

PODSTAWY PROJEKTOWANIA I ODDZIAŁYWANIA NA KONSTRUKCJE

WYKŁAD 5

*Zasady projektowania konstrukcji
budowlanych cz. 2*

dr inż. Paweł Niewiadomski

pawel.niewiadomski@pwr.edu.pl

bud. G2D, pok. 5.78

<https://wbliw.pwr.edu.pl/pracownicy/pawel-niewiadomski>



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Politechnika Wroclawska

Główne przesłanki zapewnienia niezawodności konstrukcji według PN-EN 1990 to:

- **projektowanie** – zgodne z Eurokodami,
- **wykonanie** – zgodne z właściwymi normami przywołanymi w Eurokodach,
- **zarządzanie** – zorientowane na jakość tj. stosowanie odpowiednich procedur nadzoru i kontroli w całym procesie budowlanym.

Wybór poziomu niezawodności konstrukcji

W wyborze **poziomu niezawodności konstrukcji** uwzględnia się:

- możliwe przyczyny i/lub postacie stanów granicznych,
- możliwe konsekwencje zniszczenia takie jak zagrożenie życia, szkody, zranienia, potencjalne straty materialne, reakcje społeczne na zaistniałe zniszczenia,
- koszty i procedury oraz postępowanie niezbędne z uwagi na ograniczenie ryzyka zniszczenia.

Wybór klasy konsekwencji zniszczenia konstrukcji

Klasę konsekwencji zniszczenia konstrukcji określa się po to, aby budynki i budowle były wznoszone z zachowaniem właściwego poziomu kontroli jakości.

Jest ona uzależniona od rodzaju budynku, jego wysokości, układu poszczególnych pięter oraz sposobu użytkowania.

Dana konstrukcja lub jej część może zawierać elementy o różnych klasach konsekwencji zniszczenia konstrukcji.

Rodzaje klas konsekwencji zniszczenia konstrukcji

Dobór klasy **konsekwencji zniszczenia konstrukcji** jest ważny z uwagi na następstwa zniszczenia ustroju nośnego lub jego elementu.

Klasa konsekwencji	Klasa niezawodności	Opis	Przykłady konstrukcji budowlanych
CC3	RC3	Wysokie zagrożenie życia ludzkiego lub bardzo duże konsekwencje ekonomiczne, społeczne i środowiskowe	Widownie, budynki użyteczności publicznej, których konsekwencje zniszczenia są wysokie
CC2	RC2	Przeciętne zagrożenie życia ludzkiego lub znaczne konsekwencje ekonomiczne, społeczne i środowiskowe	Budynki mieszkalne i biurowe oraz budynki użyteczności publicznej, których konsekwencje zniszczenia są przeciętne
CC1	RC1	Niskie zagrożenie życia ludzkiego lub małe albo nieznaczące konsekwencje społeczne, ekonomiczne i środowiskowe	Budynki rolnicze, w których ludzie zazwyczaj nie przebywają oraz szklarnie

Ustalenie klas wykonania konstrukcji stalowych i aluminiowych

Norma PN-EN 1090 „Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych” wprowadza pojęcie klasy wykonania konstrukcji EXC. Opierając się na wytycznych zawartych w niemieckiej Wzorcowej Liście Zarządzeń technicznych otrzymujemy wytyczne do przyporządkowania budowli do poszczególnych klas wykonania.

Klasa wykonania EXC1

Do tej klasy wykonania zalicza się elementy konstrukcyjne lub konstrukcje nośne poddane obciążeniom przeważająco stałym wykonane ze stali o klasie wytrzymałości do 275MPa, których dotyczy minimum jeden z warunków:

1. Konstrukcje nośne z: max dwoma kondygnacjami, z profili walcowanych bez sztywnych na zaginanie styków płyt głowicowych; słupami o długości wyboczenia maximum 3m; belkami zginanymi o rozpiętości maksimum 5m i wysięgami do 2m;

Klasa wykonania EXC1

2. Schody i poręcze w budynkach mieszkalnych.
3. Budynki rolnicze bez regularnego ruchu osób (np. stodoły, szklarnie).
4. Ogrody zimowe w budynkach mieszkalnych.
5. Domki jednorodzinne z max 4-ma kondygnacjami.
6. Budynki, do których osoby wchodzą rzadko, jeśli ich odległość od innych budynków lub powierzchni o częstym użytkowaniu przez osoby wynosi minimum 1,5 razy wysokość budynku.

Klasa wykonania EXC1 obowiązuje również dla innych porównywalnych budowli, konstrukcji nośnych lub elementów konstrukcyjnych.

Klasa wykonania EXC2

Do tej klasy wykonania zalicza się elementy konstrukcyjne lub konstrukcje nośne poddane obciążeniom przeważająco stałym i nie przeważająco stałym (dynamicznym) wykonane ze stali do klasy wytrzymałości S700, które nie powinny być przyporządkowane klasom wykonania EXC1, EXC3, EXC4.

Klasa wykonania EXC3

Do tej klasy wykonania zalicza się elementy konstrukcyjne lub konstrukcje nośne poddane obciążeniom przeważająco stałym i nie przeważająco stałym (dynamicznym) wykonane ze stali do klasy wytrzymałości S700, których dotyczy minimum jeden z następujących punktów:

1. Wielkopłaszczyznowe konstrukcje dachowe dla miejsc zgromadzeń/stadionów
2. Budynki z więcej niż 15 kondygnacjami.
3. Jazy obciążone przeważająco stale dla ekstremalnych objętości wypływów.

Klasa wykonania EXC3

4. Następujące konstrukcje nośne lub ich elementy konstrukcyjne obciążone w sposób nie przeważająco stały (dynamiczny): kładki dla pieszych i rowerzystów; mosty drogowe i kolejowe; konstrukcje przestawne; wieże i maszty jak np. konstrukcje antenowe; jezdnie podsuwnicowe; cylindryczne wieże jak np. kominy stalowe.

Klasa wykonania EXC3 obowiązuje również dla innych porównywalnych budowli, konstrukcji nośnych lub elementów konstrukcyjnych.

Klasa wykonania EXC4

Do tej klasy wykonania zalicza się wszystkie elementy konstrukcyjne lub konstrukcje nośne klasy o ekstremalnych skutkach awarii dla ludzi i środowiska, jak np.:

1. Mosty drogowe i mosty kolejowe ponad obszarami gęsto zasiedlonymi lub ponad instalacjami przemysłowymi o wysokim potencjale zagrożenia
2. Zbiornik bezpieczeństwa w siłowni elektrowni atomowych.
3. Jazy obciążone dynamicznie dla ekstremalnych objętości wypływów.

Wybór kategorii użytkowania konstrukcji

Kategoria użytkowania dotyczy zakresu ryzyka wynikającego z działania, na które narażona będzie dana konstrukcja i jej części składowe, zarówno podczas budowy, jak i eksploatacji.

Mowa tu o takich czynnikach jak zmęczenie i prawdopodobieństwo wystąpienia zjawisk sejsmicznych.

Pod uwagę bierze się także poziom naprężeń poszczególnych komponentów w zestawieniu z ich wytrzymałością.

Wybór klasy użytkowania konstrukcji

Klasa kategorii użytkowania konstrukcji	Kryteria
SC1	Konstrukcje i elementy projektowane na oddziaływania przeważająco statyczne, np. budynki: konstrukcje, elementy i połączenia projektowane na oddziaływania sejsmiczne w rejonach niskiej aktywności sejsmicznej, gdy wymagane jest niska klasa ciągłości DCL: konstrukcje i elementy projektowane na oddziaływanie zmęczeniowe od dźwignic klasy S0
SC2	Konstrukcje i elementy projektowane na oddziaływania zmęczeniowe wg EN 1993 (np. mosty drogowe i kolejowe, dźwignice klasy od S1 do S9, konstrukcje wrażliwe na drgania wywołane wiatrem, tłumem lub maszynami wirnikowymi): konstrukcje, elementy i połączenia projektowane na oddziaływanie sejsmiczne w rejonach średniej i wysokiej aktywności sejsmicznej, gdy wymagana jest średnia lub wysoka klasa ciągłości DCM lub DCH

Wybór kategorii produkcji

Kategorie produkcji odzwierciedlają ryzyko wynikające ze stopnia złożoności procesu wytwarzania konstrukcji i jej elementów, który może wiązać się z zastosowaniem określonych technik, procedur i narzędzi zarządczych.

Warto zauważyć, że dana konstrukcja lub jej część może zawierać elementy lub detale konstrukcyjne należące do różnych kategorii produkcji.

Trzeba jednak pamiętać, że klasa wykonania nie zawsze jest uzależniona od kategorii produkcji.

Wybór kategorii produkcji

Klasa kategorii produkcji	Kryteria
PC1	Elementy niespawane wykonywane ze stali dowolnego gatunku oraz elementy spawane wykonane ze stali gatunków niższych niż S355
PC2	Elementy spawane wykonane ze stali gatunku S355 i wyższych, elementy kluczowe dla integralności konstrukcji scalane za pomocą spawania na terenie budowy, elementy formowane na gorąco lub poddawane obróbce termicznej podczas wytwarzania oraz elementy dźwigarów kratowych z rur okrągłych CHS, które wymagają profilowania końcówek

Wybór klasy wykonania

Po określeniu klasy konsekwencji, kategorii użytkowania oraz kategorii produkcji danego budynku, odpowiednią **klasę wykonania** ustala się w oparciu o Tablicę B.3 normy PN-EN 1090-2.

Klasa konsekwencji		CC1		CC2		CC3	
Kategoria użytkowania		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Kategoria produkcji	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC3
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC4

Podobne podejście jak w przypadku konstrukcji stalowych i aluminiowych można zastosować do innych rodzajów konstrukcji.

Różnicowanie nadzoru w trakcie projektowania konstrukcji

Poziom nadzoru przy projektowaniu	Klasa niezawodności	Charakterystyka nadzoru	Minimalne zalecane wymagania
DSL3	RC3	Nadzór zaostrożony	Sprawdzanie przez stronę trzecią. Sprawdzanie przez inną jednostkę projektową.
DSL2	RC2	Nadzór normalny	Sprawdzanie zgodnie z procedurami jednostki projektowej.
DSL1	RC1	Nadzór normalny	Autokontrola. Sprawdzania przez autora projektu.

Poziomy inspekcji w trakcie wykonania konstrukcji

Poziom inspekcji	Klasa niezawodności	Charakterystyka inspekcji	Minimalne zalecane wymagania
IL3	RC3	Inspekcja zaostzona	Inspekcja przez stronę trzecią.
IL2	RC2	Inspekcja normalna	Inspekcja zgodnie z procedurami jednostki wykonawczej.
IL1	RC1	Inspekcja normalna	Autoinspekcja.

W trakcie wymiarowania konstrukcji należy sprawdzić, czy nośność elementów jest większa od najniekorzystniejszych sił wewnętrznych.

Podczas analizowania stanu granicznego należy tak usytuować oddziaływania, aby wywołały najniekorzystniejsze skutki w konstrukcji. W tym celu należy dobrać najbardziej niekorzystne kombinacje oddziaływań.

Odziaływania mogą zmieniać się wraz z czasem użytkowania konstrukcji. Zmiany te powinny być rozpatrywane w postaci odrębnych sytuacji obliczeniowych, które wynikają z określonych zagrożeń, warunków i przedziałów czasu.

Wymagane jest więc sprawdzenie niezawodności konstrukcji oddzielnie dla każdej sytuacji obliczeniowej.

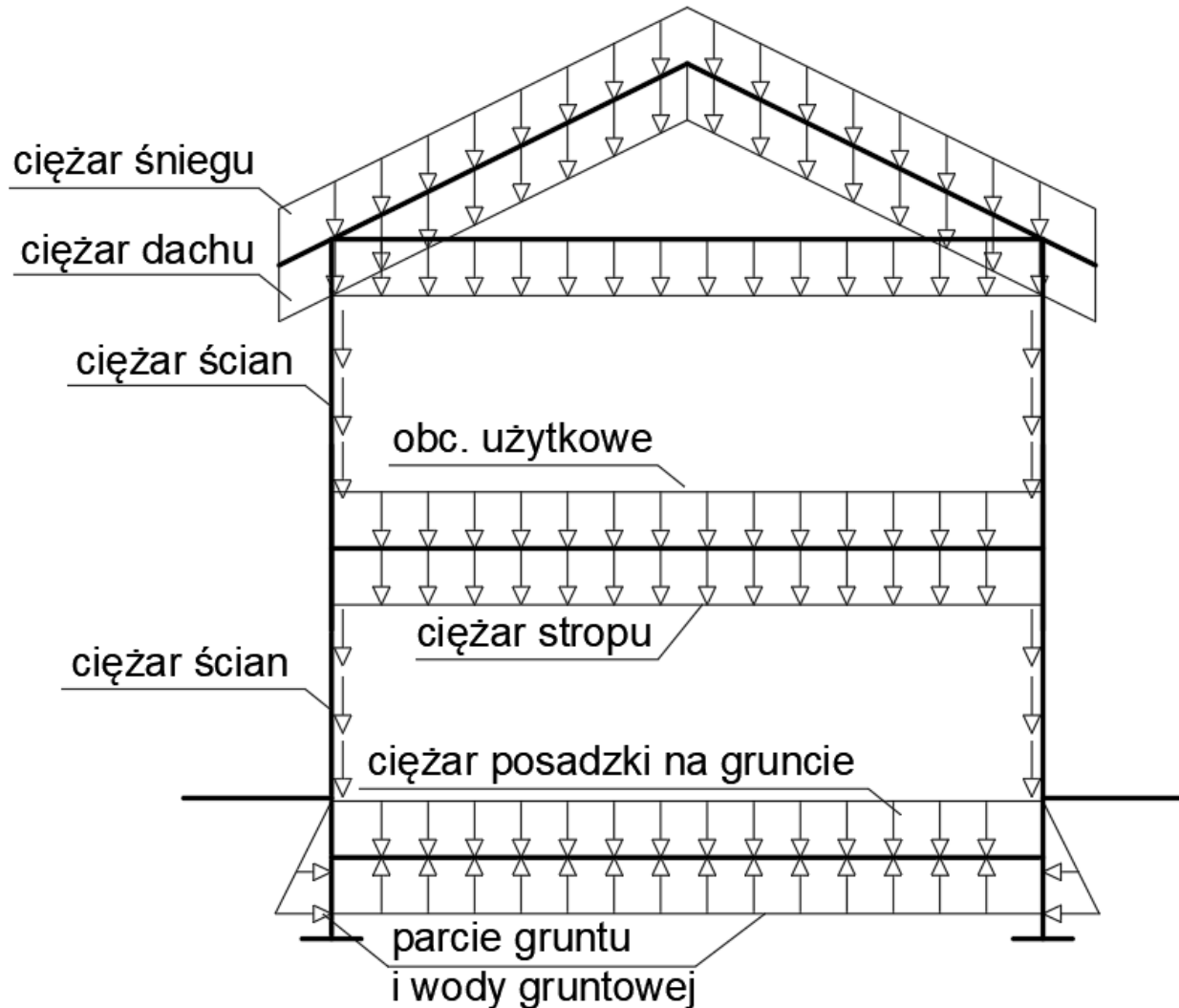
Rozróżnia się następujące sytuacje obliczeniowe:

- trwała,
- przejściowa,
- wyjątkowa,
- sejsmiczna.

Trwałą sytuacją obliczeniową nazywamy sytuację, w której miarodajny czas jej występowania jest tego samego rzędu co planowany okres eksploatacji obiektu.

Jest to sytuacja, w której projektujemy obiekt na obciążenia wynikające z jego przeznaczenia.

Przykładowe obciążenia dla budynku w trwałych sytuacjach obliczeniowych



Przykłady trwałych sytuacji obliczeniowych



Połać dachowa obciążona śniegiem i ciężarem własnym.



Dach hali obciążony ciężarem własnym pokrycia i świetlikami.



Strop obciążony ciężarem własnym i instalacjami.



Obciążenie stropu parkingu pojazdami.



Zapora obciążona ciężarem własnym, normowym ciśnieniem hydrostatycznym i obciążeniem użytkowym.

Rozróżnia się następujące sytuacje obliczeniowe:

- trwała,

1.5.2.4

trwała sytuacja obliczeniowa

sytuacja obliczeniowa, której miarodajny czas trwania jest tego samego rzędu co przewidywany okres użytkowania konstrukcji

UWAGA Z reguły dotyczy warunków zwykłego użytkowania.

- przejściowa,

1.5.2.3

przejściowa sytuacja obliczeniowa

sytuacja obliczeniowa o dużym prawdopodobieństwie wystąpienia, której miarodajny czas trwania jest znacznie krótszy niż przewidywany okres użytkowania konstrukcji

UWAGA Przejściowa sytuacja obliczeniowa dotyczy tymczasowych warunków konstrukcji – użytkowania lub ekspozycji, np. podczas budowy lub naprawy.

Rozróżnia się następujące sytuacje obliczeniowe:

- **wyjatkowa,**

1.5.2.5

wyjatkowa sytuacja obliczeniowa

sytuacja obliczeniowa odnosząca się do wyjątkowych warunków użytkowania konstrukcji lub jej ekspozycji, jak np. pożaru, wybuchu, uderzenia lub lokalnego zniszczenia

- **sejsmiczna.**

1.5.2.7

sejsmiczna sytuacja obliczeniowa

sytuacja obliczeniowa uwzględniająca wyjątkowe warunki stawiane konstrukcji poddanej oddziaływaniom sejsmicznym

W normie PN-EN 1990 wyróżniamy dwa podejścia do kombinacji oddziaływań w trwałych sytuacjach obliczeniowych:

1) Wzór ogólny (6.10):

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

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

gdzie:

$\gamma_G, \gamma_P, \gamma_Q$ - współczynniki obciążeń stałych, sprężających, zmiennych,

G, P, Q - obciążenie stałe, sprężające, zmienne,

ψ_0 - współczynniki dla wartości kombinacyjnej oddziaływania zmiennego,

„+” - oznacza „należy uwzględnić w kombinacji z”,

Σ - oznacza „efekt łączny”.

2) Podejście alternatywne dla stanów granicznych STR i GEO. Należy stosować bardziej niekorzystne wyrażenie z (6.10a) i (6.10b):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10a) \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10b) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10a) \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10b) \end{array} \right.$$

gdzie:

$\gamma_G, \gamma_P, \gamma_Q, G, P, Q, \psi_0$ - jak poprzednio,

„+” - oznacza „należy uwzględnić w kombinacji z”,

Σ - oznacza „efekt łączny”,

ξ - współczynnik redukcyjny dla niekorzystnych oddziaływań stałych G .

Zgodnie z załącznikiem krajowym do normy PN-EN 1990 preferowane jest podejście alternatywne i stosowanie wzorów (6.10a) i (6.10b).

Zasady tworzenia kombinacji obliczeniowych

Trwałe i przejściowe sytuacje obliczeniowe	Oddziaływania stałe		Wiodące oddziaływanie zmienne	Towarzyszące oddziaływania zmienne (*)	
	niekorzystne	korzystne		główne (jeżeli takie występują)	pozostałe
(Wzór 6.10)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Trwałe i przejściowe sytuacje obliczeniowe	Oddziaływania stałe		Wiodące oddziaływanie zmienne (*)	Towarzyszące oddziaływania zmienne (*)	
	niekorzystne	korzystne		główne (jeżeli takie występują)	pozostałe
(Wzór 6.10a)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(Wzór 6.10b)	$\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

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

$$\gamma_{Gj,inf} = 1,00$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,50 \text{ jeżeli niekorzystne (0 jeżeli korzystne)}$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ jeżeli niekorzystne (0 jeżeli korzystne)}$$

$$\xi = 0,85 \text{ (tak aby } \xi \gamma_{Gj,sup} = 0,85 \times 1,35 \approx 1,15).$$

Wartości współczynników jednoczesności obciążeń użytkowych dla budynków.

Oddziaływania	ψ_0	ψ_1	ψ_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 zebrań	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 ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategoria G: powierzchnie ruchu pojazdów 30 kN < ciężar pojazdu ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Kategoria H: dachy	0	0	0,0

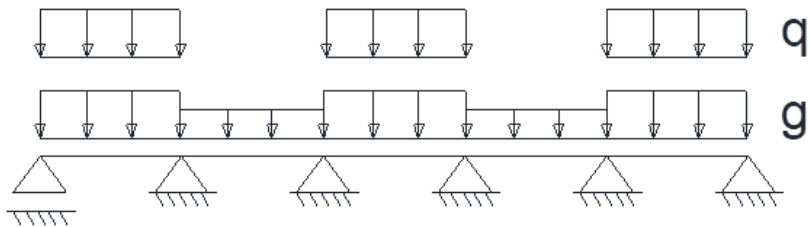
Wartości współczynników jednoczesności obciążeń klimatycznych i termicznych dla budynków.

Oddziaływania	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Obciążenie budynków śniegiem (patrz EN 1991-1-3) *)			
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	0,20
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

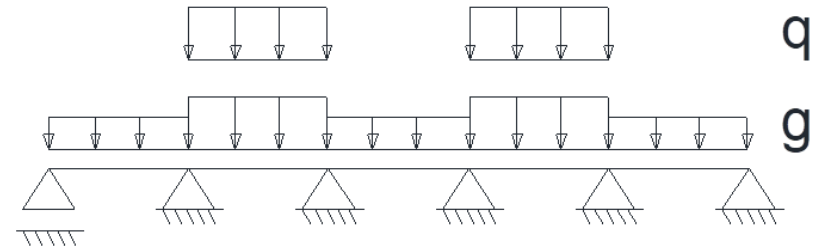
Jeżeli wyniki sprawdzania zależą w dużej mierze od zmienności wielkości oddziaływania zmiennego od miejsca w konstrukcji, należy uwzględnić oddzielnie części korzystne i części niekorzystne tego oddziaływania.

Analiza przykładowych kombinacji obciążeń dla belki wieloprzęsłowej

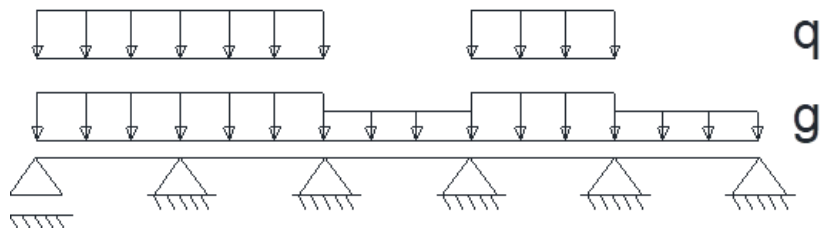
1)



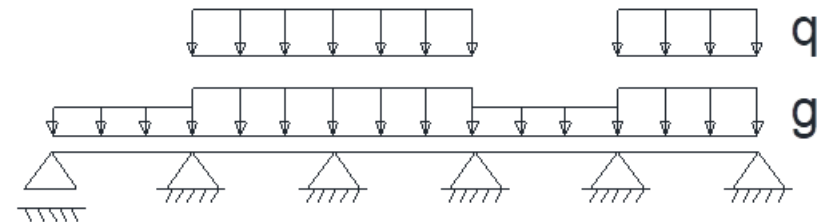
2)



3)



4)



Przykład

Porównanie kombinacji dla obliczeń stanów granicznych stropu o następujących parametrach:

- ciężar własny: $G = 5 \text{ kN/m}^2$
- obc. zmienne użytkowe: $Q = 3 \text{ kN/m}^2 (\psi_0 = 0,7)$
- obc. zmienne technolog.: $T = 1 \text{ kN/m}^2 (\psi_0 = 0,7)$

Przykład

1) Zgodnie ze wzorem (6.10):

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

Sumaryczna wartość oddziaływań wynosi:

$$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q + 1,5 \cdot 0,7 \cdot T$$

Przykład

2a) Zgodnie ze wzorem (6.10a):

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

Sumaryczna wartość oddziaływań wynosi:

$$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q + 1,5 \cdot 0,7 \cdot T$$

Przykład

2b) Zgodnie ze wzorem (6.10b):

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

Sumaryczna wartość oddziaływań wynosi:

$$1,35 \cdot 0,85 \cdot G + 1,5 \cdot Q + 1,5 \cdot 0,7 \cdot T$$

Przykład

1) Zgodnie ze wzorem (6.10):

$$1,35 \cdot 5\text{kN/m}^2 + 1,5 \cdot 3\text{kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1\text{kN/m}^2 = \\ = \mathbf{12,30\text{kN/m}^2}$$

2a) Zgodnie ze wzorem (6.10a):

$$1,35 \cdot 5 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 3\text{kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1\text{kN/m}^2 = \\ = \mathbf{10,95 \text{ kN/m}^2}$$

2b) Zgodnie ze wzorem (6.10b):

$$1,35 \cdot 0,85 \cdot 5\text{kN/m}^2 + 1,5 \cdot 3\text{kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1\text{kN/m}^2 = \\ = \mathbf{11,29\text{kN/m}^2}$$

Przejściową sytuacją obliczeniową nazywamy sytuację o dużym prawdopodobieństwie wystąpienia, której czas trwania jest znacznie krótszy niż przewidywany okres użytkowania obiektu.

Jest to sytuacja, w której projektujemy obiekt na obciążenia wynikające np. z budowy lub naprawy obiektu.



H+H
beton komórkowy

H+H
beton komórkowy

H+H
H+H
H+H

H+H
H+H

H+H
H+H
H+H

Wyjątkową sytuacją obliczeniową nazywamy sytuację odnoszącą się do mniej prawdopodobnych zdarzeń w czasie użytkowania obiektu.

Jest to sytuacja, w której projektujemy obiekt na wyjątkowe obciążenia wynikające np. z pożaru, wybuchu, uderzenia samochodu, powodzi, wyjątkowe obciążenie zaspą śnieżną itp.

Wyróżnia się jeszcze sejsmiczną sytuację obliczeniową, którą stosuje się przy obliczeniach uwzględniających oddziaływania sejsmiczne spowodowane trzęsieniem ziemi lub zjawiskami parasejsmicznymi.

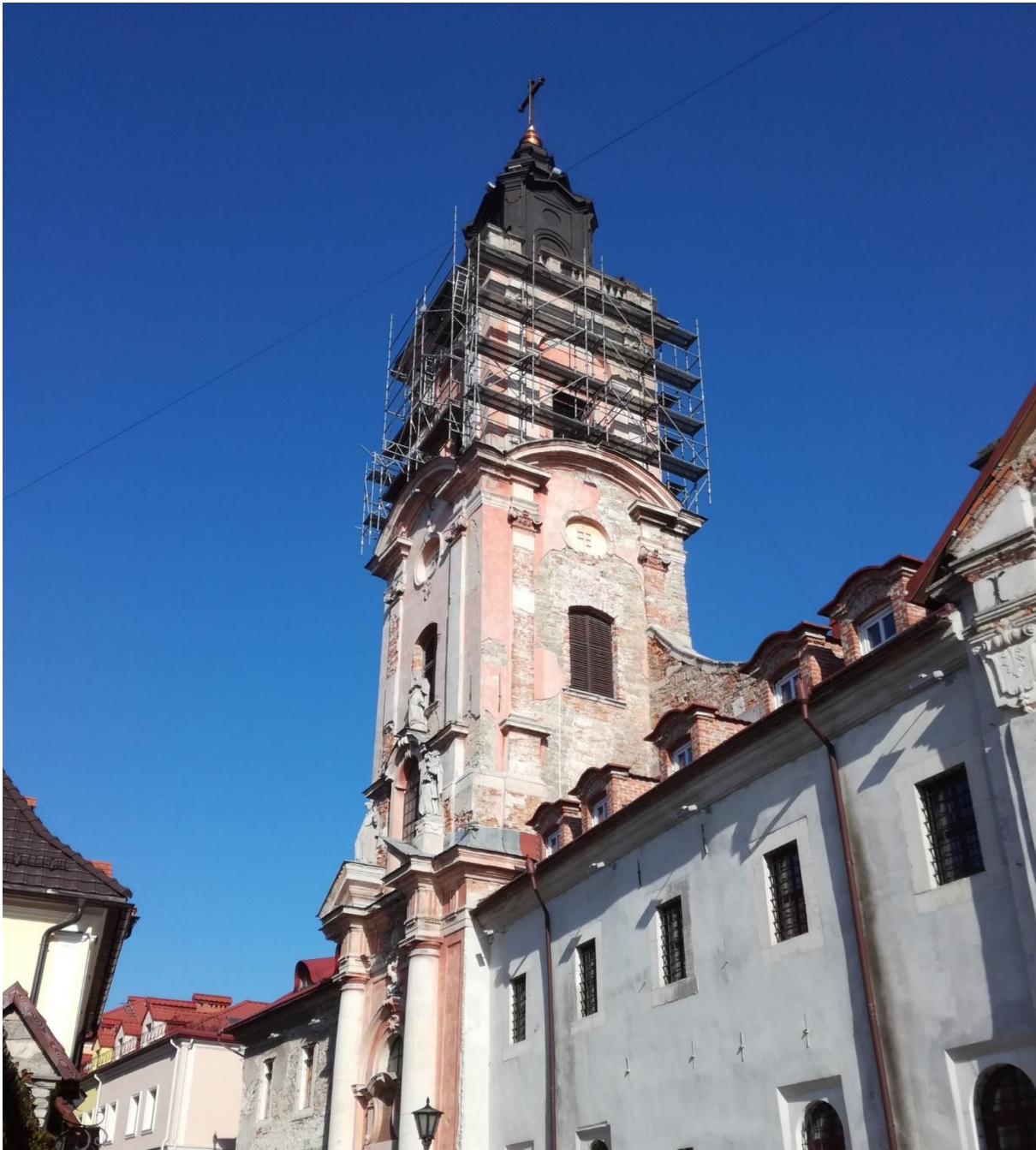
Przykłady przejściowych sytuacji obliczeniowych



Słupy i dźwigary hali podczas transportu i montażu.



Płyty stropu Filigran podczas montażu.



Obciążenie wieży
kościół
rusztowaniem
podczas remontu.



Wieżowiec podczas przebudowy.

Przykłady wyjątkowych sytuacji obliczeniowych



Ślady uderzenia pojazdu
w ściany budynku.

P
O



Drewniany strop po pożarze budynku.

Przejściowa sytuacja obliczeniowa

Zgodnie z normą PN-EN 1990 w przejściowych sytuacjach obliczeniowych należy stosować (podobnie jak w przypadku trwałych sytuacji obliczeniowych) następujące dwa podejścia do kombinacji oddziaływań:

1) Wzór ogólny (6.10):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

2) Podejście alternatywne dla stanów granicznych STR i GEO. Należy stosować bardziej niekorzystne wyrażenie z (6.10a) i (6.10b):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10a) \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10b) \end{array} \right.$$

gdzie:

$\gamma_G, \gamma_P, \gamma_Q$ - współczynniki obciążeń stałych, sprężających, zmiennych,

G, P, Q - obciążenie stałe, sprężające, zmienne,

ψ_0 - współczynniki dla wartości kombinacyjnej oddziaływania zmiennego,

„+” - oznacza „należy uwzględnić w kombinacji z”,

Σ - oznacza „efekt łączny”,

ξ - współczynnik redukcyjny dla niekorzystnych oddziaływań stałych G .

Wyjątkowa sytuacja obliczeniowa

Zgodnie z normą PN-EN 1990 w wyjątkowych sytuacjach obliczeniowych należy stosować następującą kombinację oddziaływań:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \left(P + A_d \left(\psi_{1,1} \text{ lub } \psi_{2,1} \right) Q_{k,1} \right) + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.11b)$$

gdzie:

$\psi_{1,i}$ - współczynniki dla wartości częstej oddziaływania zmiennego,

$\psi_{2,i}$ - współczynniki dla wartości prawie stałej oddziaływania zmiennego.

Zasady tworzenia kombinacji obliczeniowych w przejściowych syt. obl.

Trwałe i <u>przejściowe</u> sytuacje obliczeniowe	Oddziaływania stałe		Wiodące oddziaływanie zmienne	Towarzyszące oddziaływania zmienne (*)	
	niekorzystne	korzystne		główne (jeżeli takie występują)	pozostałe
(Wzór 6.10)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Trwałe i <u>przejściowe</u> sytuacje obliczeniowe	Oddziaływania stałe		Wiodące oddziaływanie zmienne (*)	Towarzyszące oddziaływania zmienne (*)	
	niekorzystne	korzystne		główne (jeżeli takie występują)	pozostałe
(Wzór 6.10a)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(Wzór 6.10b)	$\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

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

$$\gamma_{Gj,inf} = 1,00$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,50 \text{ jeżeli niekorzystne (0 jeżeli korzystne)}$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ jeżeli niekorzystne (0 jeżeli korzystne)}$$

$$\xi = 0,85 \text{ (tak aby } \xi \gamma_{Gj,sup} = 0,85 \times 1,35 \approx 1,15).$$

Zasady tworzenia kombinacji obliczeniowych w wyjątkowych syt. obl.

Sytuacja obliczeniowa	Oddziaływania stałe		Wiodące oddziaływanie wyjątkowe lub sejsmiczne	Towarzyszące oddziaływania zmienne (**)	
	niekorzystne	korzystne		główne (jeżeli takie występują)	pozostałe
<u>Wyjątkowa (*)</u> (wzór 6.11a/b)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	A_d	ψ_{11} lub $\psi_{21} Q_{k1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Sejsmiczna (wzór 6.12a/b)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$\gamma_I A_{Ek}$ lub A_{Ed}	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	

(*) W przypadku wyjątkowych sytuacji obliczeniowych wartość głównego oddziaływania zmiennego można wyznaczać uważając je za oddziaływanie częste lub – jak w sejsmicznej kombinacji oddziaływań – za oddziaływanie quasi-stałe. Wybór podany zostanie w załączniku krajowym, odpowiednio do rodzaju uwzględnianego oddziaływania wyjątkowego. Patrz także EN 1991-1-2.

(**) Oddziaływaniami zmiennymi są te, które uwzględniono w tablicy A1.1.

Wartości współczynników jednoczesności obciążeń użytkowych dla budynków.

Oddziaływania	ψ_0	ψ_1	ψ_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 zebrań	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 ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategoria G: powierzchnie ruchu pojazdów 30 kN < ciężar pojazdu ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Kategoria H: dachy	0	0	0,0

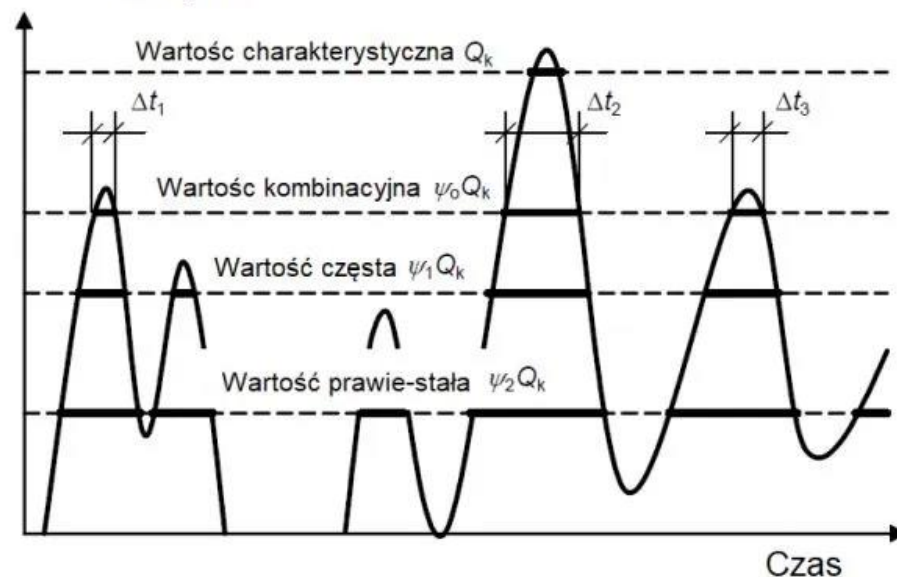
Wartości współczynników jednoczesności obciążeń klimatycznych i termicznych dla budynków.

Oddziaływania	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Obciążenie budynków śniegiem (patrz EN 1991-1-3) *)			
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	0,20
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

Tab. Współczynniki redukcyjne obciążeń zmiennych

Oddziaływania		Współczynniki redukcyjne		
Zmienne w budynkach		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategoria	Krótki opis	kombinacyjny	częsty	prawie stały
A	mieszkalne	0,7	0,5	0,3
B	biurowe		0,5	0,3
C	miejsca zebrania		0,7	0,6
D	handlowe		0,7	0,6
F	pojazdy ≤ 30 kN		0,7	0,3
G	pojazdy 30-160 kN		0,5	0,3
E	magazynowe	1,0	0,9	0,8
H	dachy	0,0		
Śnieg m npm	< 1000 m	0,5	0,2	0,0
	> 1000 m	0,7	0,5	0,2
Wiatr na budynki		0,6	0,2	0,0
Temperatura niepożarowa		0,6	0,5	0,0

Poziom obciążenia



Rys. Interpretacja redukcyjnych współczynników obciążeń

PODSTAWY PROJEKTOWANIA I ODDZIAŁYWANIA NA KONSTRUKCJE

WYKŁAD 5

*Zasady projektowania konstrukcji
budowlanych cz. 2*

dr inż. Paweł Niewiadomski

pawel.niewiadomski@pwr.edu.pl

bud. G2D, pok. 5.78

<https://wbliw.pwr.edu.pl/pracownicy/pawel-niewiadomski>



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Politechnika Wroclawska