



# Program Uczenie się przez całe życie

## Projekt SKILLS



# ODDZIAŁYWANIA NA KONSTRUKCJE



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

# ZAKRES PREZENTACJI

- **Wytyczne określania oddziaływań na budynek jednokondygnacyjny, zgodnie z normami EN 1990 i EN 1991**
- **Definicja projektowania według stanów granicznych**
- **Wyznaczanie oddziaływań stałych, zmiennych oraz ich kombinacji**

# SPIS TREŚCI

- **Wprowadzenie**
- **Filozofia bezpieczeństwa według normy EN 1990**
- **Kombinacje oddziaływań**
- **Oddziaływania stałe**
- **Obciążenia konstrukcji**
- **Obciążenia użytkowe**
- **Obciążenia śniegiem**
- **Oddziaływania wiatru**
- **Wpływ temperatury**
- **Przykłady praktyczne**

# WPROWADZENIE



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

# WPROWADZENIE

- Niniejszy przewodnik zawiera wytyczne dotyczące określania oddziaływań w jednokondygnacyjnych budynkach
- Podstawy projektowania są związane z:
  - ✓ metodą stanów granicznych
  - ✓ metodą częściowych współczynników
- Zasady są zgodne z następującymi częściami Eurokodów :
  - ✓ EN 1990: Podstawy projektowania konstrukcji.

# WPROWADZENIE

- ✓ EN 1991: Oddziaływania na konstrukcję
  - Część 1-1: Oddziaływania ogólne – Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
  - Część 1-3: Oddziaływania ogólne – Obciążenia śniegiem
  - Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru
  - Część 1-5: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania termiczne
  - Część 3: Oddziaływania wywołane dźwignicami i maszynami

# FILOZOFIA BEZPIECZEŃSTWA WEDŁUG NORMY EN 1990



Program  
Uczenie się  
przez całe życie



# FILOZOFIA BEZPIECZEŃSTWA WEDŁUG NORMY EN 1990

## Ogólny format sprawdzania

- Stany graniczne nośności są związane z następującymi sytuacjami obliczeniowymi:
  - ✓ Trwałe sytuacje obliczeniowe
  - ✓ Przejściowe sytuacje obliczeniowe
  - ✓ Wyjątkowe sytuacje obliczeniowe
  - ✓ Sytuacje obliczeniowe dla oddziaływań sejsmicznych
  
- Stan graniczny nośności dotyczy:
  - ✓ Bezpieczeństwa ludzi
  - ✓ Bezpieczeństwa konstrukcji

# FILOZOFIA BEZPIECZEŃSTWA WEDŁUG NORMY EN 1990

## Ogólny format sprawdzania

- Stany graniczne użyteczności są związane z następującymi sytuacjami obliczeniowymi:
  - ✓ Nieodwracalne stany graniczne (kombinacja charakterystyczna)
  - ✓ Odwracalne stany graniczne (kombinacja częsta)
  - ✓ Efekty długotrwałe (kombinacja quasi-stała)
  
- Stan graniczny użyteczności dotyczy:
  - ✓ Funkcjonowania konstrukcji
  - ✓ Komfortu użytkowników
  - ✓ Wyglądu konstrukcji

## Stany graniczne nośności i stany graniczne użytkowości

- Konstrukcja musi być sprawdzona metodą stanów granicznych nośności (ULS) w przypadku możliwości:
  - ✓ Utraty równowagi (EQU)
  - ✓ Zniszczenia w wyniku odkształcenia, zerwania, utraty stateczności (STR)
  - ✓ Zniszczenia w wyniku odkształcenia podłoża (GEO)
  - ✓ Zniszczenia spowodowanego zmęczeniem lub innymi zjawiskami zależnymi od czasu (FAT)

## Stany graniczne nośności i stany graniczne użytkowości

- Konstrukcja musi być sprawdzona metodą stanów granicznych użytkowości (SLS) w przypadku możliwości wystąpienia:
  - ✓ Odkształceń mających wpływ na wygląd, komfort użytkowników lub funkcjonowanie konstrukcji
  - ✓ Drgań powodujących dyskomfort u ludzi lub ograniczających funkcjonalną efektywność konstrukcji
  - ✓ Uszkodzeń, które mogą niekorzystnie wpłynąć na wygląd, trwałość lub funkcjonowanie konstrukcji

## Wartości charakterystyczne i wartości obliczeniowe oddziaływań

- Wartość charakterystyczna ( $F_k$ ) oddziaływania to jego główna wartość reprezentatywna
- Wartość obliczeniowa ( $F_d$ ) oddziaływania  $F$  może być wyrażona ogólnie jako:

$$F_d = \gamma_f \cdot \psi \cdot F_k$$

gdzie:

$F_k$  : wartość charakterystyczna oddziaływania

$\gamma_f$  : współczynnik częściowy oddziaływania

$\psi$  : wynosi 1,00 albo  $\psi_0, \psi_1$  lub  $\psi_2$

# KOMBINACJE ODDZIAŁYWAŃ



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

# KOMBINACJE ODDZIAŁYWAŃ

- Poszczególne oddziaływania powinny być łączone tak, aby nie przekraczały stanu granicznego dla odpowiednich sytuacji obliczeniowych

## Kombinacje ULS

- Równowaga statyczna
  - ✓ Aby sprawdzić stan graniczny równowagi statycznej konstrukcji (EQU) należy upewnić się, że:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$$

gdzie:

$E_{d,dst}$  to wartość obliczeniowa wpływu oddziaływań destabilizujących

$E_{d,stb}$  to wartość obliczeniowa wpływu oddziaływań stabilizujących

# KOMBINACJE ODDZIAŁYWAŃ

- Zerwanie lub nadmierne odkształcenie elementu
  - ✓ Aby sprawdzić stan graniczny zerwania lub nadmierne odkształcenie kształtownika, elementu konstrukcji lub połączenia (STR i/lub GEO), należy upewnić się, że:

$$E_d \leq R_d$$

gdzie:

$E_d$  to wartość obliczeniowa wpływu oddziaływań

$R_d$  to wartość obliczeniowa odpowiadającej nośności

- Kombinacje oddziaływań dla trwałych lub przejściowych sytuacji obliczeniowych



# KOMBINACJE ODDZIAŁYWAŃ

	Oddziaływania stałe		Główne oddziaływanie zmienne		Towarzyszące oddziaływania zmienne	
$E_d =$	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j}$	+	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	+	$\sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	(6.10)
$E_d =$	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j}$	+	$\psi_{0,1} \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	+	$\sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	(6.10a)
$E_d =$	$\xi \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j}$	+	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	+	$\sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	(6.10b)

W Załączniku krajowym do normy PN-EN 1990 jest zalecenie stosowania miarodajnych kombinacji ze wzorów (6.10a) i (6.10b).

**Tabela 3.1** Zalecane wartości współczynników częściowych

Tabela (EN 1990)	Stan graniczny	$\gamma_{Gj,inf}$	$\gamma_{Gj,sup}$	$\gamma_{Q,1} = \gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,i} = \gamma_{Q,i}$
A1.2(A)	EQU	0,90	1,10	1,50	1,50
A1.2(B)	STR/GEO	1,00	1,35	1,50	1,50
A1.2(C)	STR/GEO	1,00	1,00	1,30	1,30

# KOMBINACJE ODDZIAŁYWAŃ

## ➤ Kombinacje oddziaływań wyjątkowych

	Oddziaływania stałe	Oddziaływanie wyjątkowe	Główne oddziaływanie zmienne	Towarzyszące oddziaływania zmienne
$E_d =$	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j}$	$+$ $A_d$	$+$ $(\psi_{1,1} \text{ lub } \psi_{2,1})$ $Q_{k,1}$	$+$ $\sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

## Kombinacje SLS

### ➤ Stan graniczny użyteczności

$$E_d \leq C_d$$

gdzie:

$E_d$  to wartość obliczeniowa wpływu oddziaływań określona w kryterium użyteczności

$C_d$  to graniczna wartość obliczeniowa odpowiedniego kryterium użyteczności

# KOMBINACJE ODDZIAŁYWAŃ

## ➤ Kombinacja charakterystyczna

	Oddziaływania stałe		Główne oddziaływanie zmienne		Towarzyszące oddziaływania zmienne
$E_d =$	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j}$	+	$Q_{k,1}$	+	$\sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

## ➤ Kombinacja częsta

	Oddziaływania stałe		Główne oddziaływanie zmienne		Towarzyszące oddziaływania zmienne
$E_d =$	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j}$	+	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	+	$\sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$

# KOMBINACJE ODDZIAŁYWAŃ

- Kombinacja quasi-stała

	Oddziaływania stałe		Oddziaływania zmienne
$E_d =$	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j}$	+	$\sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$

# ODDZIAŁYWANIA STAŁE



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

# ODDZIAŁYWANIA STAŁE

- Ciężar własny konstrukcji stanowi zasadniczo główne obciążenie stałe
- W większości przypadków powinien on być reprezentowany przez pojedynczą wartość charakterystyczną
- W kombinacjach oddziaływań, całkowity ciężar własny elementów konstrukcyjnych i niekonstrukcyjnych, łącznie ze stałymi instalacjami, powinien być przyjmowany jako pojedyncze oddziaływanie
- Wartości charakterystyczne ciężaru własnego powinny być określone na podstawie wymiarów i ciężaru objętościowego elementów

# OBCIĄŻENIA PODCZAS WYKONYWANIA KONSTRUKCJI



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

# OBCIĄŻENIA PODCZAS WYKONYWANIA KONSTRUKCJI

- W normie EN 1991-1-6 podano zasady wyznaczania oddziaływań podczas wznoszenia konstrukcji
  
- Obciążenia konstrukcji, które muszą być uwzględnione:
  - ✓ Personel i narzędzia ręczne ( $Q_{ca}$ )
  - ✓ Magazyn sprzętu ruchomego ( $Q_{cb}$ )
  - ✓ Wyposażenie tymczasowe ( $Q_{cc}$ )
  - ✓ Ruchome ciężkie maszyny i urządzenia ( $Q_{cd}$ )
  - ✓ Nagromadzenie odpadów ( $Q_{ce}$ )
  - ✓ Obciążenia wywierane przez części konstrukcji w stanie tymczasowym ( $Q_{cf}$ )



# OBCIĄŻENIA UŻYTKOWE



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

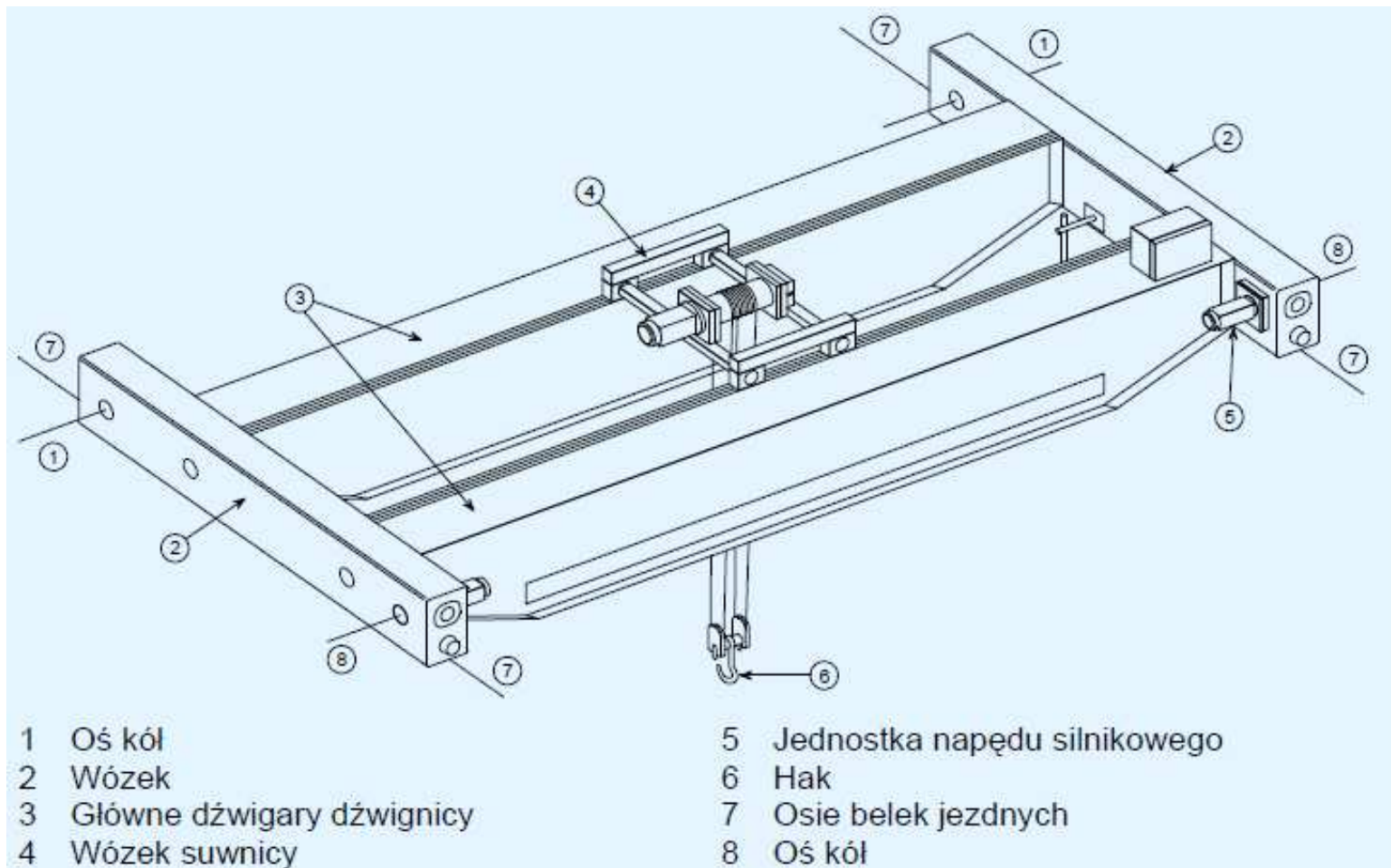
# OBCIĄŻENIA UŻYTKOWE

- Zasadniczo obciążenia użytkowe budynków powinny być klasyfikowane jako oddziaływania zmienne
- Obciążenia użytkowe mogą być modelowane jako obciążenia równomiernie rozłożone, obciążenia liniowe lub obciążenia skupione działające na dachach lub stropach, lub jako kombinacja tych obciążeń
- W przypadku projektowania pojedynczego stropu lub dachu obciążenie użytkowe powinno być uwzględnione jako oddziaływanie nieumiejscowione wywierane na najbardziej niekorzystną część powierzchni wpływu analizowanych skutków oddziaływania

## Oddziaływania wywołane dźwignicami zgodnie z EN 1991-3

- Większość budynków przemysłowych musi być wyposażona w urządzenia transportu bliskiego umożliwiające przemieszczanie i transport ładunków w obrębie budynku
- Oddziaływania te określono w normie EN 1991-3 „Oddziaływania na konstrukcje — Oddziaływania wywołane dźwignicami i maszynami”
- Typową dźwignicę wykorzystywaną w budynkach przemysłowych, wraz z głównymi podzespołami, pokazano na rysunku.

# OBCIĄŻENIA UŻYTKOWE



Główne elementy dźwignicy

## Oddziaływania pionowe

- Oddziaływania pionowe obejmują obciążenia statyczne
- Zwykle przyjmuje się dwa położenia wózka suwnicy powodujące najgorszy rozkład obciążenia na torze jezdnym suwnicy:
  - ✓ w połowie rozpiętości dźwignicy
  - ✓ w minimalnej odległości zbliżenia haka do toru jezdnego suwnicy
- Należy również uwzględnić mimośrodowość przyłożenia tych obciążeń przyjmowaną na ogół jako  $\frac{1}{4}$  główki szyny
- W celu uwzględnienia niektórych zjawisk, wartości oddziaływania statycznego korygowane są przez współczynniki dynamiczne

## Oddziaływania poziome

- Należy uwzględnić następujące rodzaje sił poziomych:
  - ✓ siły poziome spowodowane przyspieszaniem i hamowaniem dźwignicy wzdłuż belek jezdnych
  - ✓ siły poziome spowodowane przyspieszaniem i hamowaniem wózka suwnicy wzdłuż pomostu dźwignicy
  - ✓ siły poziome wywoływane zukosowaniem dźwignicy w stosunku do jej ruchu wzdłuż belek toru jezdnego
  - ✓ siły poziome uderzenia w zderzaki spowodowane ruchem dźwignicy
  - ✓ siły poziome uderzenia w zderzaki spowodowane ruchem wózka suwnicy

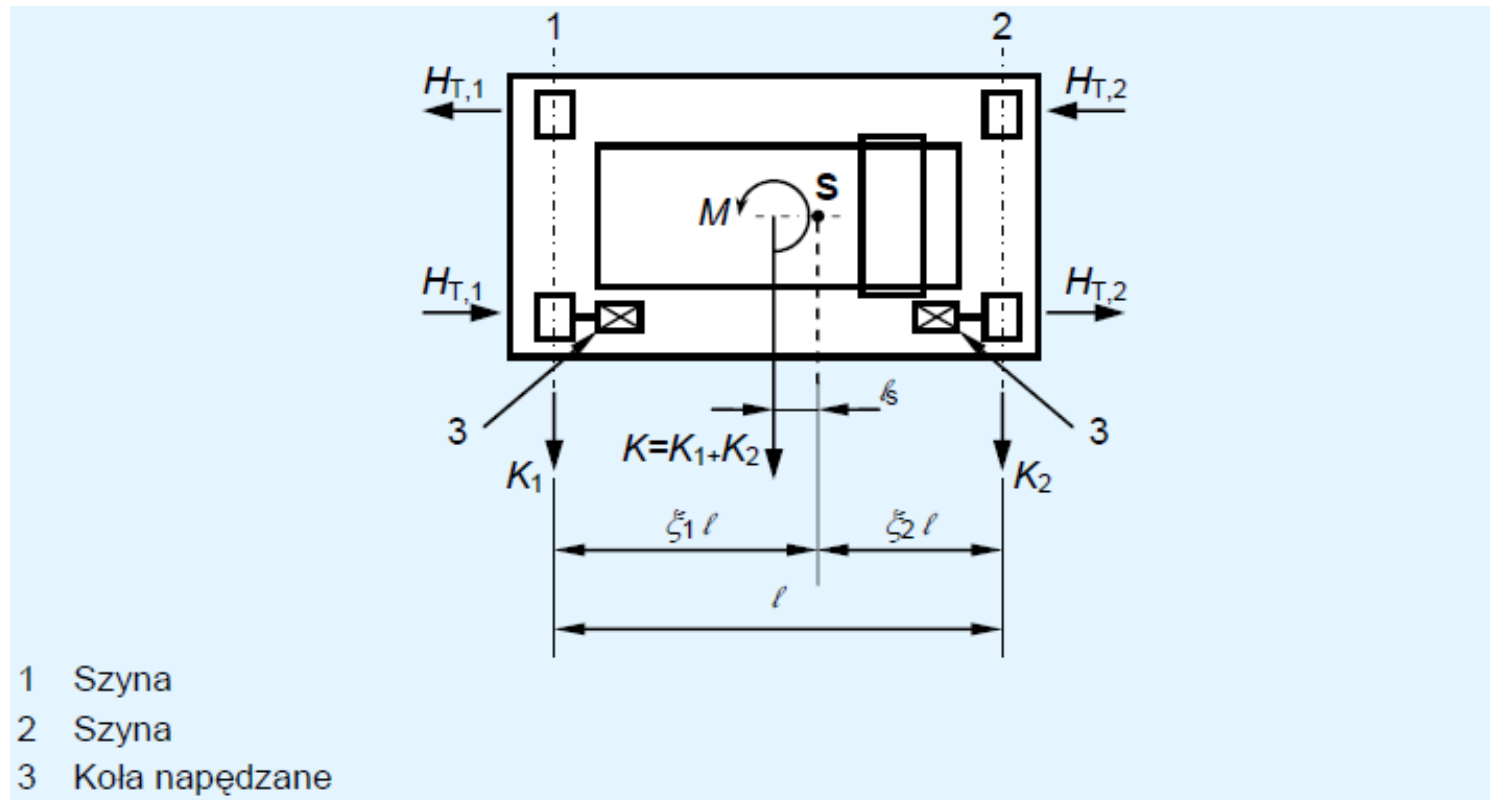
# OBCIĄŻENIA UŻYTKOWE

## **Siły wywoływane przyspieszaniem i hamowaniem dźwignicy wzdłuż toru jezdnej dźwignicy**

- ✓ Działają one na powierzchni styku pomiędzy szyną a kołem
- ✓ Należy je powiększyć, stosując współczynnik dynamiczny  $\varphi_5$
- Wypadkowa siły napędowej nie przechodzi przez środek masy „S”, wywołując parę sił generującą moment przekrzywiający za każdym razem, gdy dźwignica przyśpiesza lub hamuje. Moment ten jest rozdzielany na każdy tor jezdny zgodnie z jego odległością od środka masy

# OBCIĄŻENIA UŻYTKOWE

- Siły te składają się z sił wzdłużnych ( $K_1$  i  $K_2$ ) i sił poprzecznych ( $H_{T,1}$  i  $H_{T,2}$ ) jak pokazano na rysunku:



Siły przyspieszenia



# OBCIĄŻENIA UŻYTKOWE

## Siły spowodowane przekrzywieniem dźwignicy względem jej ruchu wzdłuż belki jezdnej

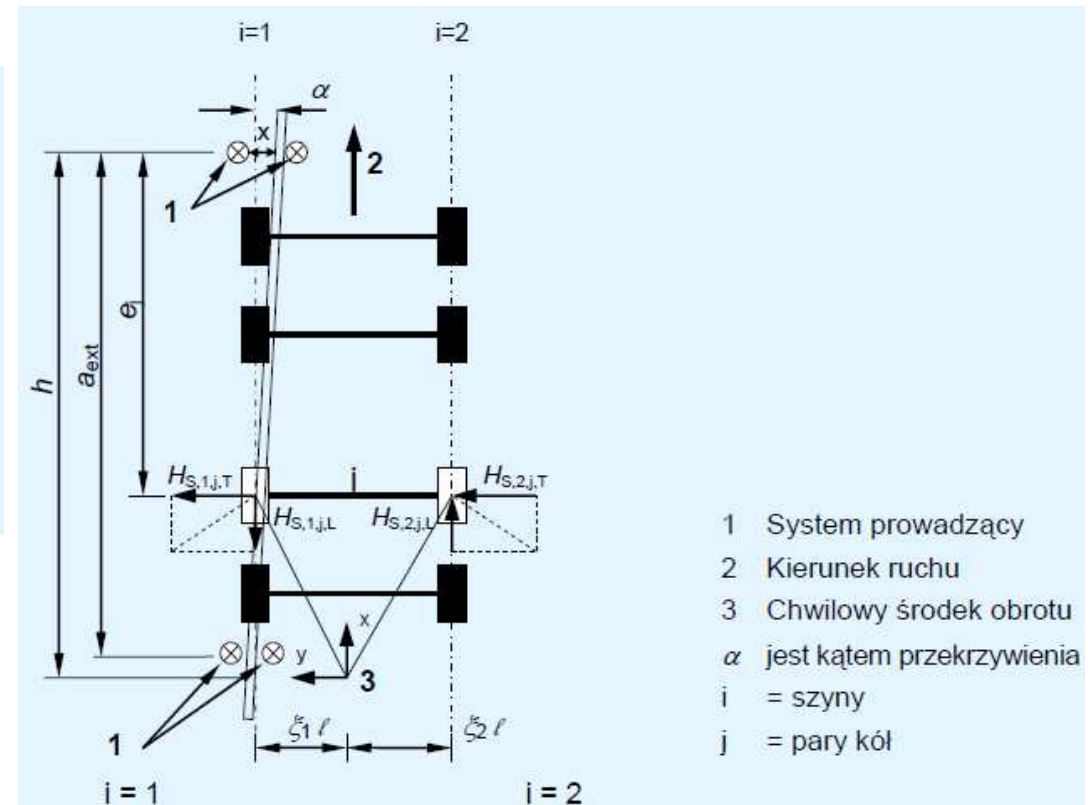
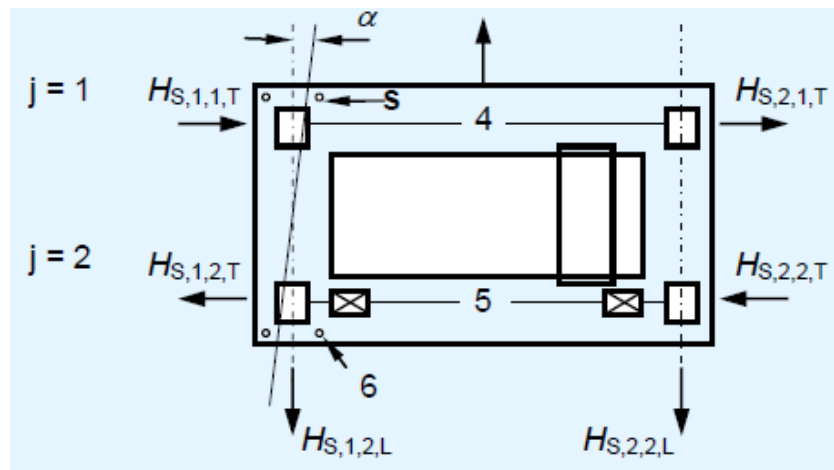
- ✓ Siły opisane poniżej wynikają z jazdy skośnej dźwignicy w momencie, kiedy z jakiegoś powodu przyjmuje ona pozycję przekrzywioną i porusza się ukośnie, dopóki element prowadzący nie wejdzie w kontakt z bokiem szyny
- ✓ Siła boczna działająca na bok szyny zwiększa się, osiągając wartość szczytową „S”; dzięki działaniu tej siły dźwignica powraca do prawidłowego kierunku jazdy, przynajmniej tymczasowo

# OBCIĄŻENIA UŻYTKOWE

- ✓ Obciążenia te działają przy każdym kole ( $H_{S,i,j,k}$ ) a siła prowadząca S (zwana również siłą kierującą) działa przy systemie prowadzącym
- ✓ W przypadku sił  $H_{S,i,j,k}$  indeksy oznaczają:
  - S – „przekrzywienie”
  - i – belka jezdna
  - j – para kół (numer 1 oznacza parę najbardziej oddaloną od środka obrotu)
  - k – kierunek siły — L w przypadku działania wzdłużnego lub T w przypadku działania poprzecznego
- Siła S równoważy sumę sił poprzecznych.

# OBCIĄŻENIA UŻYTKOWE

- Siły wynikające z przekrzywienia składają się z sił wzdłużnych i sił poprzecznych, jak pokazano na rysunku:

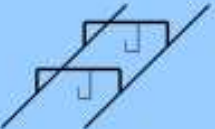
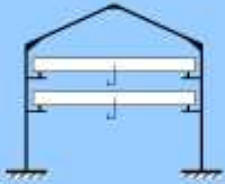



Siły wynikające z przekrzywienia

# OBCIĄŻENIA UŻYTKOWE

## Oddziaływanie wielu dźwignic

- Oddziaływanie wielu dźwignic należy analizować w najbardziej niekorzystnym położeniu:
  - toru jezdnej dźwignicy
  - konstrukcji nośnej

	Liczba dźwignic na każdym torze jezdny	Liczba dźwignic w każdej nawie hali	Liczba dźwignic w budynkach wielonawowych	
Oddziaływanie dźwignicy				
Pionowe	3	4	4	2
Poziome	2	2	2	2

Zalecana maksymalna liczba dźwignic, jaką należy poddać analizie w najbardziej niekorzystnym położeniu

# OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

# OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM

## Informacje ogólne

- ✓ Rozdział ten zawiera wytyczne dotyczące wyznaczania wartości obciążeń śniegiem, które należy wykorzystywać w przypadku typowego budynku jednokondygnacyjnego, zgodnie z normą EN 1991-1-3
- Obciążenia śniegiem należy klasyfikować jako oddziaływania statyczne
- Obciążenia śniegiem powinny by klasyfikowane jako oddziaływania zmienne umiejscowione

# OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM

- Konieczne może być rozważenie dwóch sytuacji obliczeniowych:
  - ✓ **Przejściową/trwałą** sytuację obliczeniową należy stosować w przypadku rozkładów obciążenia zarówno śniegiem równomiernym jak i nierównomiernym w przypadku lokalizacji, w których prawdopodobieństwo wystąpienia wyjątkowych opadów śniegu oraz wyjątkowych zasp śnieżnych jest znikome
  - ✓ **Wyjątkową** sytuację obliczeniową należy stosować w przypadku lokalizacji geograficznych, w których prawdopodobieństwo wystąpienia wyjątkowych opadów śniegu i/lub wyjątkowych zasp śnieżnych jest duże

# OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM

## Sytuacje obliczeniowe

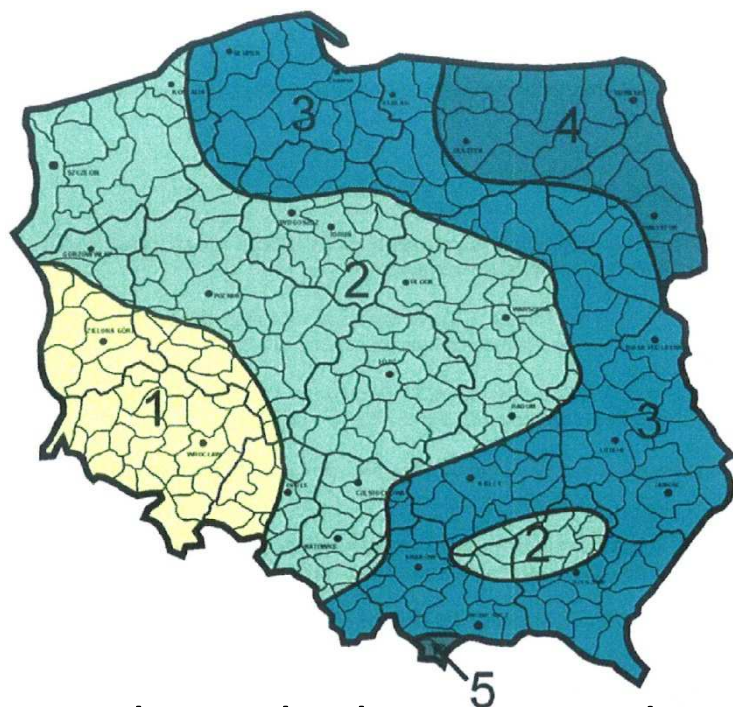
- Różne warunki klimatyczne są źródłem następujących sytuacji obliczeniowych:
  - ✓ **Przypadek A:** Przypadek normalny
  - ✓ **Przypadek B1:** Wyjątkowe opady oraz brak wyjątkowych zamieci
  - ✓ **Przypadek B2:** Wyjątkowe zamiecie oraz brak wyjątkowych opadów
  - ✓ **Przypadek B3:** Wyjątkowe opady oraz wyjątkowe zamiecie
  
- W Załączniku krajowym do normy PN-EN 1991-1-3 zaleca się stosowanie **przypadku A** oraz **przypadku B2** oraz podana jest informacja, że obciążenie wyjątkowymi zaspami śnieżnymi należy traktować jako oddziaływanie wyjątkowe, niezależnie od położenia geograficznego na całym terytorium Polski.



# OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM

## Obciążenie śniegiem gruntu

- W Załączniku krajowym do normy PN-EN 1991-1-3 podano charakterystyczną wartość obciążenia śniegiem gruntu  $s_k$ .
- Podział Polski na strefy obciążenia śniegiem gruntu:



Strefa	$s_k$ , kN/m <sup>2</sup>
1	$0,007A - 1,4$ ; $s_k \geq 0,70$
2	0,9
3	$0,006A - 0,6$ ; $s_k \geq 1,2$
4	1,6
5	$0,93\exp(0,00134A)$ ; $s_k \geq 2,0$

UWAGA: A = Wysokość nad poziomem morza (m)

- W Załączniku krajowym do normy PN-EN 1991-1-3 podano informację, że w Polskiej Normie nie ma zastosowania wyjątkowe obciążenie śniegiem gruntu, określane wartością  $s_{Ad}$ .

# OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM

## Obciążenie śniegiem dachów

- Obciążenie działa pionowo i odnosi się do rzutu poziomego powierzchni dachu.
- Należy rozważyć dwa podstawowe rozkłady obciążenia:
  - ✓ Równomierne obciążenie śniegiem dachu
  - ✓ Nierównomierne obciążenie śniegiem dachu
- Obciążenia śniegiem dachów są wyprowadzane z obciążenia śniegiem gruntu poprzez ich pomnożenie przez odpowiednie współczynniki: kształtu, ekspozycji i termiczny

# OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM

## Obciążenie śniegiem dachów

- ✓ Trwałe/przejściowe sytuacje obliczeniowe:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

- ✓ Wyjątkowe sytuacje obliczeniowe, w których wyjątkowe obciążenie śniegiem jest oddziaływaniem wyjątkowym (wg Załącznika krajowego, ta sytuacja nie ma zastosowania w Polskiej Normie):

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_{Ad}$$

- ✓ Wyjątkowe sytuacje obliczeniowe, gdzie wyjątkowe zaspy śnieżne traktuje się jak oddziaływanie wyjątkowe i w których obowiązuje Załącznik B normy EN 1991-1-3:

$$s = \mu_i \cdot s_k$$

(wg Załącznika krajowego, dopuszcza się stosowanie załącznika B w wyjątkowej sytuacji obliczeniowej z wyjątkiem rozdziału B2, punkty B2(1)-B2(3))

gdzie:

$\mu_i$  jest współczynnikiem kształtu dachu

$C_e$  jest współczynnikiem ekspozycji ( $C_e = 1,0$  jest wartością domyślną)

$C_t$  jest współczynnikiem termicznym ( $C_t \leq 1$ ; 1,0 jest wartością domyślną)

# OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM

## Współczynniki kształtu dachu

- Wartości  $\mu_1$  i  $\mu_2$  mają zastosowanie, gdy dach nie jest wyposażony w elementy zapobiegające ześlizgiwaniu się śniegu
- Jeżeli przeszkody istnieją, współczynnik kształtu dachu nie powinien być mniejszy niż 0,8

Kąt nachylenia dachu $\alpha$	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0.8	$0.8 (60 - \alpha)/30$	0
$\mu_2$	$0.8 + 0.8 \alpha/30$	1.6	-

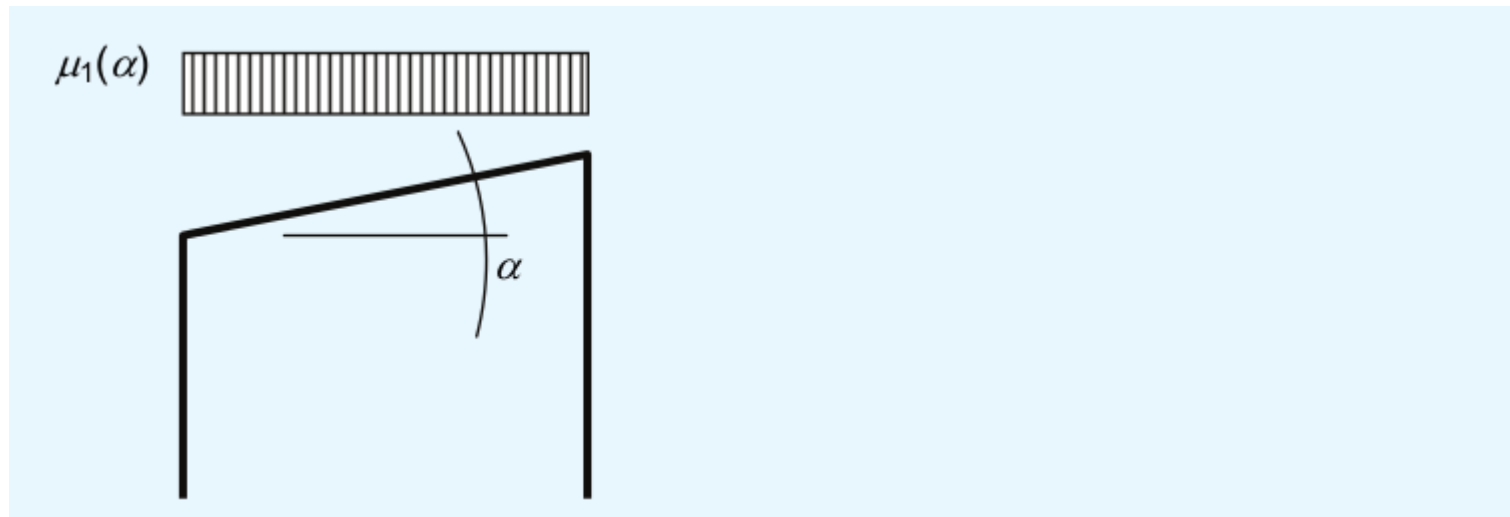
Współczynniki kształtu dachu

EN 1991-1-3

Tablica 5.2

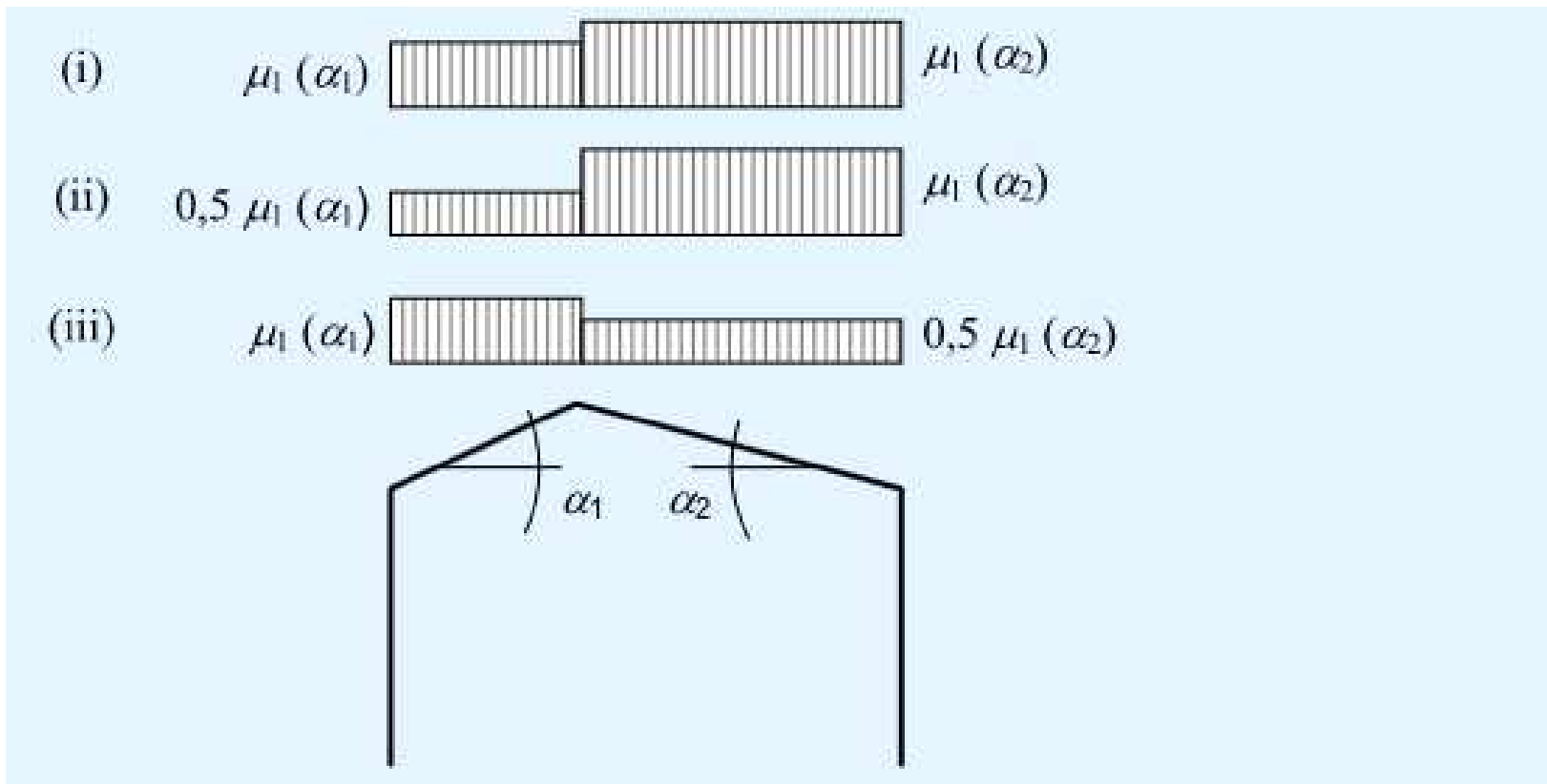
# OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM

- Współczynnik kształtu dachu, który powinien być wykorzystywany w przypadku dachów jednospadowych
- Ten rozkład obciążenia powinien być wykorzystywany zarówno do obciążeń równomiernych, jak i nierównomiernych



Współczynnik kształtu dachu – dachy jednopołaciowe

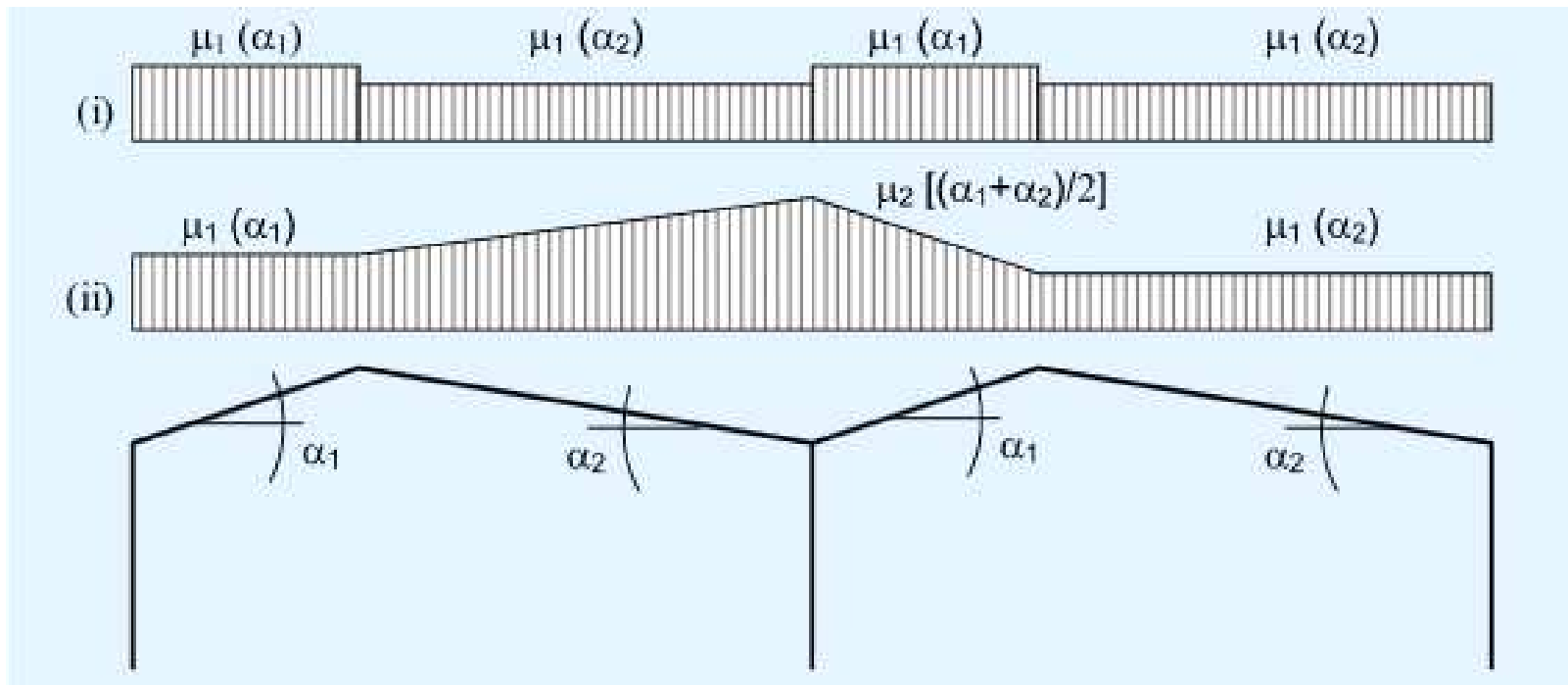
# OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM



- (i) obciążenie równomierne
- (ii) i (iii) obciążenie nierównomierne

Współczynniki kształtu dachu – dachy dwupołaciowe

# OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM



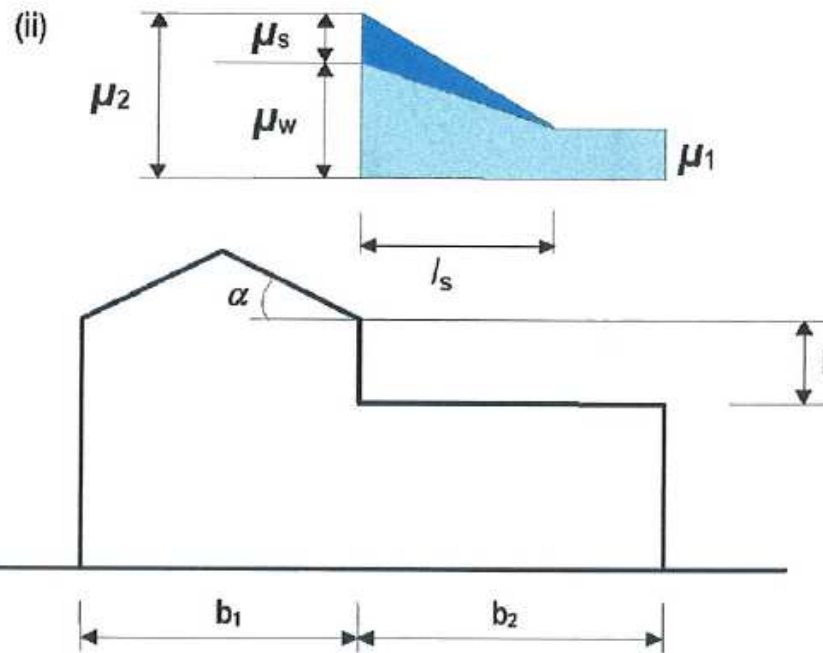
(i) obciążenie równomierne

(ii) obciążenie nierównomierne

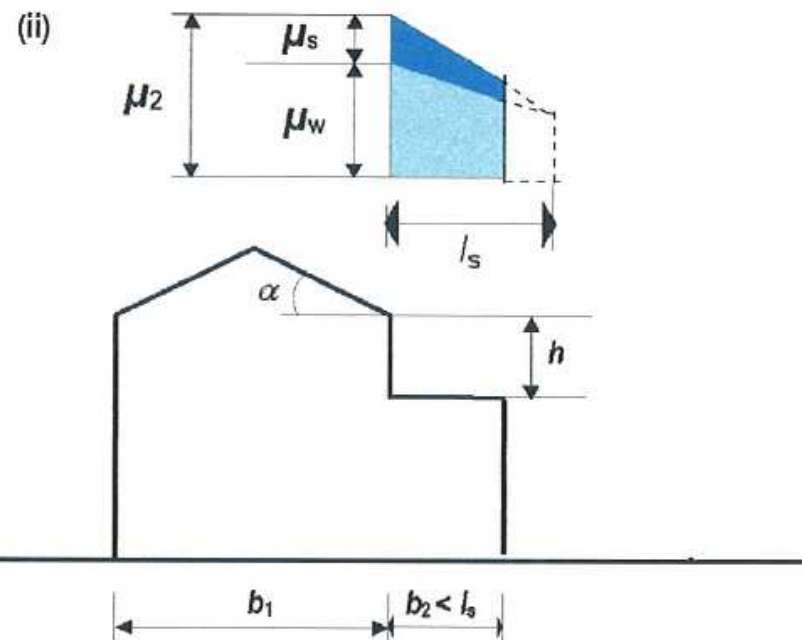
Współczynniki kształtu dachu – dachy wielopołaciowe

# OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM

Przypadek



Przypadek



Ten przypadek stosuje się, jeżeli  $b_2 < l_s$

Współczynniki kształtu dachu dla dachów przylegających do wyższych budowli



# OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM

✓ Współczynniki kształtu dachu, które powinny być wykorzystywane w przypadku dachów przylegających do wyższych budowli zaprezentowano na poprzednim rysunku, gdzie  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\mu_s$ ,  $\mu_w$  są określone następującymi wyrażeniami:

✓  $\mu_1 = 0,8$

W przypadku tej wartości zakłada się, że dach niższy jest płaski.

Jeżeli tak nie jest, należy przeprowadzić dokładną analizę, uwzględniając kierunek nachylenia

✓  $\mu_2 = \mu_s + \mu_w$

gdzie:

➤  $l_s$  jest długością zasy określonej jako:  $l_s = 2 h$

$$5 \text{ m} \leq l_s \leq 15 \text{ m}$$

# OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM

$\mu_s$  jest współczynnikiem kształtu dachu uwzględniającym efekt ześlizgiwania się śniegu z dachu wyższego:

dla  $\alpha \leq 15^\circ$ ,  $\mu_s = 0$

dla  $\alpha > 15^\circ$ ,  $\mu_s =$  połowa obciążenia śniegiem przyległej połaci dachu wyższego

$\mu_w$  jest współczynnikiem kształtu dachu uwzględniającym wpływ wiatru

$$\mu_w = (b_1 + b_2) / 2h \quad \text{oraz} \quad \mu_w \leq \gamma h / s_k$$

Zalecany zakres:  $0,8 \leq \mu_w \leq 4$

$b_1$ ,  $b_2$  i  $h$  zdefiniowano na poprzednim rysunku

$\gamma$  jest ciężarem objętościowym śniegu, przyjmowany do tych obliczeń jako  $2 \text{ kN/m}^3$

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

- Niniejszy rozdział zawiera wytyczne dotyczące wyznaczania wartości oddziaływania wiatru, które należy wykorzystywać w przypadku projektów typowych budynków jednokondygnacyjnych, zgodnie z normą EN 1991-1-4
- Reguły te dotyczą całej konstrukcji lub jej części, np. elementów, okładzin czy elementów złącznych
- Oddziaływania wiatru należy klasyfikować jako oddziaływania zmienne
- W przypadku każdej zidentyfikowanej sytuacji obliczeniowej należy wyznaczyć odpowiednie oddziaływania wiatru
- Oddziaływanie wiatru reprezentowane jest uproszczonym układem ciśnień lub sił, których skutki są równoważne ekstremalnym skutkom wiatru turbulentnego

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

## Wartość szczytowa ciśnienia prędkości

- Szczytowe ciśnienie prędkości  $q_p(z)$  to ciśnienie prędkości wykorzystywane w obliczeniach
- Równe jest średniemu ciśnieniu prędkości powiększonemu o chwilowe fluktuacje prędkości
- Szczytowe ciśnienie prędkości może być obliczone na podstawie poniższej procedury zawartej w EN 1991-1-4:

Parametr	Punkt/Rozdział
<b>Wartość szczytowa ciśnienia prędkości <math>q_p</math></b>	
bazowa prędkość wiatru $v_b$	4.2 (2)P
wysokość odniesienia $z_e$	Rozdział 7
kategoria terenu	Tablica 4.1
wartość charakterystyczna szczytowego ciśnienia prędkości $q_p$	4.5 (1)
intensywność turbulencji $I_v$	4.4
średnia prędkość wiatru $v_m$	4.3.1
współczynnik rzeźby terenu $c_o(z)$	4.3.3
współczynnik chropowatości $c_r(z)$	4.3.2

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

## 1. Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru $v_{b,0}$

Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru jest charakterystyczną, średnią 10-minutową prędkością wiatru wiejącego na wysokości 10 m nad poziomem gruntu w otwartym terenie wiejskim, bez względu na kierunek wiatru i porę roku.

Wartości  $v_{b,0}$  są podane w Załączniku krajowym do normy PN-EN 1991-1-4 i zależą od stref wiatrowych:



Tablica NA.1 – Wartości podstawowe bazowej prędkości wiatru i ciśnienia prędkości wiatru w strefach

Strefa	$v_{b,0}$ (m/s)	$v_{b,0}$ (m/s)	$q_{b,0}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$q_{b,0}$ (kN/m <sup>2</sup> )
	$A \leq 300$ m	$A > 300$ m	$A \leq 300$ m	$A > 300$ m
1	22	$22 \cdot [1 + 0,0006 (A - 300)]$	0,30	$0,30 \cdot [1 + 0,0006 (A - 300)]^2$
2	26	26	0,42	0,42
3	22	$22 \cdot [1 + 0,0006 (A - 300)]$	0,30	$0,30 \cdot [1 + 0,0006 (A - 300)]^2 \cdot \left[ \frac{20000 - A}{20000 + A} \right]$

UWAGA:  $A$  – wysokość nad poziomem morza (m)

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

## 2. Bazowa prędkość wiatru $v_b$

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0}$$

gdzie:

$C_{dir}$  - współczynnik kierunkowy (podany w Załączniku krajowym)

Tablica NA.2 – Wartości współczynnika kierunkowego

Strefa	Kierunek wiatru (sektor)											
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,8	0,7					0,8	0,9	1,0		0,9	
2	1,0	0,9	0,8	0,7			0,8	0,9	1,0			
3	0,8	0,7			0,9	1,0						

UWAGA: Sektor 1 oznacza kierunek północny 0° (360°)

$C_{season}$  jest współczynnikiem sezonowym (zalecana wartość 1,0)

## 3. Bazowe ciśnienie prędkości $q_b$

Bazowe ciśnienie prędkości  $q_b$  obliczane jest następująco:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2$$

gdzie:  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$  (wartość zalecana dla gęstości powietrza)

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

## 4. Współczynnik terenu $k_r$

$$k_r = 0,19 \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}$$

gdzie:

$z_0$  jest długością chropowatości zgodnie z kategorią terenu

$z_{0,II}$  jest długością chropowatości dla kategorii II terenu:

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

## 5. Współczynnik chropowatości $c_r(z)$

$$c_r(z) = k_r \ln(z/z_0) \quad \text{dla } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad \text{dla } z \leq z_{\min}$$

gdzie:

$z$  jest wysokością odniesienia zdefiniowaną na rysunku 7.4 w normie EN 1991-1-4

$z_{\min}$  zależy od kategorii terenu, Tabela 4.1 normy EN 1991-1-4.

$$z_{\max} = 200 \text{ m}$$

Wartości współczynnika chropowatości można wyznaczyć na podstawie Załącznika krajowego (Tablica NA.3)



## 6. Współczynnik rzeźby terenu (orografii) $c_o(z)$

Orografia obejmuje analizę ukształtowania terenu w sąsiedztwie danej konstrukcji.

$c_o(z) = 1,0$  gdy średnie nachylenie terenu nawietrznego  $< 3^\circ$

## 7. Współczynnik turbulencji $k_t$

Zalecana wartość wynosi 1,0.

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

## 8. Szczytowe ciśnienie prędkości $q_p(z)$

$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)] \frac{1}{2} \rho \cdot v_m^2(z)$$

gdzie:

$I_v(z)$  jest intensywnością turbulencji, która umożliwia uwzględnienie udziału krótkookresowych wahań

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad \text{dla } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad \text{dla } z < z_{\min}$$

$$z_{\max} = 200 \text{ m}$$

$v_m(z)$  - średnia prędkość wiatru na wysokości powyżej poziomego terenu:

$$v_m(z) = c_r(z) c_0(z) v_b$$

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

## Alternatywa dla kroku 8:

- W przypadku budynków jednokondygnacyjnych wyznaczenie średniej prędkości wiatru  $v_m(z)$  nie jest bezwzględnie wymagane. Szczytowe ciśnienie prędkości może być uzyskane bezpośrednio ze współczynnika ekspozycji  $c_e(z)$ :

$$q_p(z) = C_e(z)q_b$$

gdzie:

$$c_e(z) = \left( 1 + \frac{7k_l k_r}{c_0(z)c_r(z)} \right) c_0^2(z)c_r^2(z)$$

Wartości współczynnika  $C_e(z)$  można przyjąć z Tablicy NA.3 z Załącznika krajowego do normy PN-EN 1991-1-4

- W przypadku terenu płaskiego ( $c_0(z) = 1$ ) i współczynnika turbulencji  $k_l = 1$ , współczynnik ekspozycji  $c_e(z)$  może być odczytany z rysunku 4.2 normy EN 1991-1-4, jako funkcja wysokości nad poziomem terenu oraz funkcja kategorii terenu.

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

## Ciśnienie wiatru wywierane na powierzchnię – siły wiatru

- Występują trzy rodzaje sił wiatru oddziałujących na budynek:
  - ✓ Siły zewnętrzne  $F_{w,e}$
  - ✓ Siły wewnętrzne  $F_{w,i}$
  - ✓ Siły tarcia  $F_{fr}$
  
- Siły zewnętrzne i wewnętrzne powodują powstawanie ciśnień prostopadłych do ścian
  
- Zgodnie z konwencją znaków ciśnienie zwrócone ku powierzchni ma wartość dodatnią, natomiast podciśnienie skierowane od powierzchni ma wartość ujemną

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

- **Wypadkowa siła wiatru**  $F_w$  działająca na konstrukcję może być w sposób ogólny wyrażona następująco:

$$F_w = c_s c_d c_f q_p(z_e) A_{ref}$$

gdzie:

$c_s c_d$  jest współczynnikiem konstrukcyjnym (w przypadku budynków niższych niż 15 m, może być przyjęty jako 1)

$c_f$  jest współczynnikiem siły aerodynamicznej konstrukcji

$A_{ref}$  jest polem powierzchni odniesienia konstrukcji (lub elementu konstrukcyjnego). Może być tutaj zdefiniowane jako pole powierzchni rzutu konstrukcji lub elementu konstrukcyjnego na płaszczyznę pionową prostopadłą do kierunku wiatru.

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

➤ **Siły zewnętrzne** obliczane są ze wzoru:

$$F_{w,e} = c_s c_d \sum_{\text{powierzchnie}} w_e A_{\text{ref}}$$

gdzie:

$c_s c_d$  jest współczynnikiem konstrukcyjnym

$w_e$  jest ciśnieniem wiatru wywieranym na powierzchnię zewnętrzną

$$w_e = q_p(z_e) c_{pe}$$

$q_p(z_e)$  jest szczytowym ciśnieniem prędkości na wysokości odniesienia  $z_e$

$z_e$  jest wysokością odniesienia dla ciśnienia zewnętrznego (przeważnie jest to wysokość konstrukcji). Zależy ona od współczynnika kształtu  $h/b$ , gdzie  $h$  jest wysokością budynku, natomiast  $b$  jest wymiarem poprzecznym do kierunku wiatru.

$c_{pe}$  jest współczynnikiem ciśnienia zewnętrznego

$A_{\text{ref}}$  jest polem powierzchni odniesienia

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

➤ **Siły wewnętrzne** są obliczane ze wzoru:

$$F_{w,i} = \sum_{\text{powierzchnie}} w_i A_{\text{ref}}$$

gdzie:

$w_i$  jest ciśnieniem wiatru wywieranym na powierzchnię wewnętrzną

$$w_i = q_p(z_i) c_{pi}$$

$q_p(z_i)$  jest szczytowym ciśnieniem prędkości na wysokości  $z_i$   
(zazwyczaj:  $q_p(z_i) = q_p(z_e)$ )

$z_e$  jest wysokością odniesienia dla ciśnienia wewnętrznego  
(zazwyczaj:  $z_i = z_e$ )

$C_{pi}$  jest współczynnikiem ciśnienia dla ciśnienia wewnętrznego

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

➤ **Siły tarcia** są obliczane ze wzoru:

$$F_{fr} = c_{fr} q_p(z_e) A_{fr}$$

gdzie:

$c_{fr}$  jest współczynnikiem tarcia. Można przyjąć, że jest on równy:

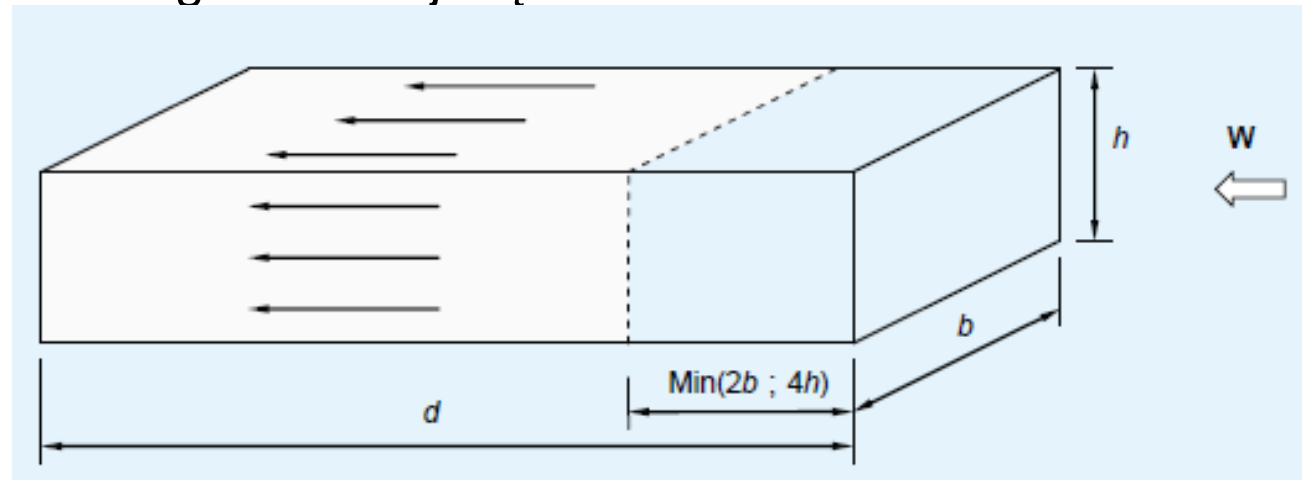
0,01 w przypadku powierzchni gładkich

0,02 w przypadku powierzchni chropowatych

0,03 w przypadku powierzchni o wysokiej chropowatości.

$A_{fr}$  jest polem powierzchni odniesienia.

Siły tarcia należy przykładać do części powierzchni zewnętrznych równoległych do kierunku wiatru, znajdujących się poza obszarem okapów lub narożników po stronie nawietrznej na odległość mniejszą z dwóch  $2b$  lub  $4h$ . Wielkości  $b$  oraz  $h$  zdefiniowano na rysunku.

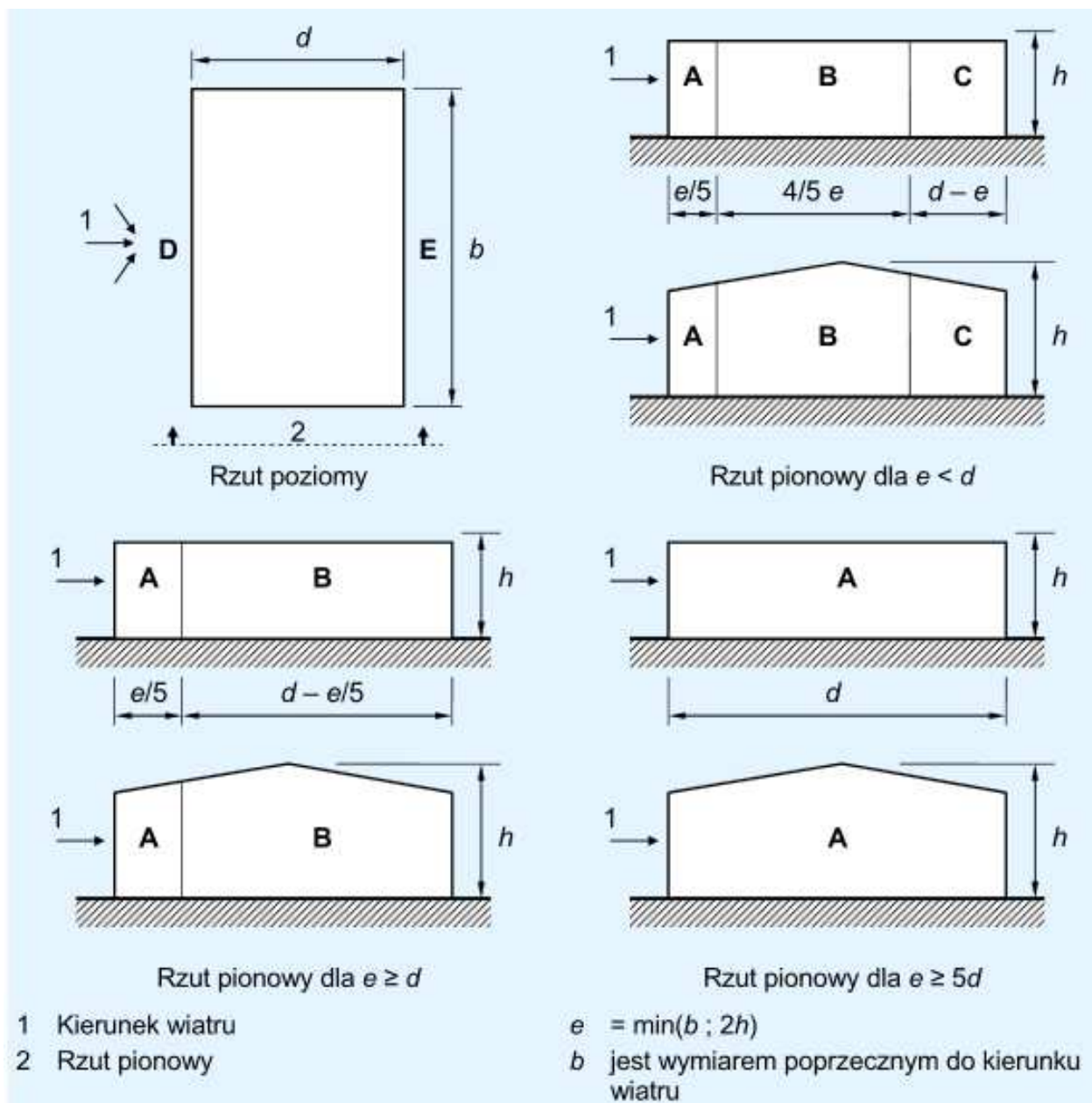


Siły tarcia



# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

- Współczynniki ciśnienia zewnętrznego na ścianach pionowych
- ✓ Wartości współczynników ciśnienia zewnętrznego podane w tabelach Eurokodu są przyporządkowane określonym strefom ścian.
- ✓ Współczynniki zależą od wielkości obciążonej powierzchni, generującej oddziaływanie wiatru w rozważanej strefie.



Oznaczenia ścian pionowych

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

- ✓ Znajdujące się w tabelach współczynniki ciśnienia zewnętrznego podano dla obciążonych powierzchni o polu równym  $1 \text{ m}^2$  ( $c_{pe,1}$ ) i  $10 \text{ m}^2$  ( $c_{pe,10}$ ). W niniejszym przewodniku brane są pod uwagę jedynie współczynniki  $c_{pe,10}$ , ponieważ są one używane do projektowania całkowitej konstrukcji nośnej budynków.
- ✓ Strefy dla ścian pionowych zdefiniowano na rysunku 7.5 normy EN 1991-1-4, a współczynniki ciśnienia zewnętrznego  $c_{pe,10}$  podano w tabeli 7.1 normy EN 1991-1-4. Do wyznaczenia wartości pośrednich stosunku  $h/d$  może być stosowana interpolacja liniowa.
- ✓ Wartości współczynników ciśnienia zewnętrznego mogą być podane w Załączniku krajowym.

W przypadku budynków o stosunku  $h/d > 5$  całkowite obciążenie wiatrem może być wyznaczone w oparciu o współczynniki siły  $c_f$ .

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

W przypadkach, w których siła wiatru oddziałująca na konstrukcje budowlane jest wyznaczana przez zastosowanie współczynnika ciśnienia  $c_{pe}$  jednocześnie po stronie nawietrznej i zawietrznej budynku (strefa D i E), brak korelacji pomiędzy ciśnieniem wiatru po stronie nawietrznej i zawietrznej można uwzględnić w następujący sposób:

- ✓ w przypadku budynków o stosunku  $h/d \geq 5$  siła wynikowa mnożona jest przez 1
- ✓ w przypadku budynków o stosunku  $h/d \leq 1$  siła wynikowa mnożona jest przez 0,85
- ✓ do wyznaczenia wartości pośrednich stosunku  $h/d$  może być stosowana interpolacja liniowa.

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

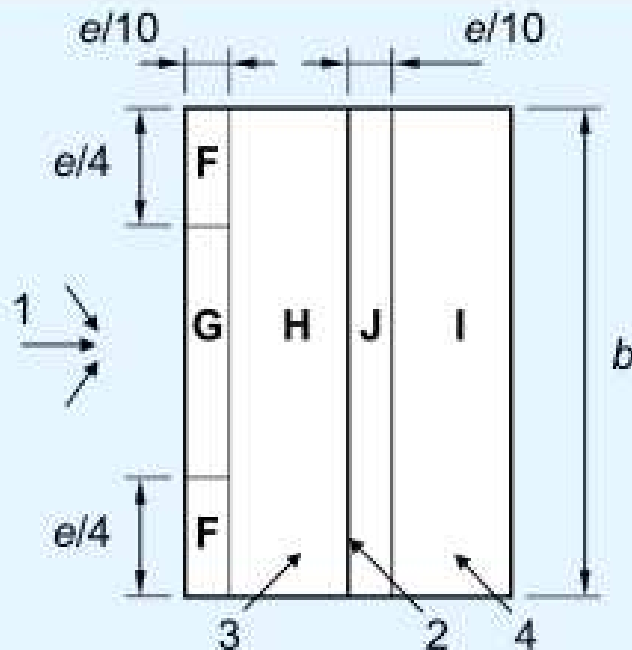
## Współczynniki ciśnienia zewnętrznego na dachach

Strefy dla dachów oraz współczynniki zewnętrzne  $c_{pe,10}$  dołączone do tych stref zdefiniowano w normie EN 1991-1-4 w następujący sposób:

- ✓ Dachy płaskie: rysunek 7.6 i tabela 7.2
- ✓ Dachy jednospadowe: rysunek 7.7 oraz tabele 7.3a i 7.3b
- ✓ Dachy dwuspadowe: rysunek 7.8 oraz tabele 7.4a i 7.4b
- ✓ Dachy czterospadowe: rysunek 7.9 i tabela 7.5
- ✓ Dachy wieloprzęstowe: rysunek 7.10 i współczynniki  $c_{pe}$  z tabel od 7.3 do 7.4.

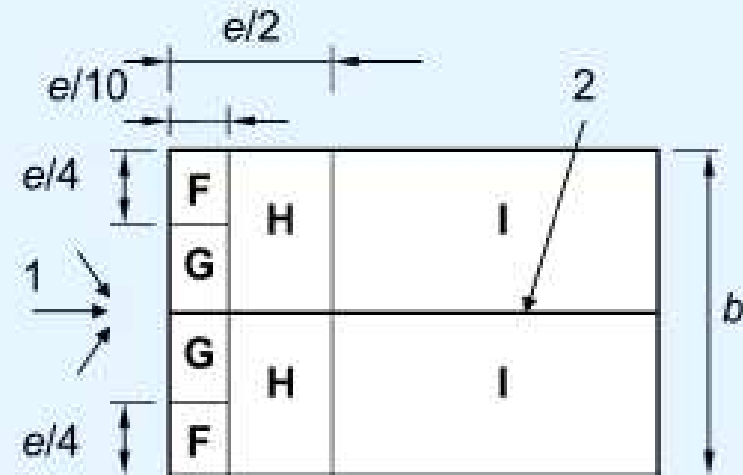
Dla przykładu pokazano oznaczenie stref dachów dwuspadowych.

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU



Wiatr napierający na dłuższy bok  
(prostopadle do linii grzbietu dachu)

- 1 Kierunek wiatru
- 2 Linia grzbietu dachu
- 3 Powierzchnia nawietrzna
- 4 Powierzchnia zawietrzna



Wiatr napierający na ścianę szczytową  
(równoległe do linii grzbietu dachu)

- $e = \min(b ; 2h)$
- $b$  jest wymiarem poprzecznym do kierunku wiatru

Strefy dla dachów dwuspadowych

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

## Współczynniki ciśnienia wewnętrznego

- Współczynniki ciśnienia wewnętrznego  $c_{pi}$  zależą od rozmiaru oraz rozmieszczenia otworów w zewnętrznych przegrodach budynku.
- Gdy przynajmniej na dwóch stronach budynku (fasadach lub dachu) sumaryczna powierzchnia otworów przekracza 30% powierzchni każdej z nich, konstrukcję należy uznać za zbudowaną z zadaszenia i ścian wolnostojących.
- Elewację budynku należy uważać za dominującą, gdy powierzchnia otworów w niej wykonanych jest co najmniej dwukrotnie większa od powierzchni otworów w pozostałych elewacjach rozpatrywanego budynku.

# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

- Tam gdzie zewnętrzny otwór byłby dominujący, gdyby był otwarty, ale w stanie granicznym nośności jest uważany za zamknięty, podczas silnych wichur (wiatr wykorzystywany do projektowania konstrukcji), stan z otwartym otworem należy uważać za wyjątkową sytuację obliczeniową.
- W przypadku budynków z elewacją dominującą, ciśnienie wewnętrzne należy przyjmować jako część ciśnienia zewnętrznego w obszarze otworów na elewacji dominującej:
  - ✓ Jeżeli powierzchnia otworów w elewacji dominującej = 2 × powierzchnia otworów w pozostałych elewacjach  $\Rightarrow c_{pi} = 0,75 c_{pe}$
  - ✓ Jeżeli powierzchnia otworów w elewacji dominującej = 3 × powierzchnia otworów w pozostałych elewacjach  $\Rightarrow c_{pi} = 0,90 c_{pe}$
  - ✓ Jeżeli powierzchnia otworów w elewacji dominującej = od 2 do 3 x powierzchnia otworów w pozostałych elewacjach: do obliczenia  $c_{pi}$  stosuje się interpolację liniową.

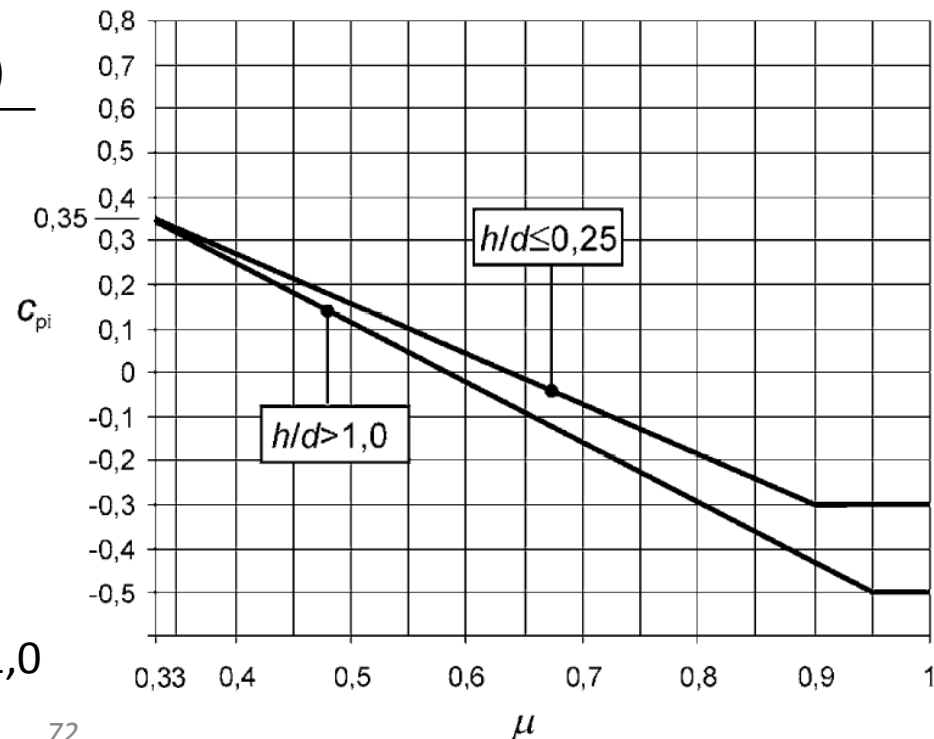
# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

- W przypadku, gdy otwory zlokalizowane są w strefach o różnych wartościach  $c_{pe}$ , należy wykorzystać wartość średnią ważoną powierzchni.
- W przypadku budynków bez elewacji dominującej współczynnik  $c_{pi}$  powinien zostać wyznaczony z funkcji stosunku  $h/d$  oraz współczynnika otworów  $\mu$  dla każdego kierunku, jak pokazano na rysunku, gdzie:

$$\mu = \frac{\sum \text{powierzchnia otworów (gdzie } c_{pe} \leq 0)}{\sum \text{powierzchnia wszystkich otworów}}$$

Wartości współczynnika ciśnienia wewnętrznego do stosowania w przypadku otworów równomiernie rozmieszczonych

W przypadku wartości od  $h/d = 0,25$  a  $h/d = 1,0$  można zastosować interpolację liniową.





# ODDZIAŁYWANIA WIATRU

- Tam gdzie dla danego przypadku oszacowanie  $\mu$  jest niemożliwe lub uważa się je za nieuzasadnione, współczynnik  $c_{pi}$  powinien zostać przyjęty jako bardziej obciążający spośród wartości + 0,2 oraz - 0,3.
- Wysokość odniesienia  $z_i$  dla ciśnień wewnętrznych powinna być równa wysokości odniesienia  $z_e$  dla ciśnień zewnętrznych na elewacjach, które z powodu znajdujących się w nich otworów przyczyniają się do generowania ciśnienia wewnętrznego.
- Zazwyczaj w przypadku budynków jednokondygnacyjnych,  $z_i = z_e = h$ , a ciśnienie prędkości  $q_p(z)$

$$q_p(z_i) = q_p(z_e) = q_p(h)$$

# WPŁYW TEMPERATURY



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

# WPŁYW TEMPERATURY

- Budynki, które nie są poddane codziennym lub sezonowym zmianom klimatycznym nie muszą być zawsze sprawdzane pod względem oddziaływań termicznych.
- W przypadku dużych budynków zazwyczaj dobrą praktyką jest projektowanie złączy kompensacyjnych, tak aby zmiany temperatury nie wywoływały sił wewnętrznych w konstrukcji.
- Gdy wpływ temperatury musi zostać uwzględniony, zasady jego wyznaczania można znaleźć w normie EN 1993-1-5.

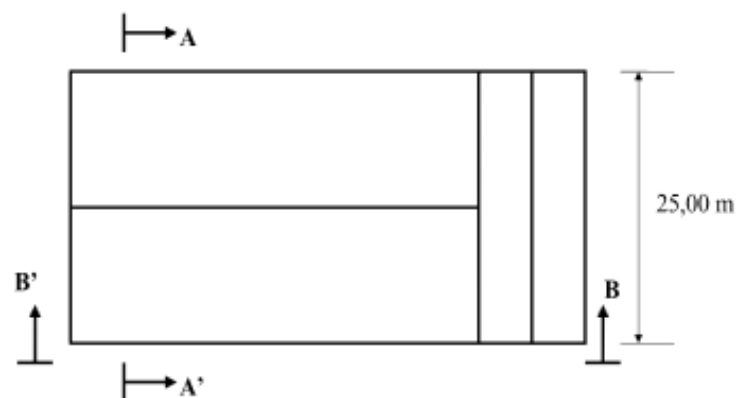
# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY A



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

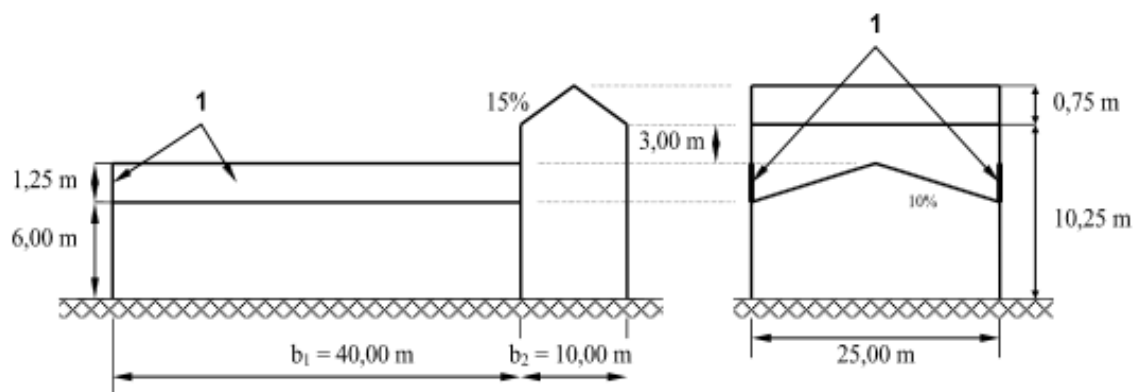
# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY A – DANE

Ten przykład praktyczny dotyczy budynku jednokondygnacyjnego pokazanego poniżej.



Rzut poziomy

Rysunek A.1  
Geometria budynku



Przekrój- BB'

Przekrój- AA'

1 Attyki

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY– OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM GRUNTU

**Wartość charakterystyczna  $s_k$  obciążenia śniegiem gruntu:**

$$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

EN 1991-1-3 §4.1

+ Załącznik krajowy

**Obciążenie śniegiem dachu**

EN 1991-1-3 § 5.2(1)

Obciążenia działają pionowo i odnoszą się do rzutu poziomego powierzchni dachu.

Należy rozważyć dwa podstawowe rozkłady obciążenia:

- równomierne obciążenie śniegiem dachu,
- nierównomierne obciążenie śniegiem dachu.

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU

**Obciążenia śniegiem dachu** wyznaczone są w następujący sposób:

- ✓ W trwałej (warunki normalnego użytkowania) i przejściowej (tymczasowe warunki użytkowania) sytuacji obliczeniowej:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad \text{EN 1991-1-3 §5.2(3) a)}$$

- ✓ W wyjątkowej sytuacji obliczeniowej, w której wyjątkowe zasy śnieżne traktuje się jako oddziaływanie wyjątkowe i gdzie stosuje się Załącznik B:

$$s = \mu_i \cdot s_k \quad \text{EN 1991-1-3 §5.2(3) c)}$$

gdzie:

$\mu_i$  jest współczynnikiem kształtu dachu EN 1991-1-3 §5.3

$C_e$  jest współczynnikiem ekspozycji,  $C_e = 1,0$  EN 1991-1-3 § 5.2(7)

$C_t$  jest współczynnikiem termicznym,  $C_t = 1,0$  EN 1991-1-3 § 5.2(8)

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU

## Dach górny (dach dwuspadowy)

➤ Kąt nachylenia dachu (15%):

$$\alpha = \arctan(0,15) = 8,5^\circ$$

$$0 \leq \alpha \leq 30^\circ$$

EN 1991-1-3§ 5.3.3

Rysunek 5.3

### Trwałe/przejściowe sytuacje obliczeniowe

✓ Przypadek (i): równomierny rozkład obciążenia śniegiem

$$\mu_1(\alpha = 8,5^\circ) = 0,8$$

$$s = 0,8 \times 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

✓ Przypadek (ii): nierównomierny rozkład obciążenia śniegiem

$$0,5 \mu_1(\alpha = 8,5^\circ) = 0,4$$

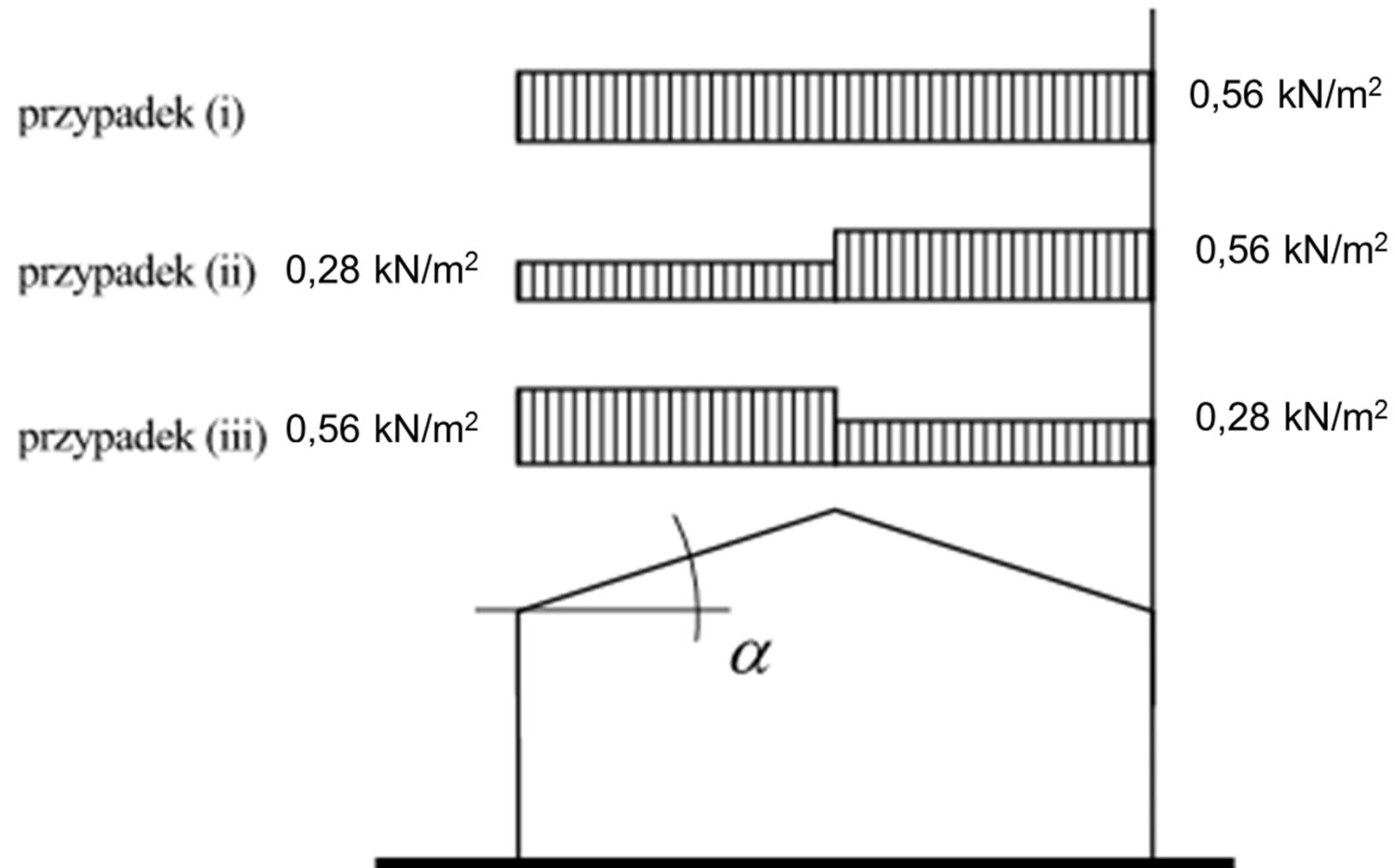
$$s = 0,4 \times 0,7 = 0,28 \text{ kN/m}^2$$

✓ Przypadek (iii): nierównomierny rozkład obciążenia śniegiem

Z powodu symetrii dachu ( $\alpha_1 = \alpha_2 = 8,5^\circ$ ) przypadek (iii) jest symetryczny względem przypadku (ii).



# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU



EN 1991-1-3  
Rysunek 5.3

Rysunek A.2 Rozkłady obciążenia śniegiem dachu  
wyższego w trwałej sytuacji obliczeniowej

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU

➤ **Dach niższy: dach dwuspadowy przylegający do wyższego budynku**

Kąt nachylenia dachu (10%):

$$\alpha = \arctan(0,10) = 5,7^\circ \quad 0 \leq \alpha \leq 30^\circ \quad \text{EN 1991-1-3} \S 5.3.6(1)$$

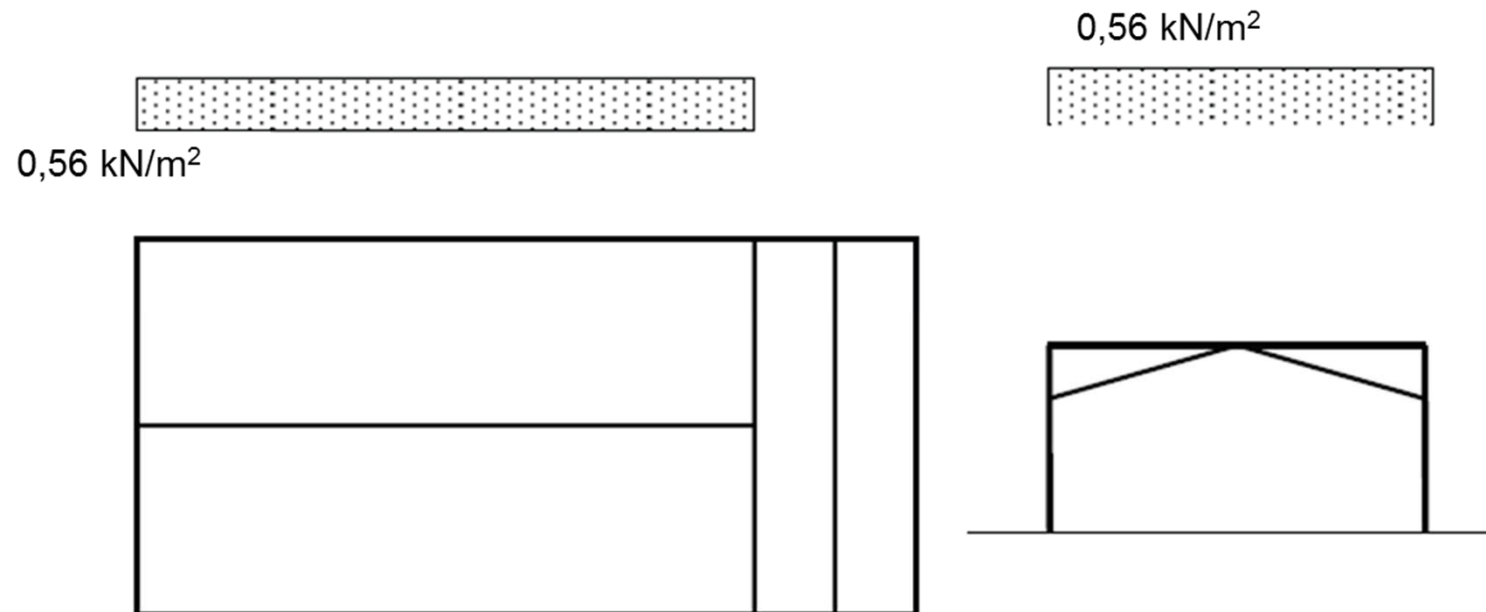
Trwałe/przejściowe sytuacje obliczeniowe

✓ Przypadek (i): równomierny rozkład obciążenia śniegiem

$$\mu_1(\alpha = 5,7^\circ) = 0,8$$

$$s = 0,8 \times 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU



Rysunek A.3 Równomierny rozkład obciążenia śniegiem dachu niższego w trwałej sytuacji obliczeniowej

## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY– OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU

- ✓ Przypadek (ii): nierównomierny rozkład obciążenia śniegiem

$$\mu_1 (\alpha = 5,7^\circ) = 0,8$$

$$s = 0,8 \times 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$$

gdzie:

$\mu_s$  jest współczynnikiem kształtu dachu związanym z ześlizgiwaniem się śniegu z dachu wyższego.

$$\text{dla } \alpha \leq 15^\circ, \mu_s = 0$$

$\mu_w$  jest współczynnikiem kształtu dachu związanym z wiatrem.

$$\mu_w = (b_1 + b_2)/2h \quad \text{wraz z} \quad \mu_w \leq \gamma h / s_k$$

$$b_1 = 10 \text{ m} \quad b_2 = 40 \text{ m}$$

$h$  zmienia się od 3 m w kalenicy do 4,25 m przy okapach

$$\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$$

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU

**W kalenicy:**

$$\gamma h / s_k = 2 \times 3 / 0,7 = 8,6$$

$$\mu_w = (10 + 40) / (2 \times 3) = 8,3 \leq \gamma h / s_k$$

**Przy okapach:**

$$\gamma h / s_k = 2 \times 4,25 / 0,7 = 12,1$$

$$\mu_w = (10 + 40) / (2 \times 4,25) = 5,9 \leq \gamma h / s_k$$

Ale ponieważ wartość  $\mu_w$  nie powinna przekraczać 4, więc:

$$\mu_w = 4$$

Zatem:

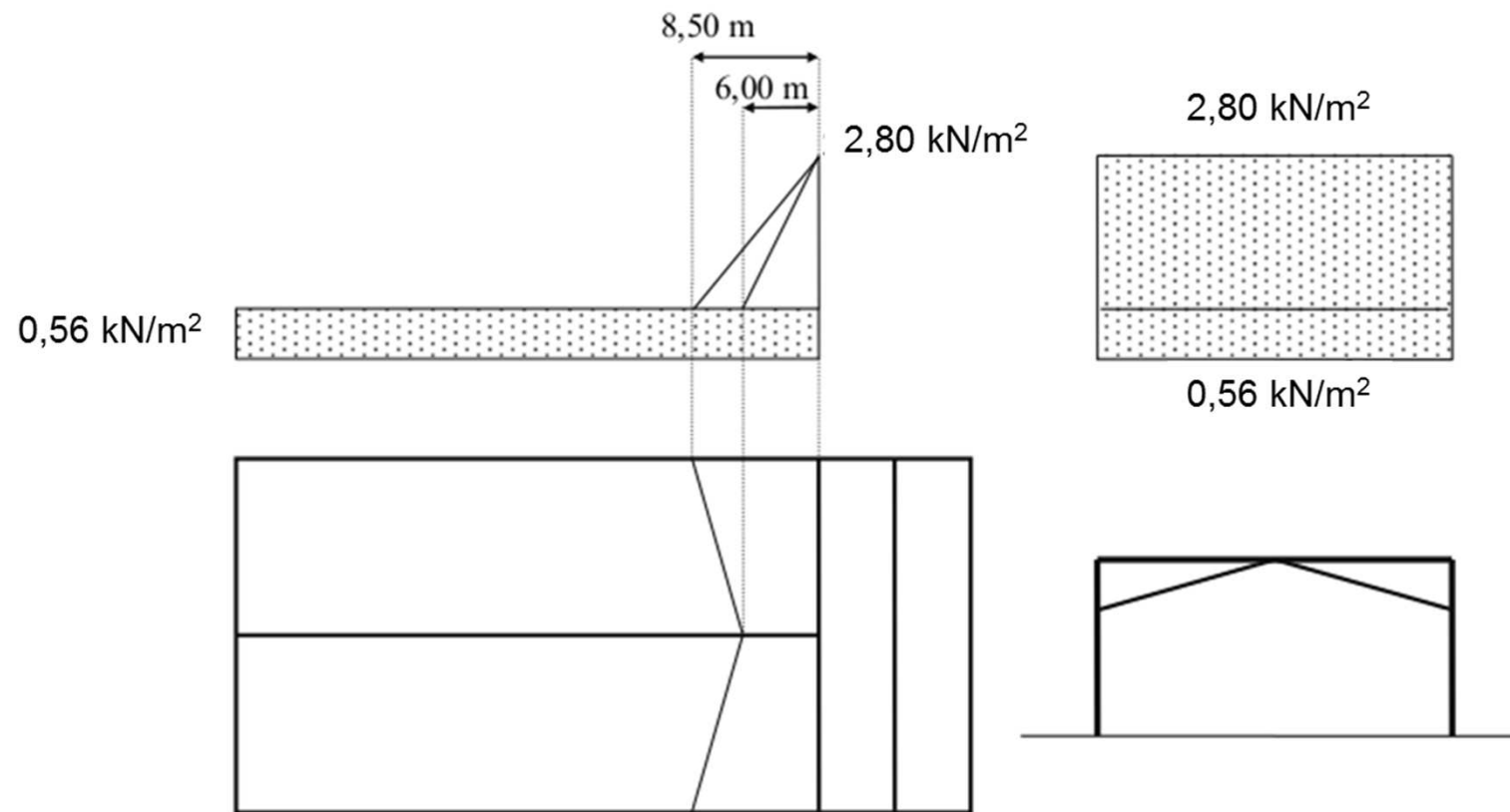
$$s = 4 \times 0,7 = 2,80 \text{ kN/m}^2$$

EN 1991-1-3§ 5.3.6(1)

$l_s$  jest długością zasy określonej jako:  $l_s = 2h$

Długość naniesienia zmienia się od 6 m przy kalenicy do 8,5 m przy okapach. Zalecane ograniczenie to:  $5 \text{ m} \leq l_s \leq 15 \text{ m}$ .

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU



Rysunek A.4 Nierównomierny rozkład obciążenia śniegiem dachu niższego przylegającego do wyższego budynku w trwałej sytuacji obliczeniowej

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU

## Dach niższy: zasy przy przeszkodach (attyki)

Należy uwzględnić tylko trwałe/przejściowe sytuacje obliczeniowe.

Kąt nachylenia dachu (10%)  $\alpha = 5,7^\circ$

EN 1991-1-3§ 6.2(2)

$$\mu_1 (\alpha = 5,7^\circ) = 0,8$$

$$s = 0,8 \times 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_2 (\alpha = 5,7^\circ) = \gamma h / s_k$$

gdzie:

$h$  to wysokość attyki; zmienia się od 0 m w kalenicy do 1,25 m przy okapach.

$$\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$$

W kalenicy:  $\mu_2 = 0$

Przy okapach:  $\mu_2 = 2 \times 1,25 / 0,7 = 3,6$

Ze względu na ograniczenie:  $0,8 \leq \mu_2 \leq 2 \Rightarrow \mu_2 = 2$

## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU

Zatem  $s$  zmienia się:

- ✓ od  $0,56 \text{ kN/m}^2$  w kalenicy
- ✓ do  $2 \times 0,7 = 1,40 \text{ kN/m}^2$  przy okapach

Długość zasy  $l_s$  wyznacza się z zależności:  $l_s = 2h$

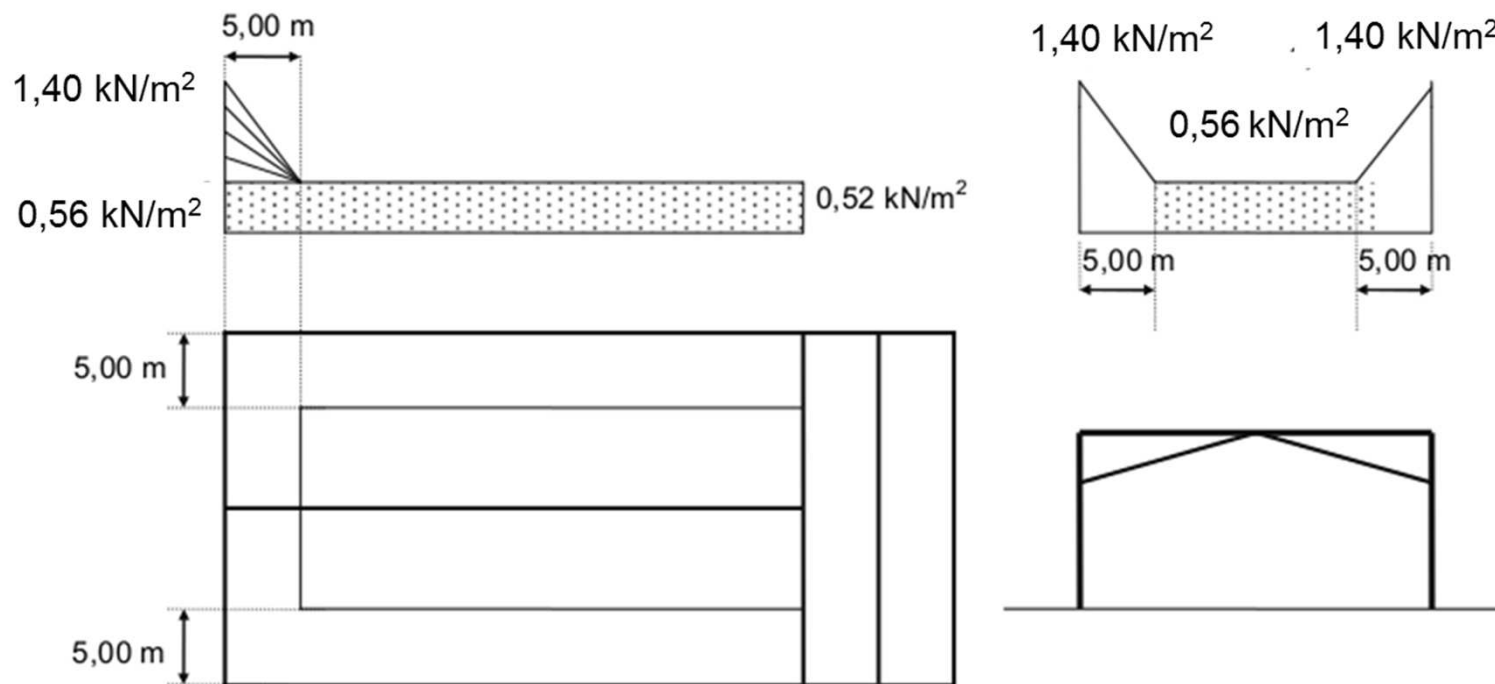
Długość zasy zmienia się od  $0 \text{ m}$  w kalenicy do  $2,50 \text{ m}$  przy okapach.

Ze względu na zalecane ograniczenie:  $5 \text{ m} \leq l_s \leq 15 \text{ m}$ , przyjęto:

$l_s = 5 \text{ m}$  przy okapach niższego budynku



# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU



Rysunek A.5 Nierównomierny rozkład obciążenia śniegiem dachu budynku niższego w przypadku istnienia przeszkody w trwałej sytuacji obliczeniowej

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU

## Wyjątkowe zasy śnieżne

### Dachy bliskie i przylegające do wyższych budynków

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \min(2h/s_k ; 2b/l_s ; 8)$$

gdzie  $b$  jest większą wartością:  $b_1$  lub  $b_2$

$$l_s = \min(5h ; b_1 ; 15 \text{ m})$$

$$h = 4,25 \text{ m}$$

$$b_1 = 40,00 \text{ m}$$

$$b_2 = 10,00 \text{ m}$$

$$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

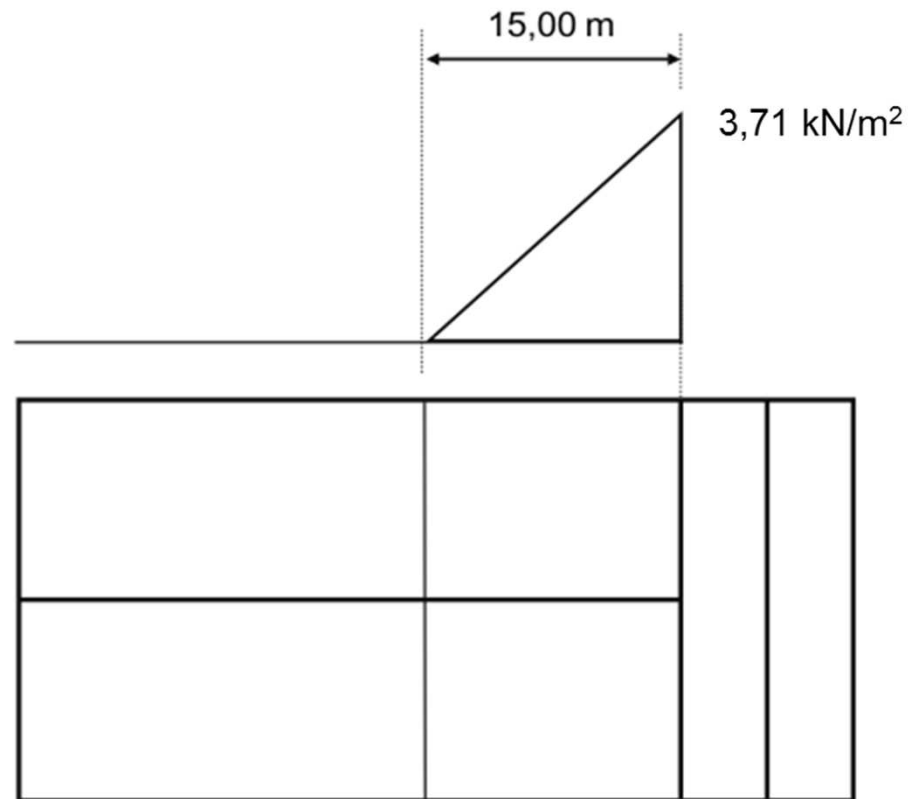
$$5h = 21,25 \text{ m} \Rightarrow l_s = 15,00 \text{ m}$$

$$2h/s_k = 12,14; \quad 2b/l_s = 5,3$$

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 5,3 \quad \text{oraz: } s = \mu_3 s_k = 3,71 \text{ kN/m}^2$$

EN 1991-1-3  
Załącznik B§ B.3

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU



Rysunek A.6 Wyjątkowe zasy śnieżne na dachu budynku niższego w przypadku dachów bliskich i przylegających do wyższego budynku

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU

**Dachy, na których tworzą się wyjątkowe zaspę śnieżne  
za attykami przy okapach**

EN 1991-1-3  
Załącznik B§ B.4

$$\mu_1 = \min(2 h/s_k ; 2 b_2/l_s ; 8)$$

$$\text{gdzie: } l_s = \min(5h ; b_1 ; 15 \text{ m})$$

$$h = 1,25 \text{ m}$$

$$b_1 = 12,50 \text{ m}$$

$$b_2 = 25,00 \text{ m}$$

$$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

$$5 h = 6,25 \text{ m}; l_s = 6,25 \text{ m}$$

$$2h/s_k = 3,6; \quad 2b/l_s = 8,0$$

$$\mu_1 = 3,6$$

$$\text{Zatem: } s = \mu_1 s_k = 2,52 \text{ kN/m}^2$$

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU

**Dachy, na których tworzą się wyjątkowe zaspę śnieżne  
za attykami przy ścianie szczytowej**

EN 1991-1-3  
Załącznik B§ B.4

$$\mu_1 = \min(2 h/s_k ; 2 b/l_s ; 8)$$

gdzie:  $l_s = \min(5h ; b_1 ; 15 \text{ m})$

$$h = 1,25 \text{ m}$$

$$b = b_1 = 40 \text{ m}$$

$$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

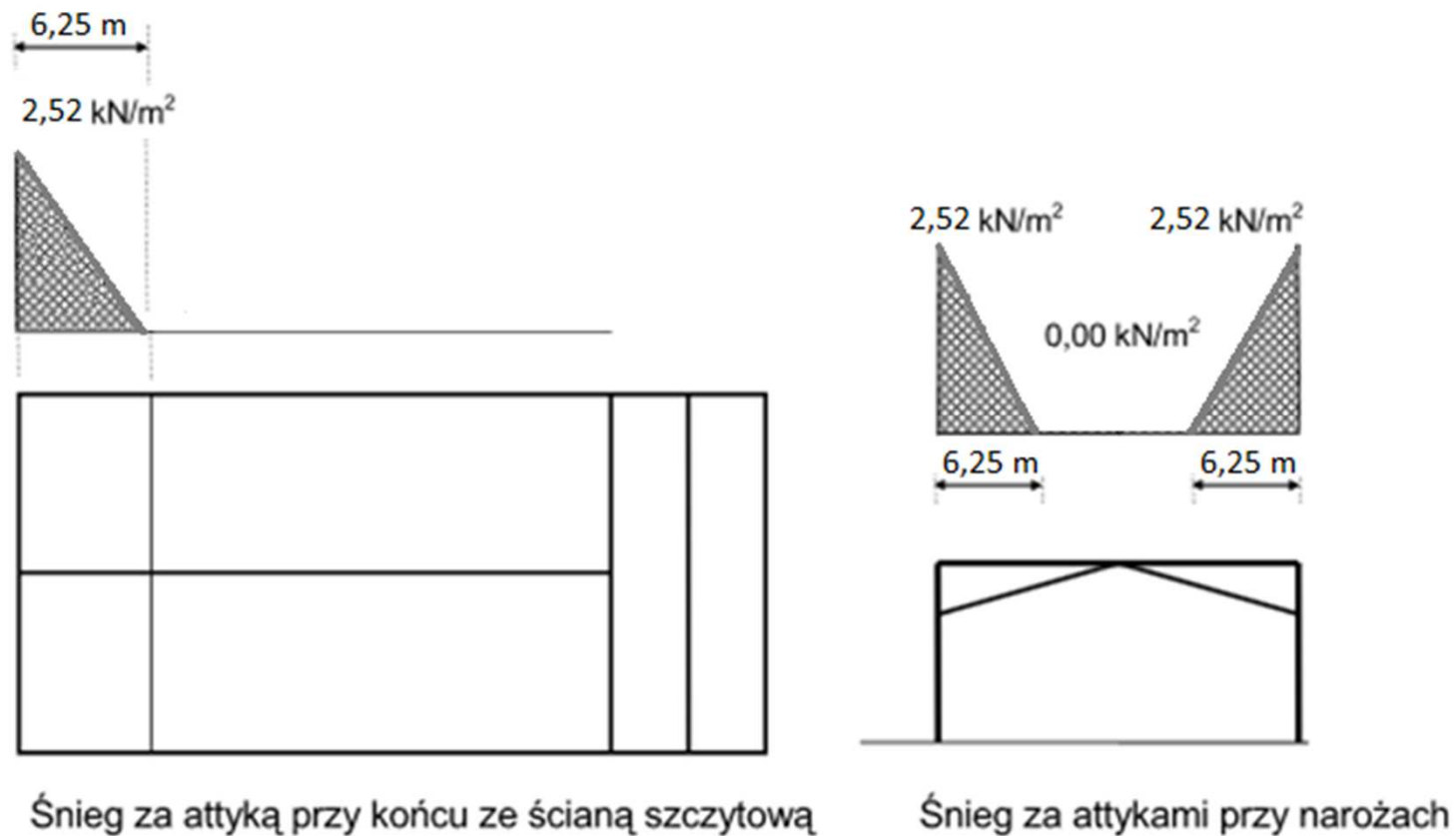
$$5 h = 6,25 \text{ m} \Rightarrow l_s = 6,25 \text{ m}$$

$$2h/s_k = 3,6; \quad 2b/l_s = 12,8$$

$$\mu_1 = 3,6$$

$$\text{Zatem: } s = \mu_1 s_k = 2,52 \text{ kN/m}^2$$

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DACHU



Rysunek A.7 Wyjątkowe zaspły śnieżne na dachu budynku niższego przy attykach

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY B

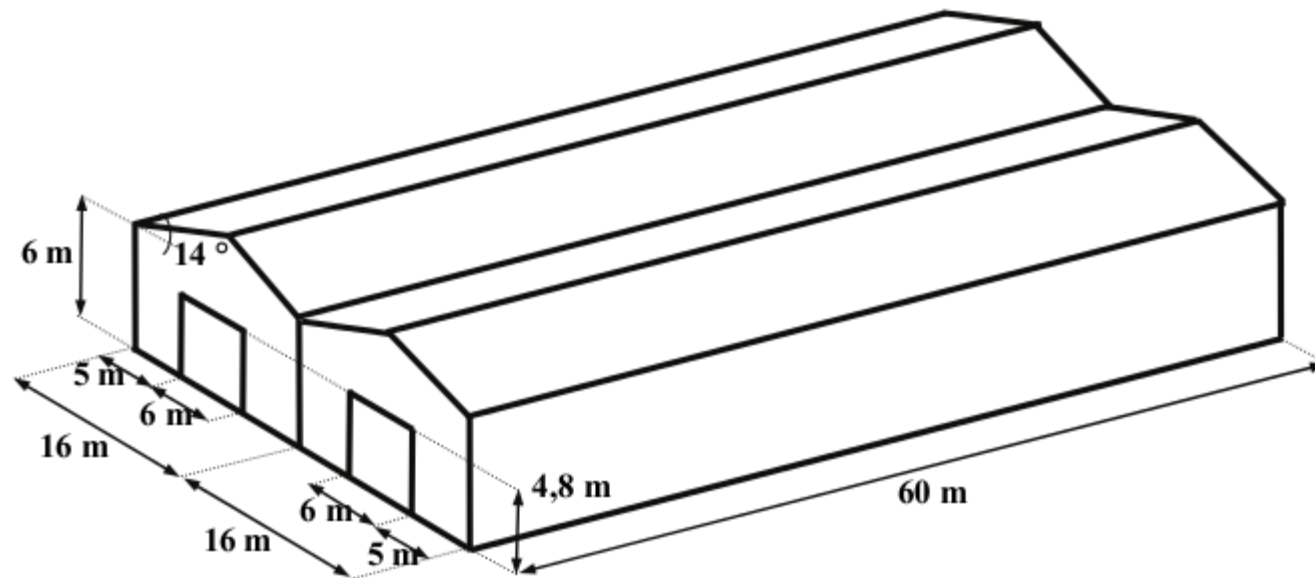


Program  
Uczenie się  
przez całe życie

## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – DANE

- Istotne wymiary budynku przedstawiono na rysunku B.1
- Zakłada się, że podczas silnych wichur drzwi będą zamknięte.
- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru wynosi:

$$v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$$



Rysunek B.1 Geometria budynku



## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – SZCZYTOWE CIŚNIENIE PRĘDKOŚCI

✓ Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru  $v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$

✓ Bazowa prędkość wiatru

Dla współczynników  $c_{dir}$  i  $c_{season}$ ,  
zalecane są następujące wartości:

EN 1991-1-4§ 4.2(2)

$$c_{dir} = 1,0$$

$$c_{season} = 1,0$$

wówczas:  $v_b = v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$

✓ Bazowe ciśnienie prędkości

EN 1991-1-4§ 4.5(1)

gdzie:

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3 \text{ (zalecana wartość)}$$

$$\text{Wówczas: } q_b = 0,5 \times 1,25 \times 26^2 = 422,5 \text{ N/m}^2$$

✓ Współczynnik terenu  $k_r = 0,19 \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}$

EN 1991-1-4§ 4.3.2(1)

Tablica 4.1

## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – SZCZYTOWE CIŚNIENIE PRĘDKOŚCI

Teren należy do kategorii III, tak więc:

$$z_0 = 0,3 \text{ m}$$

$$z_{\min} = 5 \text{ m}$$

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

$$k_r = 0,19 \left( \frac{0,30}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215$$

✓ Współczynnik chropowatości

EN 1991-1-4 § 4.3.2(1)

$$c_r(z) = k_r \ln(z/z_0)$$

z - przyjmuje się wartość równą wysokości budynku:

$$z = 8 \text{ m}, \text{ wówczas } c_r(z) = 0,215 \times \ln(8,0/0,3) = 0,706$$

✓ Współczynnik rzeźby terenu

EN 1991-1-4 § 4.3.3(2)

Budynek jest wzniesiony na obszarze podmiejskim, na którym średnie nachylenie terenu od strony nawietrznej jest bardzo małe ( $< 3^\circ$ ), więc:

$$c_o(z) = 1$$

## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – SZCZYTOWE CIŚNIENIE PRĘDKOŚCI

✓ Współczynnik turbulencji

Wykorzystano zalecaną wartość:  $k_1 = 1,0$

EN 1991-1-4§ 4.4(1)

✓ Szczytowe ciśnienie prędkości

(alternatywa dla budynku jednokondygnacyjnego)

$$q_p(z) = c_e(z)q_b$$

gdzie:

$$c_e(z) = \left( 1 + \frac{7k_1k_r}{c_0(z)c_r(z)} \right) c_0^2(z)c_r^2(z)$$

EN 1991-1-4§ 4.5(1)

$$c_e(z) = \left( 1 + \frac{7 \times 1,0 \times 0,215}{1,0 \times 0,706} \right) \times 1,0^2 \times 0,706^2 = 1,56$$

Wartości współczynnika  $C_e(z)$  można wyznaczyć z Tablicy NA.3 z Załącznika krajowego do normy PN-EN 1991-1-4:

W przypadku terenu kategorii III: 
$$C_e(z) = 1,9 \left( \frac{z}{10} \right)^{0,26} = 1,9 \left( \frac{8}{10} \right)^{0,26} = 1,79$$

Wartość z Załącznika krajowego jest większa, zatem przyjęto  $C_e(z) = 1,79$

wówczas:  $q_p(z) = 1,79 \times 422,5 = 756 \text{ N/m}^2$

$q_p(z) = 0,756 \text{ kN/m}^2$  dla  $z = 8 \text{ m}$

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – CIŚNIENIE WIATRU NA POWIERZCHNIĘ

**Współczynniki ciśnienia zewnętrznego  $c_{pe,10}$**

**Ściany pionowe**

1. Parcie wiatru na ścianę szczytową

$$h = 8\text{ m}$$

$b = 32\text{ m}$  (wymiar poprzeczny do kierunku wiatru)

$h < b$ , zatem  $z_e =$  wysokość odniesienia =  $h = 8\text{ m}$

$$d = 60\text{ m}$$

$$h/d = 8/60 = 0,13 \quad (h/d < 0,25)$$

$$2h = 16\text{ m}$$

$e = 16\text{ m}$  ( $b$  lub  $2h$ , zależnie od tego, która wartość jest mniejsza)

$$e < d$$

$$e/5 = 3,2\text{ m}$$

$$4/5 e = 12,8\text{ m}$$

$$d - e = 44\text{ m}$$

EN 1991-1-4

7.2.2 (1)

Rysunek 7.4

EN 1991-1-4

7.2.2 (2)

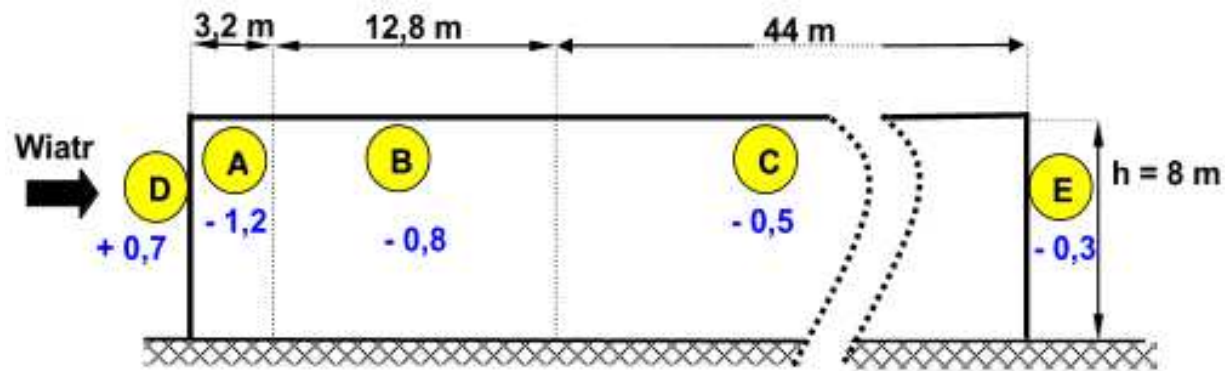
Tablica 7.1

EN 1991-1-4

§ 7.2.2 (1)

Rysunek 7.5

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – CIŚNIENIE WIATRU NA POWIERZCHNIĘ



Rysunek B.2 Współczynniki  $c_{pe,10}$  dla stref A, B, C, D i E przy naporze wiatru na ścianę szczytową

## 2. Parcie wiatru na dłuższy bok

$$h=8\text{m}$$

$$b = 60 \text{ m (wymiar poprzeczny do kierunku wiatru)}$$

$$h < b, \text{ zatem } z_e = \text{wysokość odniesienia} = h = 8 \text{ m}$$

$$d = 32 \text{ m}$$

$$h/d = 8/32 = 0,25$$

EN 1991-1-4§ 7.2.2(1)

Rysunek 7.4

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – CIŚNIENIE WIATRU NA POWIERZCHNIĘ

$$2h = 16 \text{ m}$$

$$e = 16 \text{ m (} b \text{ lub } 2h, \text{ zależnie od tego, która wartość jest mniejsza)}$$

$$e < d$$

$$e/5 = 3,2 \text{ m}$$

$$4/5 e = 12,8 \text{ m}$$

$$d - e = 16 \text{ m}$$

EN 1991-1-4

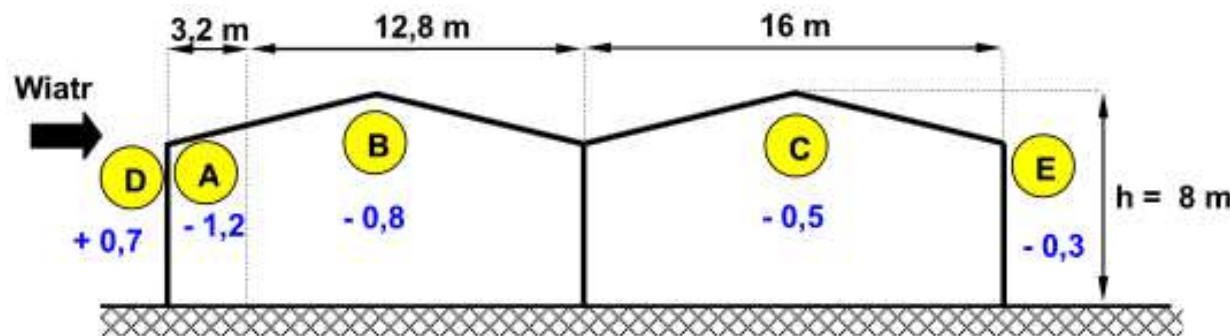
§ 7.2.2(2)

Tablica 7.1

EN 1991-1-4

§ 7.2.2(1)

Rysunek 7.5



Rysunek B.3 Współczynniki  $c_{pe,10}$  dla stref A, B, C, D i E przy naporze wiatru na dłuższy bok

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – CIŚNIENIE WIATRU NA POWIERZCHNIĘ

## Dachy

### 1. Parcie wiatru na ścianę szczytową

Grzbiety dachu równoległe do kierunku wiatru:  $\theta = 90^\circ$

EN 1991-1-4

Kąt nachylenia dachu:  $\alpha = 14^\circ$

§ 7.2.5(1)

$h = 8$  m

Rysunek 7.8

$b = 32$  m (wymiar poprzeczny do kierunku wiatru)

EN 1991-1-4

Wysokość odniesienia:  $z_e = h = 8$  m

§ 7.2.7(3)

$2h = 16$  m

$e = 16$  m ( $b$  lub  $2h$ , zależnie od tego,

EN 1991-1-4

która wartość jest mniejsza)

§ 7.2.5(1)

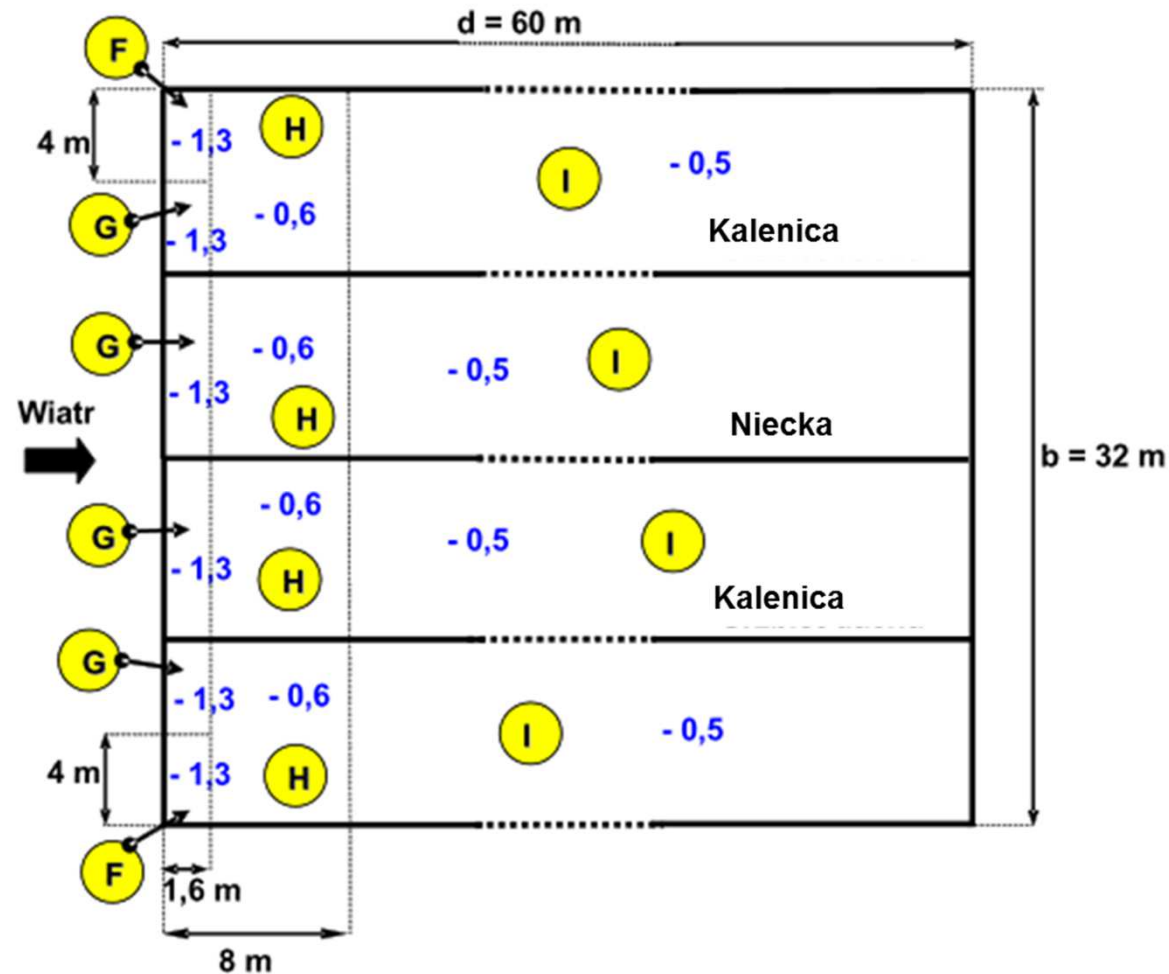
$e/4 = 4$  m

Rysunek 7.8

$e/10 = 1,6$  m

$e/2 = 8$  m

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – CIŚNIENIE WIATRU NA POWIERZCHNIĘ



Rysunek B.4 Współczynniki  $c_{pe,10}$  dla stref F, G, H i I przy naporze wiatru na ścianę szczytową



## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – CIŚNIENIE WIATRU NA POWIERZCHNIĘ

### 2. Parcie wiatru na dłuższy bok

Grzbiety dachów prostopadłe do kierunku wiatru:  $\theta = 0^\circ$

Kąt nachylenia dachu  $\alpha = 14^\circ$

EN 1991-1-4

§ 7.2.5(1)

$h = 8\text{ m}$

Rysunek 7.8 i 7.10 c)

$b = 60\text{ m}$  (wymiar poprzeczny do kierunku wiatru)

$h < b$ , a więc wysokość odniesienia wynosi:  $z_e = h = 8\text{ m}$

$d = 32\text{ m}$

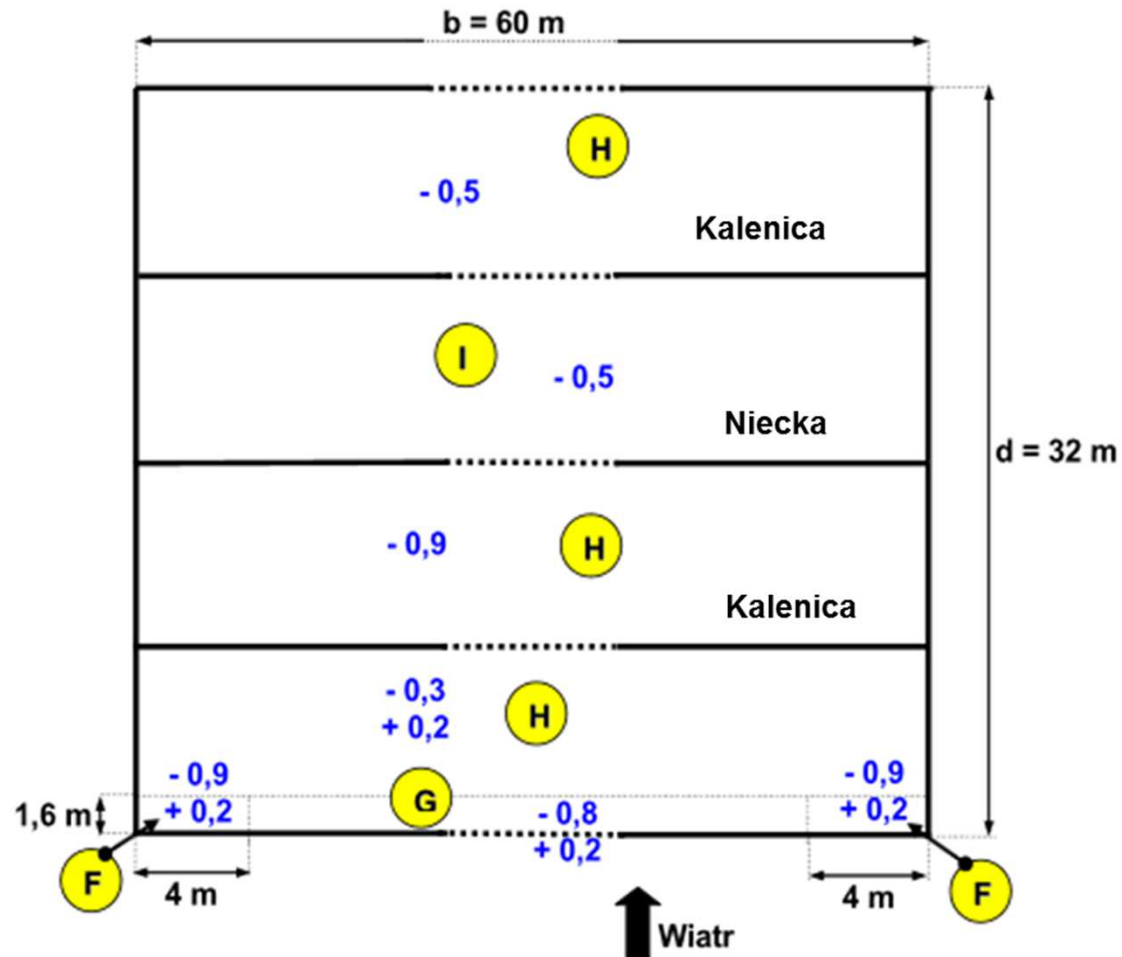
$2h = 16\text{ m}$

$e = 16\text{ m}$  ( $b$  lub  $2h$ , zależnie od tego, która wartość jest mniejsza)

$e/4 = 4\text{ m}$

$e/10 = 1,6\text{ m}$

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – CIŚNIENIE WIATRU NA POWIERZCHNIĘ



Rysunek B.5 Współczynniki  $c_{pe,10}$  dla stref F, G, H oraz I przy naporze wiatru na dłuższy bok

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – CIŚNIENIE WIATRU NA POWIERZCHNIE

**Współczynniki ciśnienia wewnętrznego  $c_{pi}$**  EN 1991-1-4

**Trwała lub przejściowa sytuacja obliczeniowa** § 7.2.9(6)

Zakłada się, że podczas silnych wichur drzwi będą zamknięte: § 7.2.9(7)

$$c_{pi} = +0,2$$

oraz  $c_{pi} = -0,3$

Wysokość odniesienia dla ciśnienia wewnętrznego:  $z_i = z_e = h = 8\text{m}$

## Wyjątkowa sytuacja obliczeniowa

- ✓ Drzwi otwierają się na stronę nawietrzną (napór wiatru na ścianę szczytową): ta elewacja jest dominująca a powierzchnia otworów w elewacji dominującej = 3 × powierzchnia otworów w pozostałych elewacjach:

$$c_{pi} = 0,90 c_{pe} \quad \text{EN 1991-1-4} \quad \text{§ 7.2.9(3)}$$

$$c_{pi} = 0,90 \times (+0,7) = +0,63 \quad \text{§ 7.2.9(5)}$$

## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – SIŁY TARCIA

- ✓ Drzwi otwierają się na stronę zawietrzną (parcie wiatru na dłuższy bok): ta elewacja jest dominująca a powierzchnia otworów w elewacji dominującej = 3 × powierzchnia otworów w pozostałych elewacjach.

Najbardziej niekorzystny przypadek ma miejsce wtedy, gdy otwór znajduje się w strefie, w której wartość  $|c_{pe}|$  jest najwyższa (drzwi w całości znajdują się w strefie B).

$$c_{pi} = 0,90 c_{pe}$$

$$c_{pi} = 0,90 \times -0,8 = -0,72$$

EN 1991-1-4

§ 7.2.9(6)

### Siły tarcia

#### Parcie wiatru na ścianę szczytową

Pole powierzchni zewnętrznych równoległych do kierunku wiatru jest obliczane następująco:  $60 \times 2 \times (6 + 8,25 \times 2) = 2700 \text{ m}^2$

## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – CIŚNIENIE WIATRU NA POWIERZCHNIE

Pole powierzchni zewnętrznych prostopadłych do kierunku wiatru wynosi:  $2 \times 2 \times 16 \times (6 + 1) = 448 \text{ m}^2$

Pole powierzchni zewnętrznych równoległych do kierunku wiatru jest większe niż  $4 \times$  pole powierzchni zewnętrznych prostopadłych do kierunku wiatru.

Zatem należy uwzględnić siły tarcia:

$$4 h = 32 \text{ m}$$

$$2 b = 64 \text{ m}$$

$$4h < 2b$$

EN 1991-1-4

§ 5.3(4)

Siły tarcia działają na powierzchni  $A_{fr}$ :

EN 1991-1-4

§ 7.5(3)

$$A_{fr} = 2 \times (60 - 32) \times (6 + 8,25 \times 2) = 1260 \text{ m}^2$$

W przypadku powierzchni gładkiej (stal):

$$c_{fr} = 0,01$$

## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – CIŚNIENIE WIATRU NA POWIERZCHNIĘ

Siła tarcia  $F_{fr}$  (działająca w kierunku wiatru) wynosi:

$$F_{fr} = c_{fr} q_p(z_e) A_{fr} = (0,01 \times 75,6 \times 1260) 10^{-2} = 9,53 \text{ kN}$$

### Parcie wiatru na dłuższy bok

Pole powierzchni zewnętrznych równoległych do kierunku wiatru  $< 4 \times$   
pole powierzchni zewnętrznych prostopadłych do kierunku wiatru  $\Rightarrow$   
nie należy uwzględniać sił tarcia

### Siły wiatru wywierane na powierzchnie

$$F/A_{ref} = c_s c_d q_p(z_e) c_{pe} - q_p(z_i) c_{pi}$$

wraz z:  $c_s c_d = 1$  (wysokość  $< 15$  m)

$$q_p(z_e) = q_p(z_i) = 0,756 \text{ kN/m}^2$$

Na poniższych rysunkach przedstawiono siły wiatru  
wywierane na powierzchnie jednostkowe:

$$F/A_{ref} = 0,756 (c_{pe} - c_{pi}) \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

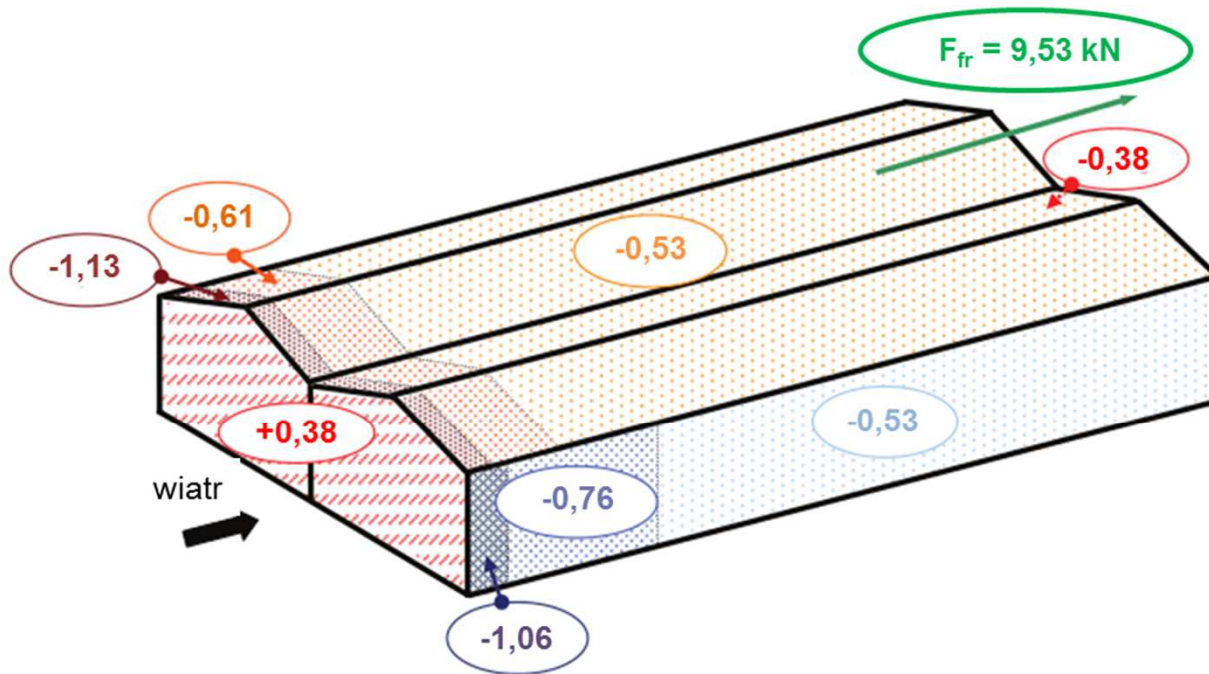
EN 1991-1-4

§ 5.3(4)

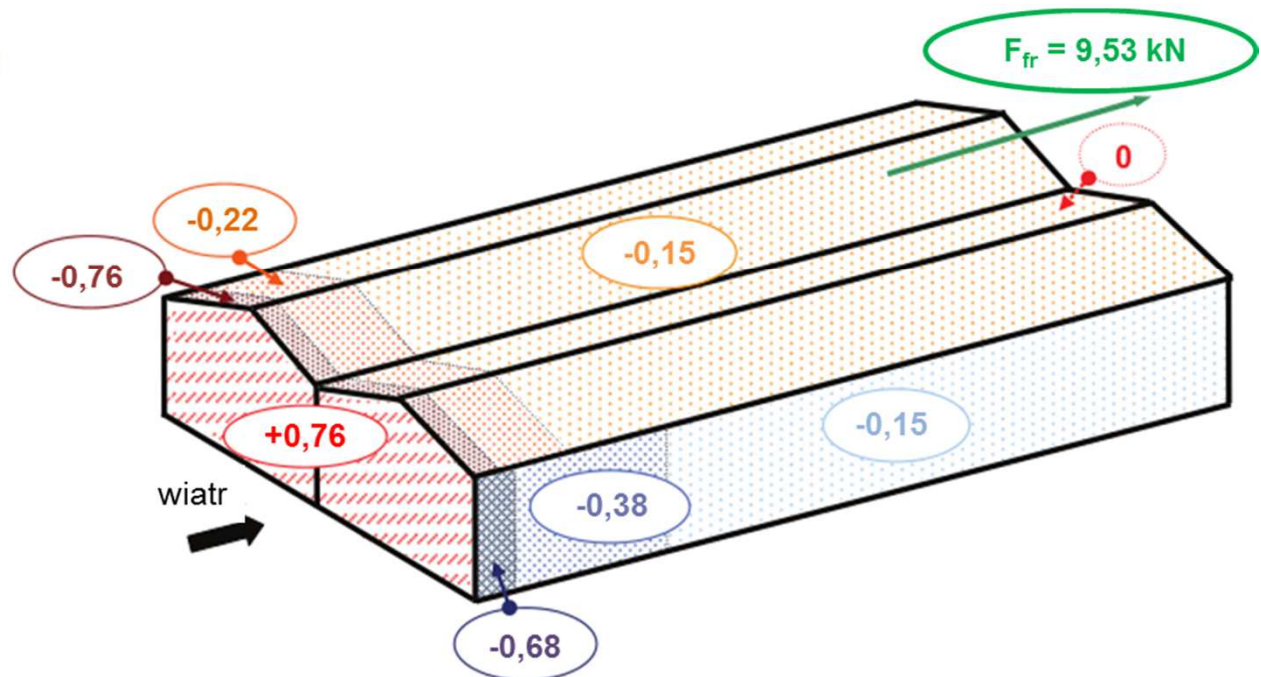
EN 1991-1-4

§ 6.2(1)b)

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – CIŚNIENIE WIATRU NA POWIERZCHNIE

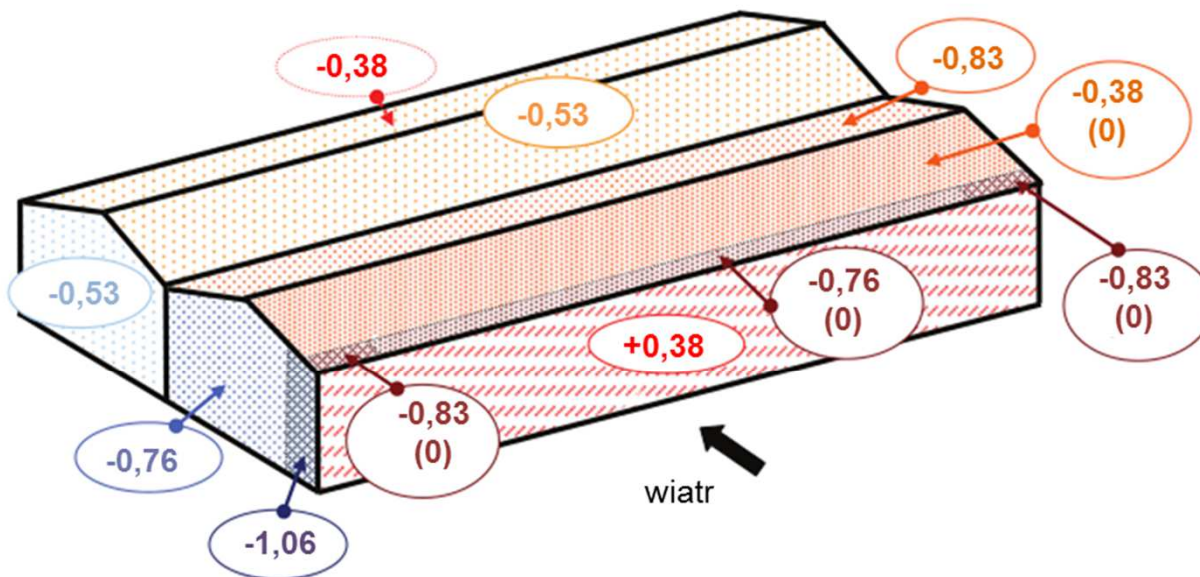


Rysunek B.6  
Parcie wiatru na ścianę  
szczytową przy  $c_{pi} = +0,2$

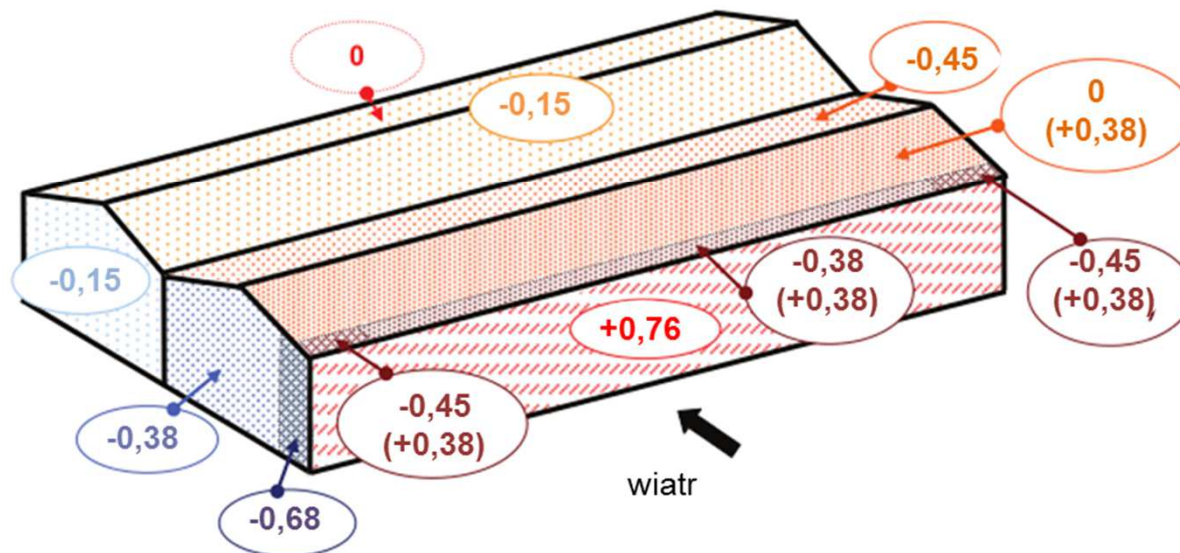


Rysunek B.7  
Parcie wiatru na ścianę  
szczytową przy  $c_{pi} = -0,3$

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – CIŚNIENIE WIATRU NA POWIERZCHNIE



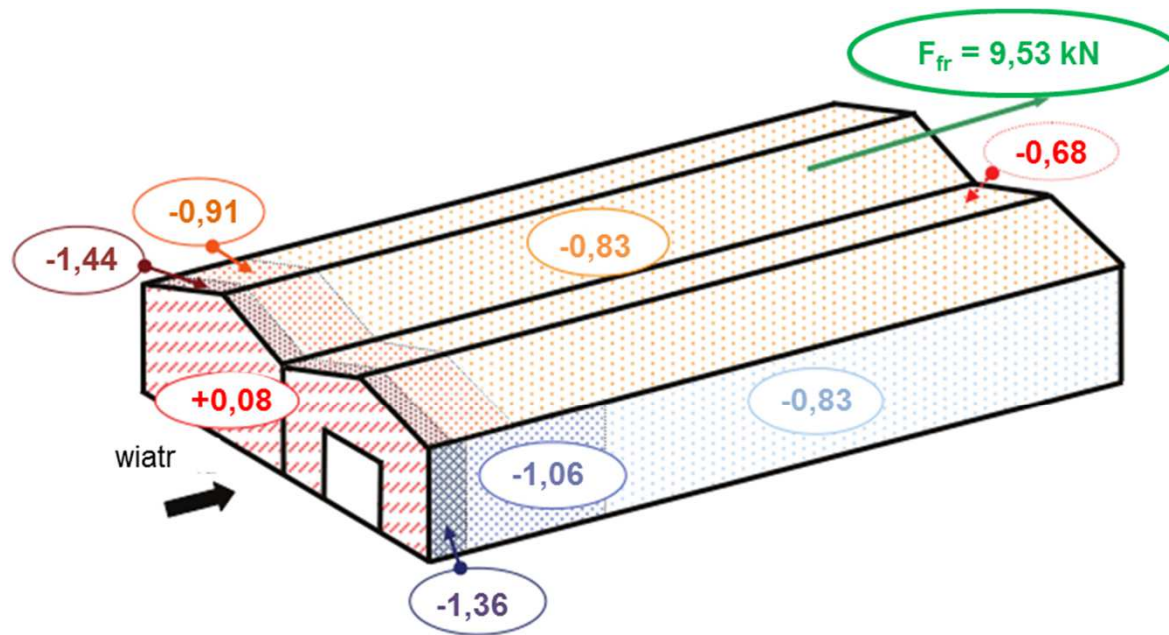
Rysunek B.8  
Parcie wiatru na dłuższy bok przy  $c_{pi} = +0,2$



Rysunek B.9  
Parcie wiatru na dłuższy bok przy  $c_{pi} = -0,3$

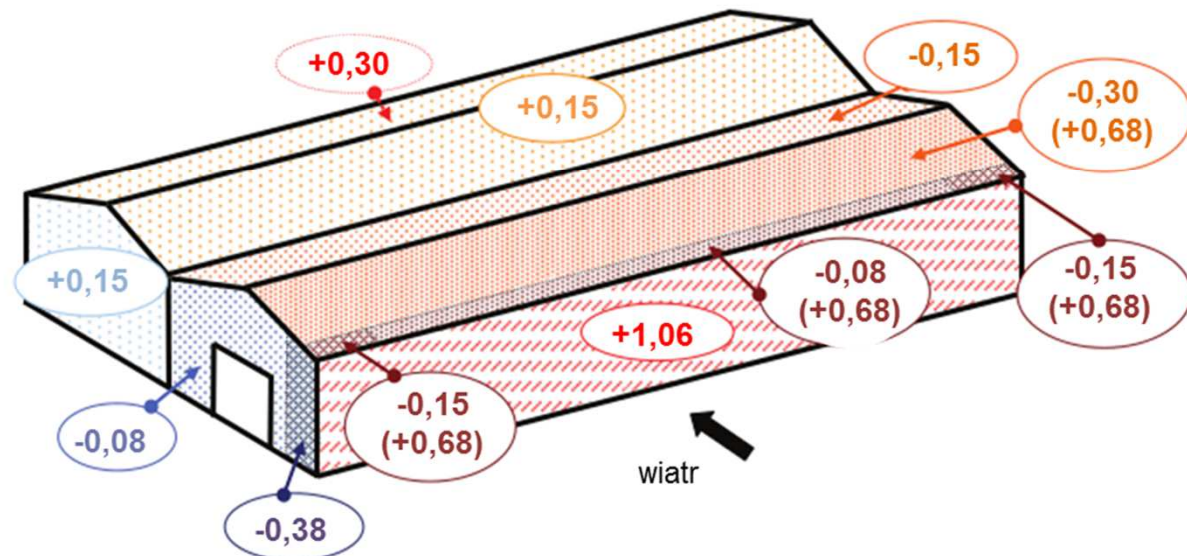


# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY – CIŚNIENIE WIATRU NA POWIERZCHNIE



Rysunek B.10 Wyjątkowa sytuacja obliczeniowa: drzwi otwierane na stronę nawietrzną (parcie wiatru na ścianę szczytową) przy  $c_{pi} = +0,6$

Rysunek B.11  
Wyjątkowa sytuacja obliczeniowa: drzwi otwierane na stronę zawietrzną (parcie wiatru na dłuższy bok) przy  $c_{pi} = -0,7$



# LITERATURA



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

# LITERATURA

- EN 1990:2002: Eurokod Podstawy projektowania konstrukcji
- EN 1991-1-1:2002: Eurokod 1 Oddziaływania na konstrukcje. Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
- EN 1991-1-3:2003: Eurokod 1 Oddziaływania na konstrukcje. Oddziaływania ogólne. Obciążenia śniegiem
- EN 1991-1-4:2005: Eurokod 1 Oddziaływania na konstrukcje. Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru
- EN 1991-1-5:2003: Eurokod 1 Oddziaływania na konstrukcje. Oddziaływania ogólne. Oddziaływania termiczne
- EN 1991-3:2006: Eurokod 1 Oddziaływania na konstrukcje. Oddziaływania wywołane dźwignicami i maszynami
- CLAVAUD, D.Exemple de détermination des charges de neige selon l'EN 1991-1-3. Revue Construction Métallique n°2-2007. CTICM.

# LITERATURA

- CLAVAUD, D. Exemple de détermination des actions du vent selon l'EN 1991-1-4. Revue Construction Métallique n°1-2008.CTICM.
- EN 1998-1:2004: Eurokod 8 Projektowanie konstrukcji poddanych oddziaływaniom sejsmicznym. Reguły ogólne, oddziaływania sejsmiczne i reguły dla budynków
- Konstrukcje stalowe w Europie  
Wielokondygnacyjne konstrukcje stalowe.  
Część 3: Oddziaływania
- Konstrukcje stalowe w Europie  
Jednokondygnacyjne konstrukcje stalowe.  
Część 2: Projekt koncepcyjny



# Program Uczenie się przez całe życie

Moduły szkoleniowe SKILLS zostały opracowane przez konsorcjum organizacji, podanych na dole slajdu.  
Materiał jest w objęty licencją Creative Commons



Ten projekt został zrealizowany przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej.  
Publikacje w ramach tego projektu odzwierciedlają jedynie stanowisko ich autorów i Komisja Europejska  
nie ponosi odpowiedzialności za umieszczoną w nich zawartość merytoryczną.

