

ODDZIAŁYWANIA I WSPÓŁCZYNNIKI CZĘŚCIOWE

Oddziaływania (obciążenia) dzieli się według EN 1990 ze względu na ich zmienność w czasie na:

- **stałe (G)** – w tym ciężar własny, a także oddziaływania pośrednie (np. nierównomierne osiadanie, skurcz),
- **zmienne (Q)** – użytkowe, śnieg, wiatr,
- **wyjatkowe (A)** – wybuchy, uderzenia, trzęsienia ziemi itp.

Ponadto należy różnicować oddziaływania, gdy są:

- bezpośrednie lub pośrednie,
- umiejscowione lub nieumiejscowione,
- statyczne lub dynamiczne.

Wartości obliczeniowe i współczynniki częściowe

Ustalanie wartości obliczeniowych dla potrzeb analizy realizuje się metodą współczynników częściowych. Poniżej zestawiono podstawowe rodzaje współczynników dotyczących:

- oddziaływania:

$$F_d = \gamma_f F_{rep} = \gamma_f \psi F_k,$$

gdzie:

F_d – wartość obliczeniowa

F_{rep} – wartość reprezentatywna,

F_k – wartość charakterystyczna,

γ_f – współczynnik niepewności reprezentatywnych wartości oddziaływań,

ψ – współczynniki kombinacyjne obciążeń zmiennych:

ψ równa się 1, albo jest mniejsze od 1 i równe:

- ψ_0 dla wartości kombinacyjnej,

- ψ_1 dla wartości częstej,

- ψ_2 dla wartości prawie stałej oddziaływania zmiennego,

STANY GRANICZNE NOŚNOŚCI

W każdym krytycznym przypadku należy wyznaczyć wartości obliczeniowe E_d efektów oddziaływań. Należy także ustalić **kombinacje** oddziaływań, które mogą występować jednocześnie, w sytuacjach obliczeniowych:

- **trwałych lub przejściowych** (kombinacje podstawowe),
- **wyjątkowych**,
- **sejsmicznych**.

Zgodnie z normą EN 1990, kombinacje podstawowe oddziaływań obliczeniowych można przyjąć w formie wyrażenia:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

albo, dla stanów granicznych STR i GEO, w formie mniej korzystnego z dwóch poniższych wyrażen (zalecone przez Załącznik krajowy do EN 1990):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (a)$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (b)$$

Najważniejsze wartości współczynników podano w tabelicy:

oddziaływanie	ψ_0	ψ_1	ψ_2
obciążenia zmienne w budynkach, kategoria:			
A: powierzchnie mieszkalne	0,7	0,5	0,3
B: powierzchnie biurowe	0,7	0,5	0,3
C: miejsca zebrań	0,7	0,7	0,6
D: powierzchnie handlowe	0,7	0,7	0,6
E: powierzchnie magazynowe	1,0	0,9	0,8
F: powierzchnie ruchu pojazdów < 30kN,	0,7	0,7	0,6
G: powierzchnie ruchu pojazdów > 30kN,	0,7	0,5	0,3
H: dachy	0	0	0
obciążenie śniegiem:			
miejsowości położone na wys. > 1000 m npm	0,7	0,5	0,2
miejsowości położone na wys. < 1000 m npm	0,5	0,2	0
obciążenie wiatrem	0,6	0,2	0

Zalecane kombinacje obciążeń w SGN:

Trwałe i przejściowe sytuacje obliczeniowe	Obciążenia stałe		Wiodące oddziały- wanie zmienne	Towarzyszące oddziaływania zmienne	
	niekorzystne	korzystne		główne (jeśli takie występują)	pozostałe
wzór a	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
wzór b	$\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

wartości współczynników:

$$\gamma_{Gj,sup} = 1,35$$

$$\gamma_{Gj,inf} = 1,0$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,5 \text{ jeżeli niekorzystne (0 jeżeli korzystne)}$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,5 \text{ jeżeli niekorzystne (0 jeżeli korzystne)}$$

$$\xi = 0,85$$

EN 1991-1-1:2002

Tablica 6.1 – Kategorie użytkowania

Kategoria	Specyficzne zastosowanie	Przykład
A	Powierzchnie mieszkalne	Pokoje w budynkach mieszkalnych i w domach, pokoje i sale w szpitalach, sypialnie w hotelach i na stacjach, kuchnie i toalety
B	Powierzchnie biurowe	
C	Powierzchnie, na których mogą gromadzić się ludzie (z wyłączeniem powierzchni określonych wg kategorii A, B i D ¹⁾	<p>C1: Powierzchnie ze stolami itd., np. powierzchnie w szkołach, kawiarniach, restauracjach, stołówkach, czytelnich, recepcjach.</p> <p>C2: Powierzchnie z zamocowanymi siedzeniami, np. w kościołach, teatrach, kinach, salach konferencyjnych, salach wykładowych, salach zebrań, poczekalniach, poczekalniach dworcowych.</p> <p>C3: Powierzchnie bez przeszkód utrudniających poruszanie się ludzi, np. powierzchnie w muzeach, salach wystaw itd., oraz powierzchnie ogólnie dostępne w budynkach publicznych i administracyjnych, hotelach, szpitalach, podjazdach kolejowych.</p> <p>C4: Powierzchnie, na których jest możliwa aktywność fizyczna np. sale tańców, sale gimnastyczne, sceny.</p> <p>C5: Powierzchnie ogólnie dostępne dla tłumu, np. w budynkach użyteczności publicznej takich jak sale koncertowe, sale sportowe łącznie z trybunami, tarasy oraz powierzchnie dojeżdż i perony kolejowe.</p>
D	Powierzchnie handlowe	<p>D1: Powierzchnie w sklepach sprzedaży detalicznej.</p> <p>D2: Powierzchnie w domach towarowych.</p>
<p>¹⁾ Zwraca się uwagę na punkt 6.3.1.1(2), w szczególności w odniesieniu do C4 i C5. Jeśli wymagają uwzględnienia efekty dynamiczne, patrz EN 1990. W przypadku kategorii E, patrz tablica 6.3.</p> <p>UWAGA 1 W zależności od przewidywanego zastosowania, powierzchnie kategorii C2, C3, C4 mogą być zaliczone do kategorii C5 na podstawie decyzji zlecienniodawcy i/lub na podstawie załącznika krajowego.</p> <p>UWAGA 2 Załącznik krajowy może ustalać podkategorie A, B, C1 do C5, D1 i D2</p> <p>UWAGA 3 W odniesieniu do powierzchni składowania i działalności przemysłowej, patrz 6.3.2</p>		

6.3.1.2 Wartości oddziaływań

(1)P Kategorie obciążonych powierzchni wyszczególnione w tablicy 6.1 należy wyznaczać przy założeniu charakterystycznych wartości równomiernie rozłożonych obciążeń q_k i skupionych Q_k .

Tablica 6.2 – Obciążenia użytkowe stropów, balkonów i schodów w budynkach

Kategorie obciążonych powierzchni	q_k [kN/m ²]	Q_k [KN]
Kategoria A		
– Stropy	od <u>1,5</u> do <u>2,0</u>	od <u>2,0</u> do 3,0
– Schody	od <u>2,0</u> do 4,0	od <u>2,0</u> do 4,0
– Balkony	od <u>2,5</u> do 4,0	od <u>2,0</u> do 3,0
Kategoria B	od 2,0 do <u>3,0</u>	od 1,5 do <u>4,5</u>
Kategoria C		
– C1	od 2,0 do <u>3,0</u>	od 3,0 do <u>4,0</u>
– C2	od 3,0 do <u>4,0</u>	od 2,5 do 7,0 (<u>4,0</u>)
– C3	od 3,0 do <u>5,0</u>	od <u>4,0</u> do 7,0
– C4	od 4,5 do <u>5,0</u>	od 3,5 do <u>7,0</u>
– C5	od <u>5,0</u> do 7,5	od 3,5 do <u>4,5</u>
Kategoria D		
– D1	od <u>4,0</u> do 5,0	od 3,5 do 7,0 (<u>4,0</u>)
– D2	od 4,0 do <u>5,0</u>	od 3,5 do <u>7,0</u>

(2) Jeśli jest to konieczne, zaleca się zwiększenie w obliczeniach wartości q_k i Q_k (np. dla schodów i balkonów, w zależności od sposobu użytkowania i wymiarów).

(3) W sprawdzeniach lokalnych zaleca się uwzględnianie obciążenia skupionego Q_k .

(4) Zaleca się, aby obciążenie skupione Q_k od regałów lub urządzeń do podnoszenia, było określane dla przypadków indywidualnych, patrz 6.3.2.

(5)P Obciążenie skupione należy uważać za działające w dowolnym punkcie stropu, balkonu lub schodów na powierzchni o kształcie odpowiednim do użytkowania i rodzaju stropu.

UWAGA Kształt zwykle przyjmuje się jako kwadrat o boku 50 mm. Patrz także 6.3.4.2(4).

(6)P Obciążenia pionowe stropów, spowodowane ruchem podnośników widłowych, powinny być uwzględniane zgodnie z 6.3.2.3.

(7)P Jeśli stropy poddane są różnym kategoriom obciążenia, w obliczeniach należy uwzględnić najbardziej niekorzystną kategorię obciążenia, powodującego w rozpatrywanych elementach największe efekty oddziaływań (np. siły wewnętrzne lub ugięcia).

(8) Jeśli konstrukcja stropu pozwala na poprzeczny rozdział obciążeń, zaleca się, aby ciężar własny przestawnych ścian działowych, który może być uwzględniany jako obciążenie równomiernie rozłożone q_k , był dodawany do obciążeń użytkowych ustalonych według tablicy 6.2. Tak określona wartość obciążenia równomiernie rozłożonego zależy od ciężaru własnego ścian działowych i wynosi:

- w przypadku przenośnych ścian działowych o ciężarze własnym $\leq 1,0$ kN/m długości ściany: $q_k = 0,50$ kN/m²;
- w przypadku przenośnych ścian działowych o ciężarze własnym $\leq 2,0$ kN/m długości ściany: $q_k = 0,80$ kN/m²;
- w przypadku przenośnych ścian działowych o ciężarze własnym $\leq 3,0$ kN/m długości ściany: $q_k = 1,20$ kN/m².

(9) Zaleca się, aby cięższe ściany działowe były projektowane z uwzględnieniem:

- położenia i kierunku usytuowania;
- rodzaju konstrukcji stropu.

6.3.2 Powierzchnie składowania i działalności przemysłowej

6.3.2.1 Kategorie

(1)P Powierzchnie składowania i działalności przemysłowej należy dzielić na dwie kategorie, zgodnie z tabelą 6.3.

Tablica 6.3 – Kategorie składowania i użytkowania przemysłowego

Kategoria	Rodzaj użytkowania	Przykład
E1	Powierzchnie, na których mogą być gromadzone towary, łącznie z powierzchniami dostępu	Powierzchnie składowania, z włączeniem składowania książek i innych dokumentów
E2	Użytkowanie przemysłowe	

6.3.2.2 Wartości oddziaływań

(1)P Obciążone powierzchnie zaliczone do kategorii określonych według tablicy 6.3 powinny być obliczane przy stosowaniu charakterystycznych wartości q_k (obciążenie równomiernie rozłożone) oraz Q_k (obciążenie skupione).

UWAGA Zalecane wartości q_k i Q_k podano poniżej w tablicy 6.4. Jeśli jest to konieczne, wartości te mogą się zmieniać, odpowiednio do zastosowania w szczególnych projektach (patrz tablica 6.3 i załącznik A) lub w załączniku krajowym. Wartość q_k jest przeznaczona do określenia efektów ogólnych, a Q_k do określenia efektów lokalnych. Różne warunki zastosowania mogą być określone w załączniku krajowym.

Tablica 6.4 – Obciążenia stropów od składowania

Kategorie powierzchni	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategoria E1	7,5	7,0

6.3.3 Garaże i powierzchnie ruchu pojazdów (z wyłączeniem mostów)

6.3.3.1 Kategorie

(1)P Powierzchnie ruchu i parkowania w budynkach dzieli, się odpowiednio do ich dostępności dla pojazdów, na dwie kategorie podane w tablicy 6.7

Tablica 6.7 – Powierzchnie ruchu i parkowania w budynkach

Kategorie powierzchni ruchu	Sposób użytkowania	Przykłady
F	Powierzchnie ruchu i parkowania dla pojazdów lekkich (≤ 30 kN ciężaru brutto, z liczbą miejsc ≤ 8 poza kierowcą)	garaże; powierzchnie ruchu i parkowania w budynkach
G	Powierzchnie ruchu i parkowania dla pojazdów średnich (≥ 30 kN, ≤ 160 kN całkowitego ciężaru pojazdu na dwóch osiach)	drogi dostępu; strefy dostaw, strefy dostępne dla wozów straży pożarnej (≤ 160 kN całkowitego ciężaru pojazdu)
<p>UWAGA 1 Zaleca się ograniczanie dostępu do powierzchni zaliczonych do kategorii F za pomocą ograniczników wbudowanych w konstrukcję.</p> <p>UWAGA 2 Zaleca się oznakowanie powierzchni zaliczonych do kategorii F i G odpowiednimi znakami ostrzegawczymi.</p>		

Tablica 6.8 – Obciążenia użytkowe garaży i powierzchni ruchu pojazdów

Kategorie powierzchni ruchu	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategoria F Ciężar całkowity pojazdu ≤ 30 kN	q_k	Q_k
Kategoria G 30 kN < ciężar całkowity pojazdu ≤ 160 kN	5,0	Q_k
<p>UWAGA 1 Dla kategorii F, q_k może być wybrane z zakresu wartości od 1,5 do <u>2,5</u> [kN/m²], a Q_k z zakresu od 10 do <u>20</u> kN.</p> <p>UWAGA 2. Dla kategorii G, Q_k może być wybrane z zakresu 40 do <u>90</u> kN.</p> <p>UWAGA 3. Wartości podane w uwagach 1 i 2 mogą być określone w załączniku krajowym.</p> <p>Wartości zalecane są podkreślone.</p>		

(2) Zaleca się przyłożenie obciążenia osi na dwóch powierzchniach kwadratowych o bokach 100 mm w przypadku kategorii F i 200 mm w przypadku kategorii G, przy możliwym usytuowaniu wywołującym najbardziej niekorzystne efekty oddziaływań.

TABLICE WINKLERA DO OBLICZEŃ STATYCZNYCH BELEK CIĄGLYCH

BELKI CIĄGLE WIELOPRZĘSŁOWE - WSPÓŁCZYNNIKI DLA M, Q

Wartości momentów przęsłowych i podporowych oraz sił poprzecznych dla belek ciągłych o jednakowych rozpiętościach przęseł, przy obciążeniu równomiernie rozłożonym i przy jednakowych obciążeniach skupionych symetrycznie rozmieszczonych.

Przy obciążeniu równomiernie rozłożonym:

$$M = agl^2 + a_1pl^2,$$

$$Q = a_2gl + a_3pl,$$

przy obciążeniu skupionym:

$$M = aG + a_1P,$$

$$Q = a_2G + a_3P,$$

gdzie:

g – obciążenie stałe równomiernie rozłożone na jednostkę długości,

p – obciążenie użytkowe równomiernie rozłożone na jednostkę długości,

G – obciążenie skupione stałe,

P – obciążenie skupione użytkowe.

UWAGA. Siły poprzeczne z lewej i prawej strony podpór pośrednich są oznaczone wskaźnikami l i p.

Wartości współczynników: a, a_1, a_2, a_3 .

DWA PRZĘSŁA

Lp.	Schematy obciążeń	Momenty przęsłowe		Momenty podporowe	Siły poprzeczne				
		M_1	M_2	M_B	Q_A	Q_{B_l}	Q_{B_p}	Q_B	Q_C
1		0,070	0,070	-0,125	0,375	-0,625	0,625	1,250	0,375
2		0,096	-0,025	-0,063	0,437	-0,563	0,063	0,625	-0,063
3		0,156	0,156	-0,188	0,312	-0,688	0,688	1,376	0,312
4		0,203	-0,047	-0,094	0,406	-0,594	0,094	0,688	-0,094

TRZY PRZEŚŁA

Lp.	Schematy obciążeń	Momenty przęsłowe		Momenty podporowe		Siły poprzeczne					
		M_1	M_2	M_B	M_C	Q_A	Q_{B_l}	Q_{B_p}	Q_{C_l}	Q_{C_p}	Q_D
1		0,080	0,025	-0,100	-0,100	0,400	-0,600	0,500	-0,500	0,600	-0,400
2		0,101	-0,050	-0,050	-0,050	0,450	-0,550	0,000	0,000	0,550	0,450
3		-0,025	0,075	-0,050	-0,050	-0,050	-0,050	0,500	-0,500	0,050	0,050
4		-	-	-0,117	-0,033	0,383	-0,617	0,583	-0,417	0,033	0,033
5		-	-	-0,067	0,017	0,433	-0,567	0,083	0,083	-0,017	-0,017
6		0,175	0,100	-0,150	0,150	0,350	-0,650	0,500	-0,500	0,650	0,350
7		0,213	-0,075	-0,075	-0,075	0,425	-0,575	0,000	0,000	0,575	-0,425
8		-0,038	0,175	-0,075	-0,075	-0,075	-0,075	0,500	-0,500	0,075	0,075
9		-	-	-0,175	-0,050	0,325	-0,675	0,625	-0,375	0,050	0,050
10		-	-	-0,100	0,025	0,400	-0,600	0,125	0,125	-0,025	-0,025

CZTERY PRZĘSŁA

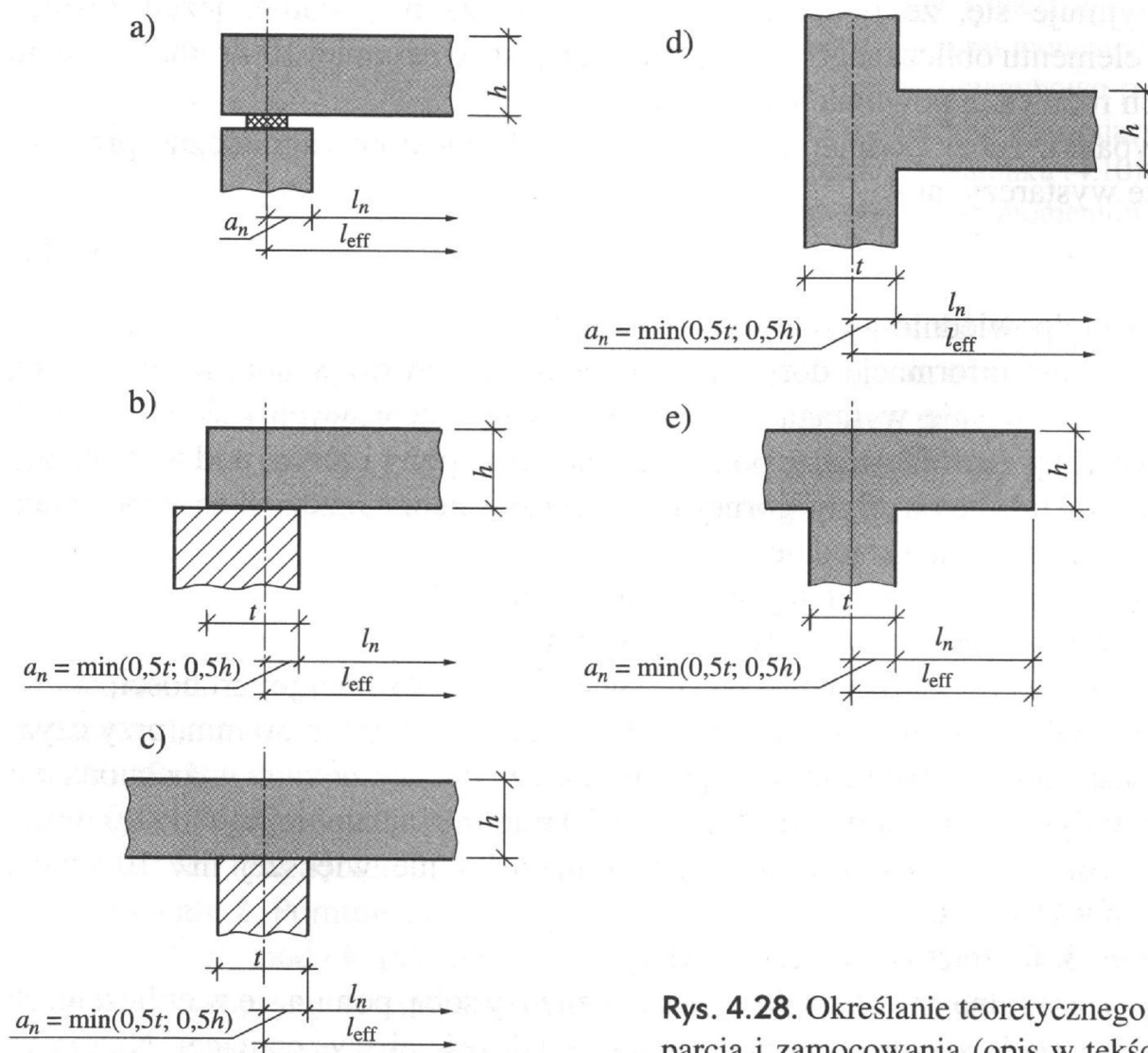
Lp.	Schematy obciążeń	Momenty przęsłowe				Momenty podporowe			Siły poprzeczne							
		M_1	M_2	M_3	M_4	M_B	M_C	M_D	Q_A	Q_{B_l}	Q_{B_p}	Q_{C_l}	Q_{C_p}	Q_{D_l}	Q_{D_p}	Q_E
1		0,077	0,036	0,036	0,077	-0,107	-0,071	-0,107	0,393	-0,607	0,536	0,464	0,464	-0,536	0,607	-0,393
2		0,100	-0,045	0,081	-0,023	-0,054	-0,036	-0,054	0,446	-0,554	0,018	0,018	0,482	-0,518	0,054	0,054
3		-	-	-	-	-0,121	-0,018	-0,058	0,380	-0,620	0,603	-0,397	-0,040	-0,040	0,558	-0,442
4		-	-	-	-	-0,036	-0,107	-0,036	-0,036	-0,036	0,429	-0,571	0,571	-0,429	0,039	0,036
5		-	-	-	-	-0,067	0,018	-0,004	0,433	-0,567	0,085	0,085	-0,022	-0,022	-0,004	0,004
6		-	-	-	-	-0,049	-0,054	0,013	-0,049	-0,049	0,496	-0,504	0,067	0,067	-0,013	-0,013
7		0,169	0,116	0,116	0,169	-0,161	-0,107	-0,161	0,339	-0,661	0,553	-0,446	0,446	-0,553	0,661	-0,339
8		0,210	-0,067	0,183	-0,040	-0,080	-0,054	-0,080	0,420	-0,580	0,027	0,027	0,473	-0,527	-0,080	0,080
9		-	-	-	-	-0,181	-0,027	-0,087	0,319	-0,681	0,654	-0,346	-0,060	-0,060	-0,587	-0,413
10		-	-	-	-	-0,054	-0,161	-0,054	-0,054	-0,054	0,393	-0,607	0,607	-0,393	0,054	0,054
11		-	-	-	-	-0,100	0,027	-0,007	0,400	-0,600	0,127	-0,127	-0,033	-0,033	0,007	0,007
12		-	-	-	-	-0,074	-0,080	0,020	-0,074	-0,074	0,493	-0,507	0,100	0,100	-0,020	-0,020

Rozpiętość obliczeniowa l_{eff} , zwana także rozpiętością teoretyczną, jest określana w zależności od schematu statycznego i sposobu podparcia elementów. Jeżeli punkty podparcia elementu są określone warunkami konstrukcyjnymi, na przykład przez łożyska, to rozpiętość obliczeniowa jest odległością między tymi punktami (rys. 4.28a). W innych przypadkach teoretyczne punkty podparcia określa się w sposób przybliżony.

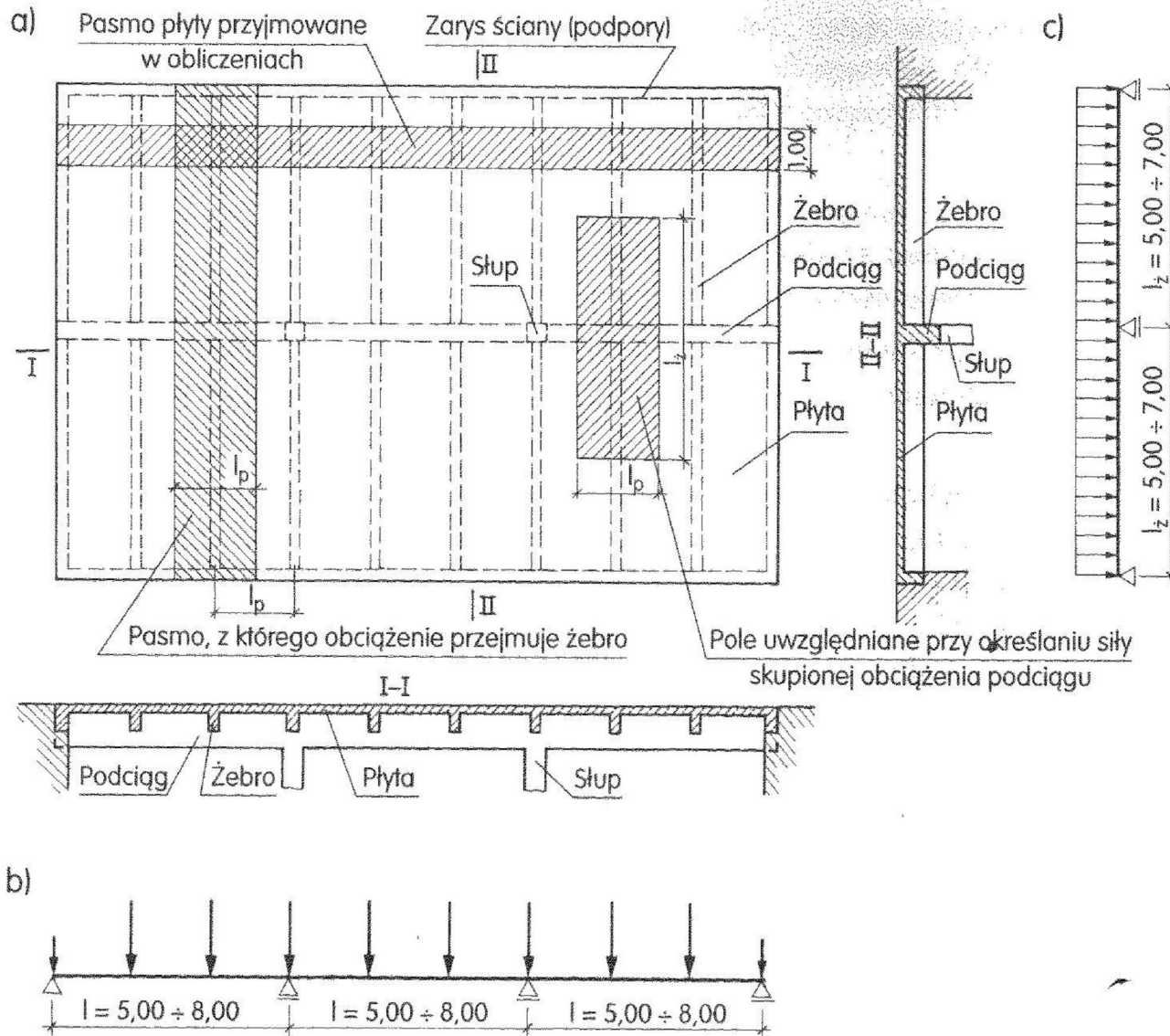
Efektywną rozpiętość obliczeniową przęsła l_{eff} określa się jako

$$l_{\text{eff}} = l_n + a_1 + a_2, \quad (4.14)$$

w którym l_n – rozpiętość w świetle podpór, a_1 i a_2 – wartości a_n określone dla sąsiednich podpór zgodnie z rysunkiem 4.28.



Rys. 4.28. Określanie teoretycznego punktu podparcia i zamocowania (opis w tekście)



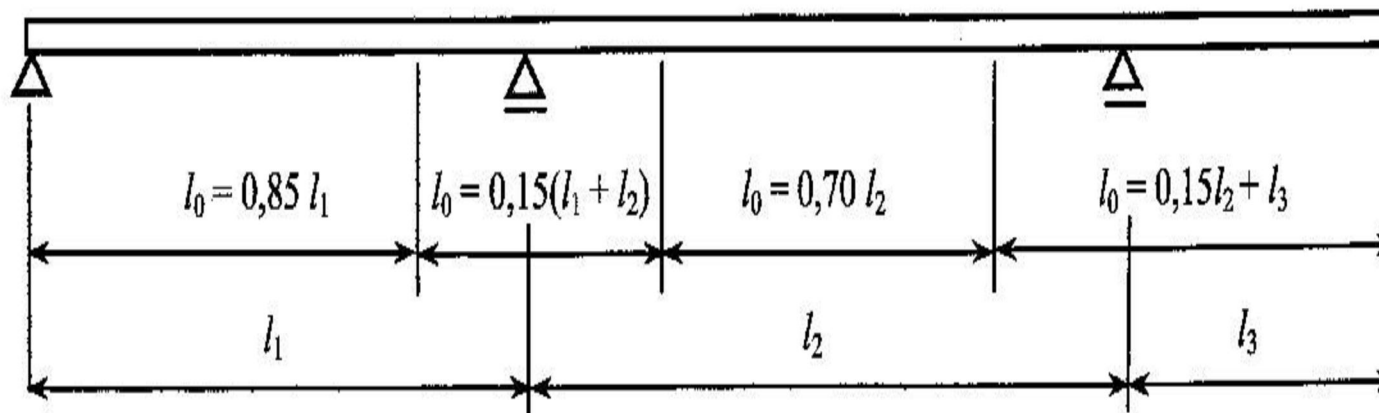
2.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ CHARAKTERYSTYCZNYCH NA ŻEBRO

Rodzaj obciążenia	Wartość charakterystyczna obciążenia [kN/m]
OBCIĄŻENIE STAŁE	
Posadzka gr. 60 mm $0,06 \times 22,0 \times l_p =$ Płyta stropowa gr. 120 mm $0,12 \times 25,0 \times l_p =$ Tynk cementowo-wapienny 15 mm $0,015 \times 19,0 \times l_p =$ Ciężar własny żebra $b_z h_z \times 25,0 =$	
Razem obciążenie stałe	$g_k =$
OBCIĄŻENIE ZMIENNE	
Obciążenie użytkowe np. $10,00 \times l_p$	q_k
Obciążenie całkowite	$p_k =$

Sprawdzenie, czy można w przęśle uwzględnić współpracę płyty z żebrem:

- ✓ *czy płyta znajduje się w strefie ściskanej ?*
- ✓ *czy grubość płyty jest większa od grubości minimalnej? ($t_p = 30 \text{ mm}$ i $0,05h_z$)*
- ✓ *czy płyta jest monolitycznie związana, lub zespolona z żebrem?*
- ✓ *czy istnieje zbrojenie „zszywające” płytę z belką?*

Jeżeli wszystkie odpowiedzi brzmią „TAK” to w przęśle można uwzględnić współpracę płyty z żebrem.

Ustalenie szerokości płyty współpracującej z belką (b_{eff})**Rysunek 5.2: Obliczanie efektywnej szerokości pólki – definicja l_0**

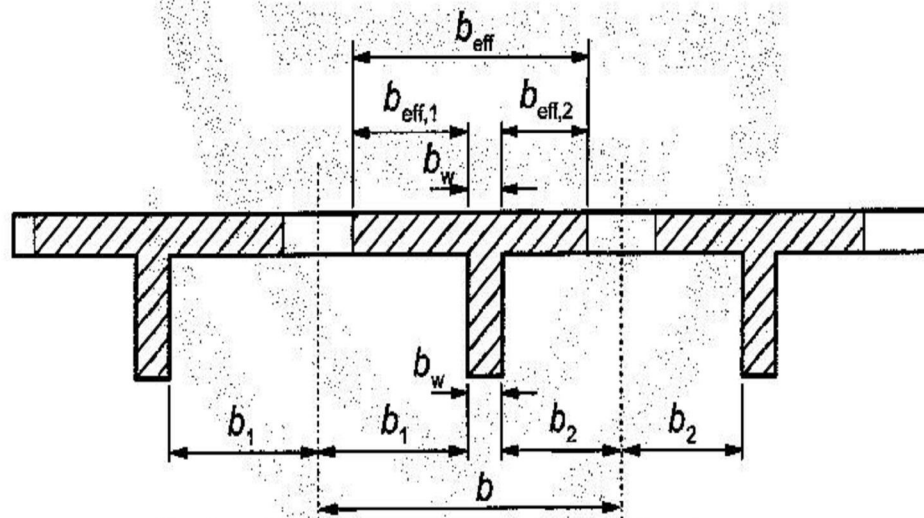
Uwaga: Długość wspornika l_3 powinna być mniejsza niż połowa rozpiętości przyległego przęsła, a stosunek rozpiętości przylegających do siebie przęseł powinien mieścić się między $2/3$ i $1,5$.

(3) Efektywną szerokość półki b_{eff} belek teowych i półteowych (z półką z jednej strony) można określać ze wzoru (oznaczenia na Rysunkach 5.2 i 5.3):

$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w, \text{ lecz nie więcej niż } b \quad (5.7)$$

w którym:

$$b_{eff,i} = 0,2b_i + 0,1l_0, \text{ lecz nie więcej niż } 0,2l_0 \text{ i nie więcej niż } b_i \quad (5.7a)$$



Rysunek 5.3: Wyznaczanie efektywnej szerokości półki – oznaczenia

KONSTRUOWANIE BELEK ŻELBETOWYCH

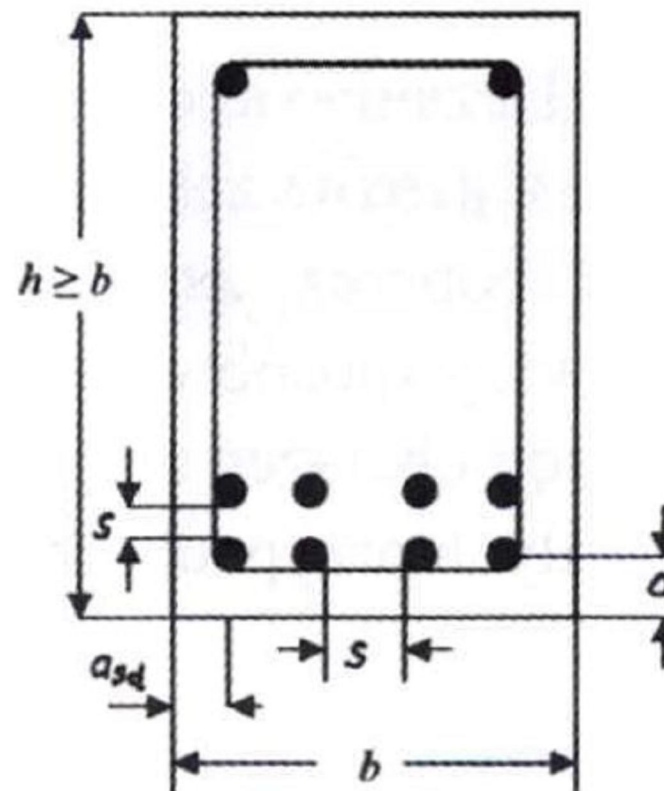
Rozstawy prętów w belkach żelbetowych powinny umożliwić poprawne ułożenie i zagęszczenie mieszanki betonowej, co zapewni właściwą przyczepność betonu do zbrojenia. Odległości s w świetle (w kierunku poziomym i pionowym między pojedynczymi prętami lub między warstwami prętów) muszą spełniać następujące warunki (patrz rys. 10.6):

$$s \geq \max \begin{cases} k_1 \varnothing \\ d_g + k_2 \\ 20 \text{ mm} \end{cases} \quad (10.7)$$

gdzie: \varnothing - maksymalna średnica pręta,
 d_g - maksymalny wymiar średnicy ziaren kruszywa,
 $k_1 = 1,0$, $k_2 = 5 \text{ mm}$.

W przypadku rozmieszczenia prętów w kilku warstwach poziomych, konieczne jest zapewnienie ich ułożenia w pionie, jeden nad drugim (patrz rys. 10.6).

Rys. 10.6. Reguły ustalania odległości prętów zbrojenia w belkach zginanych:
 a i a_{sd} – odległości osiowe prętów zewnętrznych od krawędzi z uwagi na odporność ogniową, s – odległości prętów w świetle



Minimalne szerokości belek i odległości osiowej zewnętrznych prętów zbrojenia (odległość a liczona od dolnej krawędzi i a_{sd} liczona od bocznej krawędzi) wynikają z otuliny zbrojenia (patrz p.1.5), ale także muszą być skorygowane z uwagi na wymaganie uzyskania odporności ogniowej R , według reguł podanych w PN-EN 1992-1-2 [N3]. Oznaczenie odległości a i a_{sd} podano na rys.10.6. Kombinacje możliwych do przyjęcia odległości a w zestawieniu z minimalną szerokością belki b_{\min} podano w tabl. 10.1.

Odległość osiową a_{sd} zewnętrznych prętów od ścian bocznych belki przy jednym rzędzie zbrojenia i przyjętej szerokości belki b_{\min} określa się z wyrażenia:

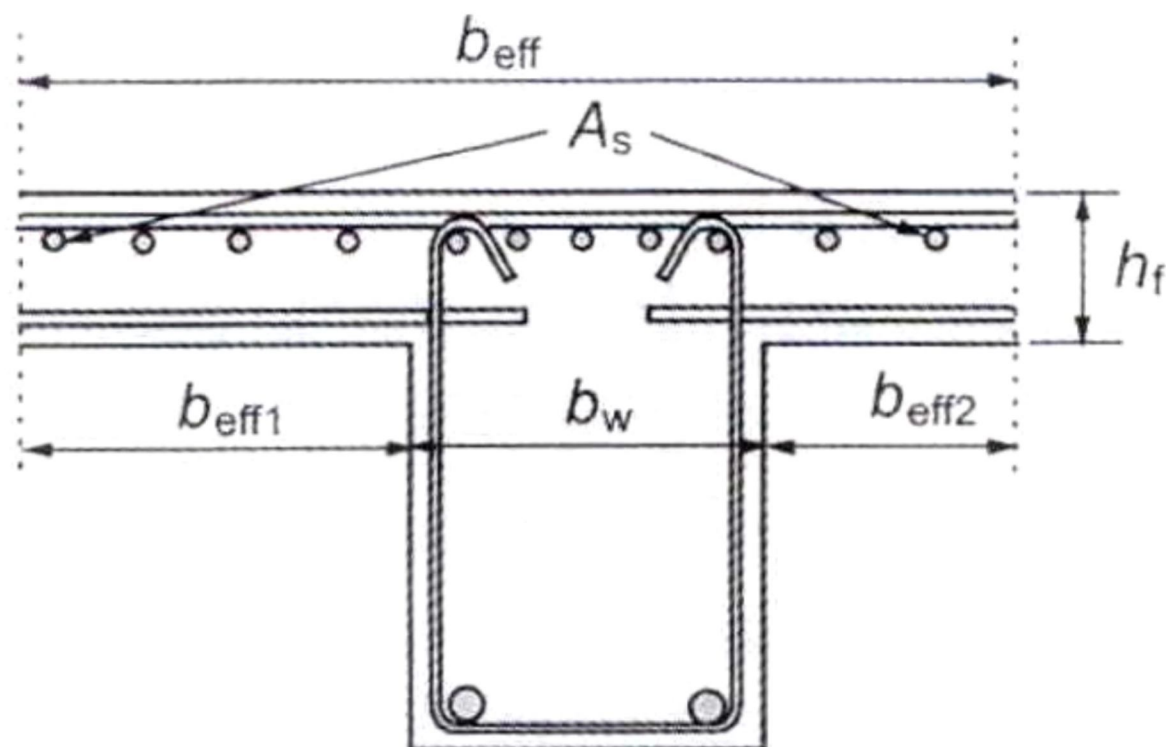
$$a_{sd} = a + 10 \text{ mm}$$

Tabl. 10.1. Minimalne szerokości belek i odległości osiowe a prętów zbrojenia od krawędzi belki z uwagi na odporność ogniową wg PN-EN 1992-1-2 [N3]

Odporność ogniowa R	Możliwe kombinacje minimalnej szerokości belki b_{\min} i odległości a [mm]								
	Wymiary	Belki wolno podparte				Belki ciągłe			
R 30	b_{\min} a	80 25	120 20	160 15	200 15	80 15	160 12		
R 60	b_{\min} a	120 40	160 35	200 30	300 25	120 25	200 12		
R 90	b_{\min} a	150 55	200 45	300 40	400 35	150 35	250 25		
R 120	b_{\min} a	200 65	240 60	300 55	500 50	200 45	300 35	450 35	500 30
R 180	b_{\min} a	240 80	300 70	400 65	600 60	240 60	400 50	550 50	600 40
R 240	b_{\min} a	280 90	350 80	500 75	700 70	280 75	500 60	650 60	700 50

Reguły szczegółowe dotyczące zbrojenia belek muszą spełniać następujące wymagania:

- Warunki minimum i maksimum pola powierzchni zbrojenia na zginanie podane w wyrażeniach (2.2).
- Przy podporach belek monolitycznych, traktowanych nawet jako wolno podparte, wymaga się zastosowania zbrojenia górnego na moment częściowego zamocowania o wartości $0,15M_{\max}$ (gdzie M_{\max} oznacza maksymalny moment przęsłowy). Obowiązuje tu także warunek minimum zbrojenia.
- Na podporach pośrednich belek wieloprzęsłowych całe pole zbrojenia górnego należy rozmieścić na efektywnej szerokości półki przekroju (patrz rys. 10.7).
- Każdy pręt ściskanego zbrojenia podłużnego o średnicy \emptyset wymaganego z uwagi na nośność należy uchwycić przez strzemiona o rozstawie nie większym niż $15\emptyset$.



Rys. 10.7. Sposób rozmieszczenia prętów rozciąganych nad podporą belek teowych