad (7.2)$$

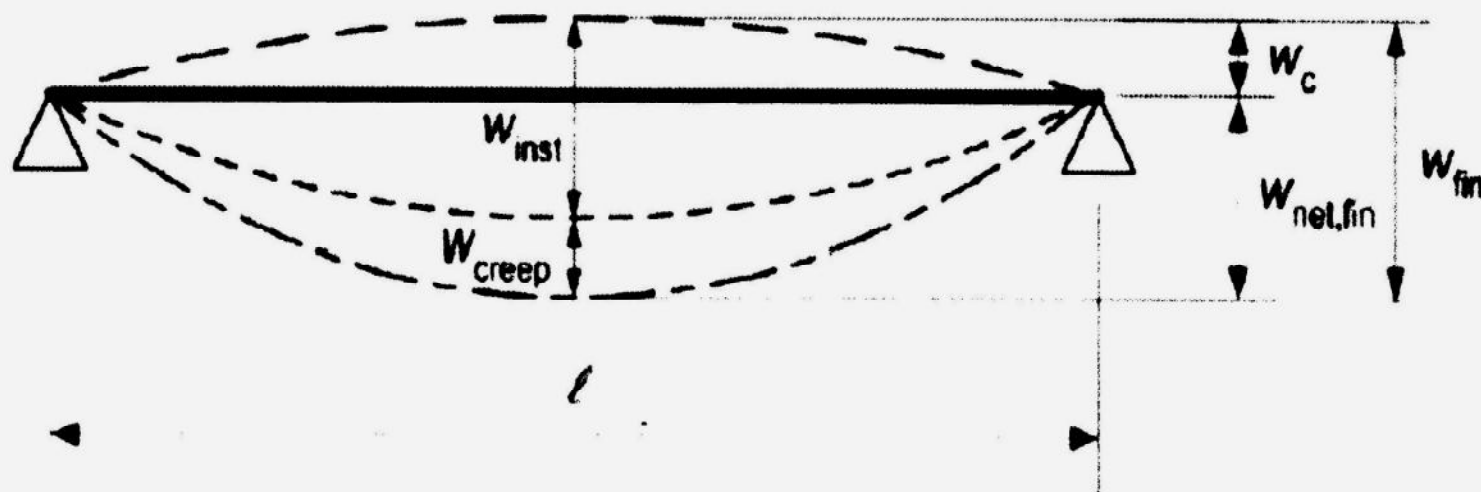
UWAGA: Zalecane zakresy granicznych ugięć belek o rozpiętości  $\ell$  są podane w tablicy 7.2, w zależności od akceptowanej wielkości odkształcenia. Informacje dotyczące krajowych wielkości ugięć granicznych mogą być zamieszczone w Załączniku Krajowym.

**Tablica 7.2 – Przykłady granicznych wartości ugięć belek**

	$w_{inst}$	$w_{net,fin}$	$w_{fin}$
Belka na dwóch podporach	$\ell / 300$ do $\ell / 500$	$\ell / 250$ do $\ell / 350$	$\ell / 150$ do $\ell / 300$
Wspornik	$\ell / 150$ do $\ell / 250$	$\ell / 125$ do $\ell / 175$	$\ell / 75$ do $\ell / 150$

(1) Składowe ugięcia wynikające z kombinacji oddziaływań (p. 2.2.3(5)), przedstawione na rysunku 7.1, definiuje się następująco:

- $w_c$  – strzałka odwrotna (jeżeli występuje),
- $w_{inst}$  – ugięcie chwilowe,
- $w_{creep}$  – ugięcie wywołane pełzaniem,
- $w_{fin}$  – ugięcie końcowe,
- $w_{net,fin}$  – końcowe ugięcie wynikowe.



Rysunek 7.1 - Składowe ugięcia

## UGIĘCIA GRANICZNE WEDŁUG ZAŁĄCZNIKA KRAJOWEGO

Rodzaj obciążeń	Wykonane z wygięciem wstępnym			Wykonane bez wygięcia wstępnego						
	dźwigary pełnościenne	dźwigary kratowe		dźwigary pełnościenne	dźwigary kratowe		elementy stropu		krokwie, płatwie i inne elementy wiązań dachowych	deskowania dachowe
		obliczenia			obliczenia		nie tynkowane	tynkowane		
		przybliżone	dokładne		przybliżone	dokładne				
Stałe i zmienne	$l_d/200$	$l_d/400$	$l_d/200$	$l_d/300$	$l_d/500$	$l_d/300$	$l_d/250$	$l_d/300$	$l_d/200$	$l_d/150$

W obiektach starych, remontowanych dopuszcza się wartości  $u_{net,fin}$  większe od podanych o 50%.

$l_d$  — rozpiętość przęsła belki w osiach podpór lub wysięg wspornika.

$$U_{fin} = U_{fin,G} + U_{fn,Q1} + \sum U_{fin,Qi} \quad (2.2)$$

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} (1 + k_{def}) \quad \text{w przypadku oddziaływania stałego, } G, \quad (2.3)$$

$$u_{fin,Q,1} = u_{inst,Q,1} (1 + \psi_{2,1} k_{def}) \quad \text{w przypadku oddziaływania zmiennego, } Q_1, \quad (2.4)$$

$$u_{fin,Q,i} = u_{inst,Q,i} (\psi_{0,i} + \psi_{2,1} k_{def}) \quad \text{w przypadku oddziaływań zmiennych, } Q_i (i > 1), \quad (2.5)$$

$u_{inst,G}, u_{inst,Q,1}, u_{inst,Q,i}$  – chwilowe odkształcenia, odpowiednio dla oddziaływań  $G, Q_1$  i  $Q_i$ ,

$\psi_{2,1}, \psi_{2,i}$  – współczynniki dla quasi-stałych wartości oddziaływań zmiennych,

$\psi_{0,i}$  – współczynniki dla wartości kombinacji oddziaływań zmiennych,

$k_{def}$  – współczynnik podany w Tabelicy 3.2 dla drewna i materiałów drewnopochodnych, oraz w 2.3.2.2(3) i 2.3.2.2(4) dla złączy.

EN 1990:2002

Tablica A 1.1 – Zalecane wartości współczynników  $\psi$  dla budynków

Oddziaływania	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Obciążenie zmienne w budynkach, kategoria (patrz EN 1991-1-1)			
Kategoria A: powierzchnie mieszkalne	0,7	0,5	0,3
Kategoria B: powierzchnie biurowe	0,7	0,5	0,3
Kategoria C: miejsca zebrania	0,7	0,7	0,6
Kategoria D: powierzchnie handlowe	0,7	0,7	0,6
Kategoria E: powierzchnie magazynowe	1,0	0,9	0,8
Kategoria F: powierzchnie ruchu pojazdów pojazdy $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Kategoria G: powierzchnie ruchu pojazdów 30 kN < ciężar pojazdu $\leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
Kategoria H: dachy	0	0	0,0
Obciążenie budynków śniegiem (patrz EN 1991-1-3) <sup>*)</sup>			
Finlandia, Islandia, Norwegia, Szwecja	0,70	0,50	0,20
Pozostałe kraje CEN, miejscowości położone na wysokości H > 1000 m ponad poziom morza	0,70	0,50	0,20
Pozostałe kraje CEN, miejscowości położone na wysokości H $\leq$ 1000 m ponad poziom morza	0,50	0,20	0,00
Obciążenie wiatrem (patrz EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Temperatura (nie pożarowa) w budynku (patrz EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
UWAGA: Wartości $\psi$ mogą być określone w załączniku krajowym <sup>*)</sup> Dotyczy krajów nie wymienionych poniżej – patrz miarodajne warunki miejscowe.			

Tablica 3.2 – Wartości współczynnika  $k_{def}$  dla drewna i materiałów drewnopochodnych

Materiał	Norma	Klasa użytkowania		
		1	2	3
Drewno lite	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Drewno klejone warstwowo	EN 14080	0,60	0,80	2,00
Deska LVL	EN 14374, EN 14279	0,60	0,80	2,00
Sklejka	EN 636			
	Część 1	0,80	-	-
	Część 2	0,80	1,00	-
	Część 3	0,80	1,00	250
Płyta OSB	EN 300			
	OSB/2	2,25	-	-
	OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	-
Płyta wiórowa	EN 312			
	Część 4	2,25	-	-
	Część 5	2,25	3,00	-
	Część 6	1,50	-	-
	Część 7	1,50	2,25	-
Płyta pilśniowa, twarda	EN 622-2			
	HB.LA HB.HLA1, HB.HLA2	2,25 2,25	- 3,00	- -
Płyta pilśniowa, półtwarda	EN 622-3			
	MBH.LA1, MBH.LA2 MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00 3,00	- 4,00	- -
Płyta pilśniowa, MDF	EN 662-5			
	MDF.LA MDF.HLS	2,25 2,25	- 3,00	- -

**Tablica 3.2 – Wartości współczynnika  $k_{def}$  dla drewna i materiałów drewnopochodnych**

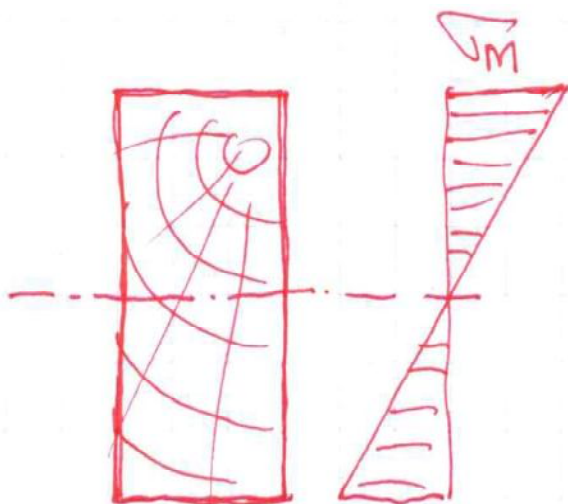
Materiał	Norma	Klasa użytkowania		
		1	2	3
Drewno lite	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Drewno klejone warstwowo	EN 14080	0,60	0,80	2,00



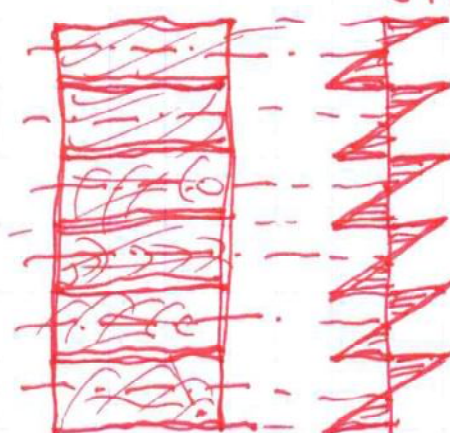
## ZADANIA PODSTAWOWE - WYBRANE

1A/ ROZKŁAD NAPIĘZEŃ OD ZGINANIA

PRZĘCIEJ POKOŚCENNY

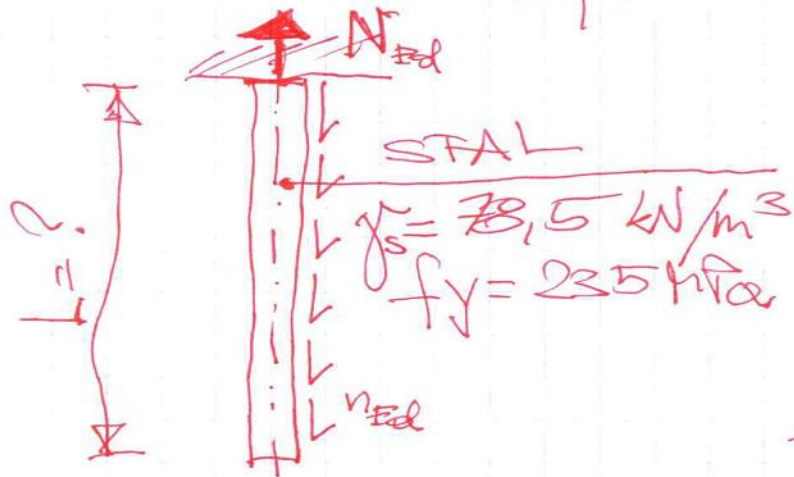


PRZĘCIEJ ZKŁÓŻONY  
(BEZ WSPÓŁPRACY FIBERÓW)



2A/ określić długość przęsa który niegnie  
zrywaniu  $R_0$  wpływem ciężaru własnego

SCHEMAT PRĘSA



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

WARTOŚĆ NOŚNOŚCI

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

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

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

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

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

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