

PODSTAWY PROJEKTOWANIA I ODDZIAŁYWANIA NA KONSTRUKCJE

WYKŁAD 7

Obciążenie śniegiem i wiatrem

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

Obciążenie śniegiem



PN-EN 1991-1-3 Obciążenie śniegiem



POLSKA NORMA

ICS 91.010.30; 91.080.01

PN-EN 1991-1-3

październik 2005

Wprowadza
EN 1991-1-3:2003, IDT

Zastępuje
-

Eurokod 1
Oddziaływania na konstrukcje
Część 1-3: Oddziaływania ogólne
– Obciążenie śniegiem

Norma europejska EN 1991-1-3:2003 ma status Polskiej Normy

© Copyright by PKN, Warszawa 2005

nr ref. PN-EN 1991-1-3:2005

Hologram
PKN

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



Obciążenie śniegiem dachu

(3)P Obciążenie śniegiem dachów należy ustalać następująco:

a) w trwałej i przejściowej sytuacji obliczeniowej

$$s = \mu_i C_e C_t S_k \quad (5.1)$$

b) w wyjątkowej sytuacji obliczeniowej, gdzie obciążenie śniegiem jest oddziaływaniem wyjątkowym (z wyjątkiem przypadków wymienionych w 5.2 (3) P c)

$$s = \mu_i C_e C_t S_{Ad} \quad (5.2)$$

UWAGA: Patrz 2(3).

c) w wyjątkowej sytuacji obliczeniowej gdzie wyjątkowe zasy śnieżne traktuje się jako oddziaływanie wyjątkowe i gdzie stosuje się załącznik B

$$s = \mu_i S_k \quad (5.3)$$

UWAGA: Patrz 2(4).

Obciążenie śniegiem dachu

gdzie:

μ_i – współczynnik kształtu dachu (patrz rozdział 5.3 i załącznik B)

s_k – wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem gruntu

s_{Ad} – wartość obliczeniowa wyjątkowego obciążenia śniegiem gruntu dla danej lokalizacji (patrz 4.3)

C_e – współczynnik ekspozycji

C_t – współczynnik termiczny

(4) Należy przyjmować, że obciążenie działa pionowo na obszarze rzutu dachu na płaszczyznę poziomą.

Charakterystyczne obciążenie śniegiem gruntu

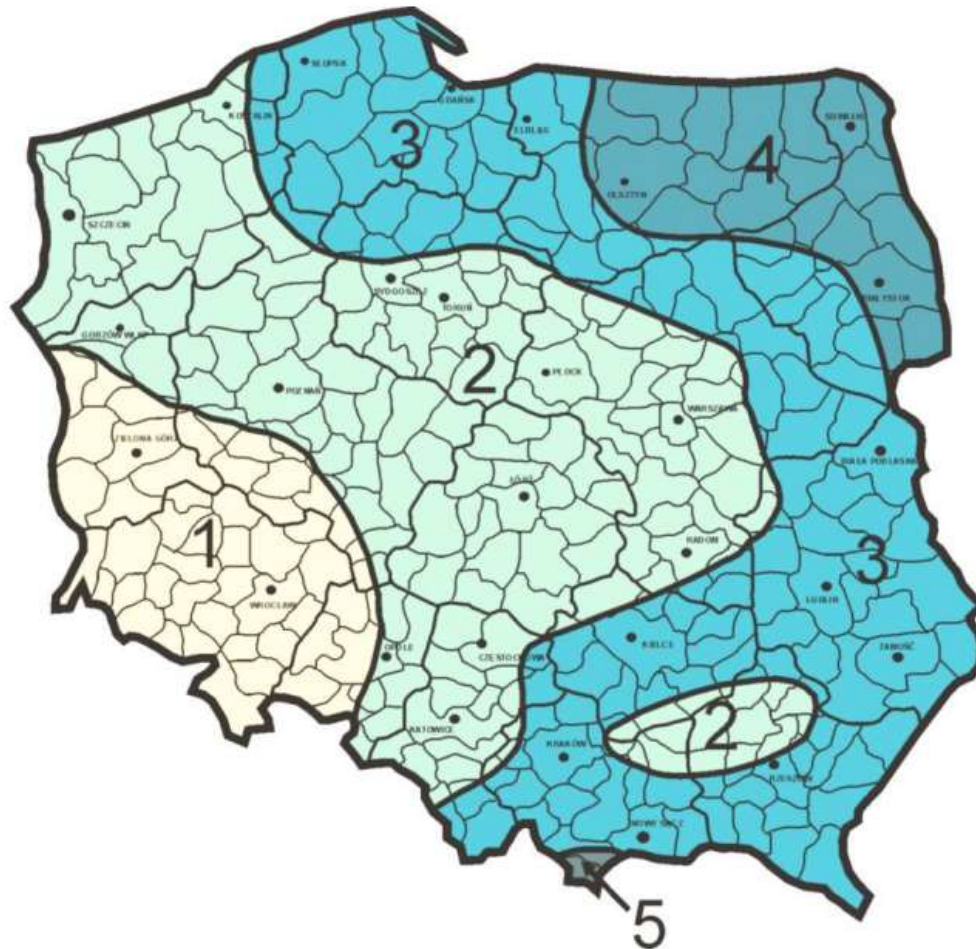
W Załączniku Krajowym do PN-EN 1991-1-3 podano mapę podziału Polski na strefy obciążenia śniegiem (rys. 22) oraz charakterystyczne obciążenia śniegiem gruntu w poszczególnych strefach, które zestawiono w tabl. 7.

Tabl. 7. Charakterystyczne obciążenia śniegiem gruntu według PN-EN 1991-1-3

Strefa	s_k [kN/m ²]
1	$0,007^* - 1,4 \geq 0,7$
2	0,9
3	$0,006 A - 0,6 \geq 1,2$
4	1,6
5	$0,93 \exp(0,00134 A) \geq 2,0$

A – wysokość nad poziomem morza [m]

Charakterystyczne obciążenie śniegiem gruntu



Rys. 22. Podział polski na strefy obciążenia śniegiem gruntu wg PN-EN 1991-1-3

Współczynnik ekspozycji

Wyznaczając obciążenia śniegiem dachu według PN-EN 1991-1-3 stosuje się współczynnik ekspozycji C_e , który uwzględnia warunki terenowe i rodzaj otoczenia obiektu. Rozróżnia się teren:

- wystawiony na działanie wiatru ($C_e = 0,8$) – płaskie obszary bez przeszkód, otwarte ze wszystkich stron, bez osłon lub z niewielkimi osłonami uformowanymi przez teren, wyższe budowle lub drzewa,
- normalny ($C_e = 1,0$) – obszary, na których (z powodu ukształtowania terenu) nie występuje znaczne przenoszenie śniegu przez wiatr na budowle oraz
- osłonięty od wiatru ($C_e = 1,2$) – obszary, na których rozpatrywana budowla jest znacznie niższa niż otaczający teren, albo otoczona wysokimi drzewami lub wyższymi budowlami.

Wybierając C_e należy rozważyć przyszłe zmiany otoczenia budowli.

Współczynnik termiczny

W identyfikacji obciążenia śniegiem można uwzględnić wpływ ilości ciepła wytwarzanego pod dachem oraz jego właściwości termiczne. W tym celu oblicza się współczynnik termiczny C_t . Stosuje się go do oceny zmniejszenia obciążenia śniegiem dachów o współczynniku przenikania ciepła [$>1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$]. Dotyczy to w szczególności niektórych dachów krytych szkłem, z powodu topnienia śniegu przez przenikające ciepło. We wszystkich innych przypadkach przyjmuje się $C_t = 1,0$. Współczynnik C_t można uwzględniać dla dachów o współczynniku przenikania ciepła przegrody $1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \leq U < 4.5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Oblicza się go ze wzoru

$$C_t = 1 - 0,054 \cdot \left(\frac{s_k}{3,5} \right)^{0,25} \cdot \Delta t \cdot \{ \sin[57,3 \cdot (0,4 \cdot U - 0,1)] \}^{0,25},$$

gdzie:

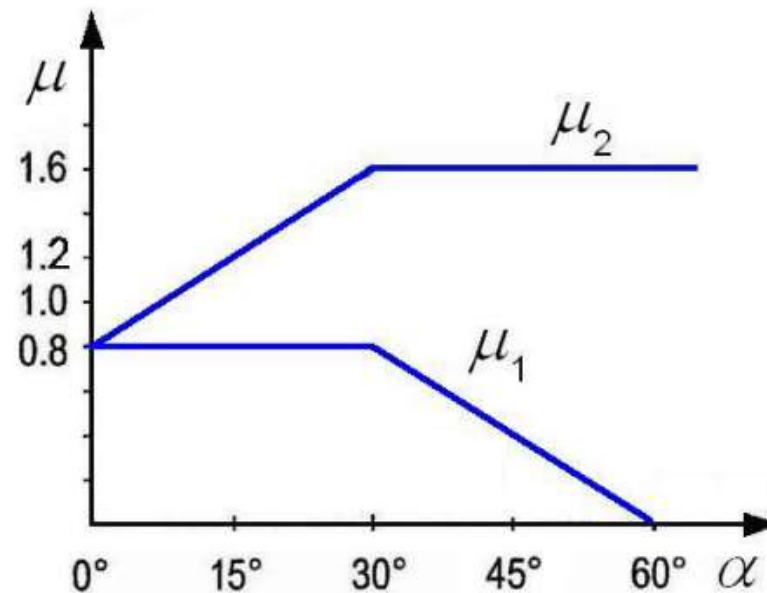
s_k – wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem gruntu [kN/m^2],

Δt – różnica temperatur, $^{\circ}\text{C}$,

U – współczynnik przenikania ciepła przegrody dachowej, $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Współczynnik kształtu dachu

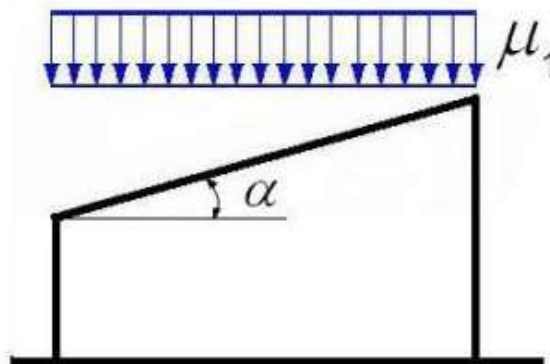
Wartości współczynników kształtu dachu μ_1 i μ_2 według PN-EN 1991-1-3 zależą od kąta nachylenia połaci dachu i przedstawiono je na rys. 23.



Rys. 23. Współczynniki kształtu dachu wg PN-80/B-02010 i PN-EN 1991-1-3

Współczynnik kształtu dachu

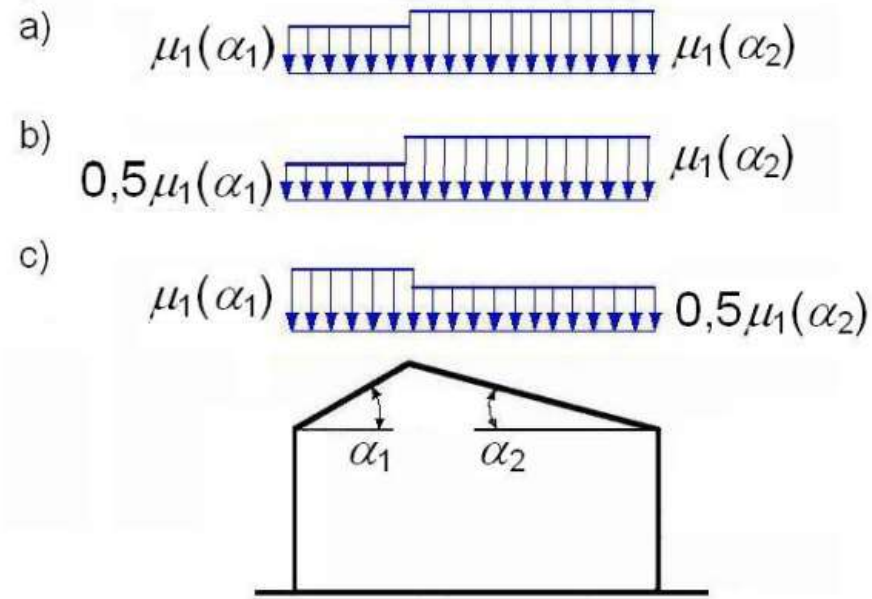
W przypadku dachu jednopołaciowego stosuje się schemat równomiernego obciążenia według rys. 24.



Rys. 24. Współczynnik kształtu dachu jednopołaciowego wg PN-EN 1991-1-3

Współczynnik kształtu dachu

W przypadku dachu dwuspadowego według PN-EN 1991-1-3 (rys. 25) należy rozpatryć 3 schematy obciążenia. Takie wartości obciążenia śniegiem należy stosować, gdy nie ma zabezpieczeń przed zsunięciem śniegu z dachu. W przypadku dachu z atyką lub barierkami przeciwsnieżnymi należy przyjmować współczynnik kształtu dachu nie mniejszy niż 0,8.



Rys. 25. Współczynniki kształtu dachu dwupołaciowego wg PN-EN 1991-1-3

Nawisy śnieżne na krawędzi dachu

(1) Należy rozpatrywać nawisy śnieżne na krawędzi dachu.

UWAGA: Załącznik krajowy może określać warunki stosowania tego postanowienia. Zaleca się, aby było ono stosowane dla miejsc położonych powyżej 800 metrów nad poziomem morza.

(2) W projektowaniu tych części dachu, które wystają poza ściany, należy brać pod uwagę nawis śnieżny, jako obciążenie dodatkowe do obciążenia działającego na tę część dachu. Można przyjmować, że obciążenie od nawisu śnieżnego działa na krawędzi dachu i może ono być obliczane w sposób następujący:

$$s_e = k s^2 / \gamma \quad (6.4)$$

gdzie:

s_e – obciążenie nawisem śniegu na metr długości krawędzi dachu (patrz rysunek 6.2)

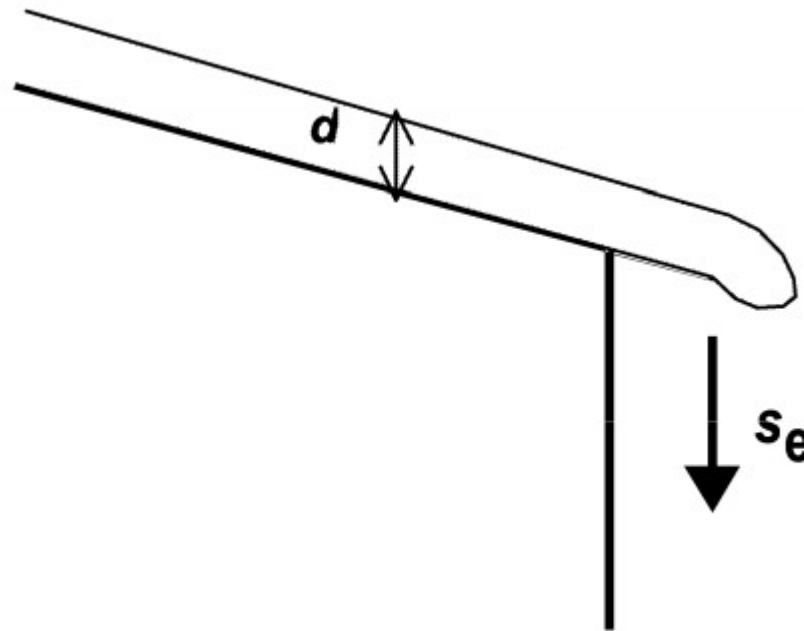
s – najbardziej niekorzystny przypadek równomiernego obciążenia śniegiem, właściwy dla rozpatrywanego dachu (patrz 5.2)

γ – ciężar objętościowy śniegu, który w tych obliczeniach może być przyjmowany jako równy 3 kN/m^3

k – współczynnik uwzględniający nieregularny kształt nawisu śniegu

UWAGA: Wartości k mogą być podane w załączniku krajowym. Zalecany sposób obliczania k jest następujący: $k = 3/d$, lecz $k \leq d \gamma$, gdzie d jest grubością warstwy śniegu na dachu w metrach (patrz rysunek 6.2)

Nawisy śnieżne na krawędzi dachu



Rysunek 6.2: Nawis śnieżny na krawędzi dachu

Załącznik B

ZAŁĄCZNIK B (normatywny)

Współczynniki kształtu dachu dla wyjątkowych zasp śnieżnych

B1 Zakres

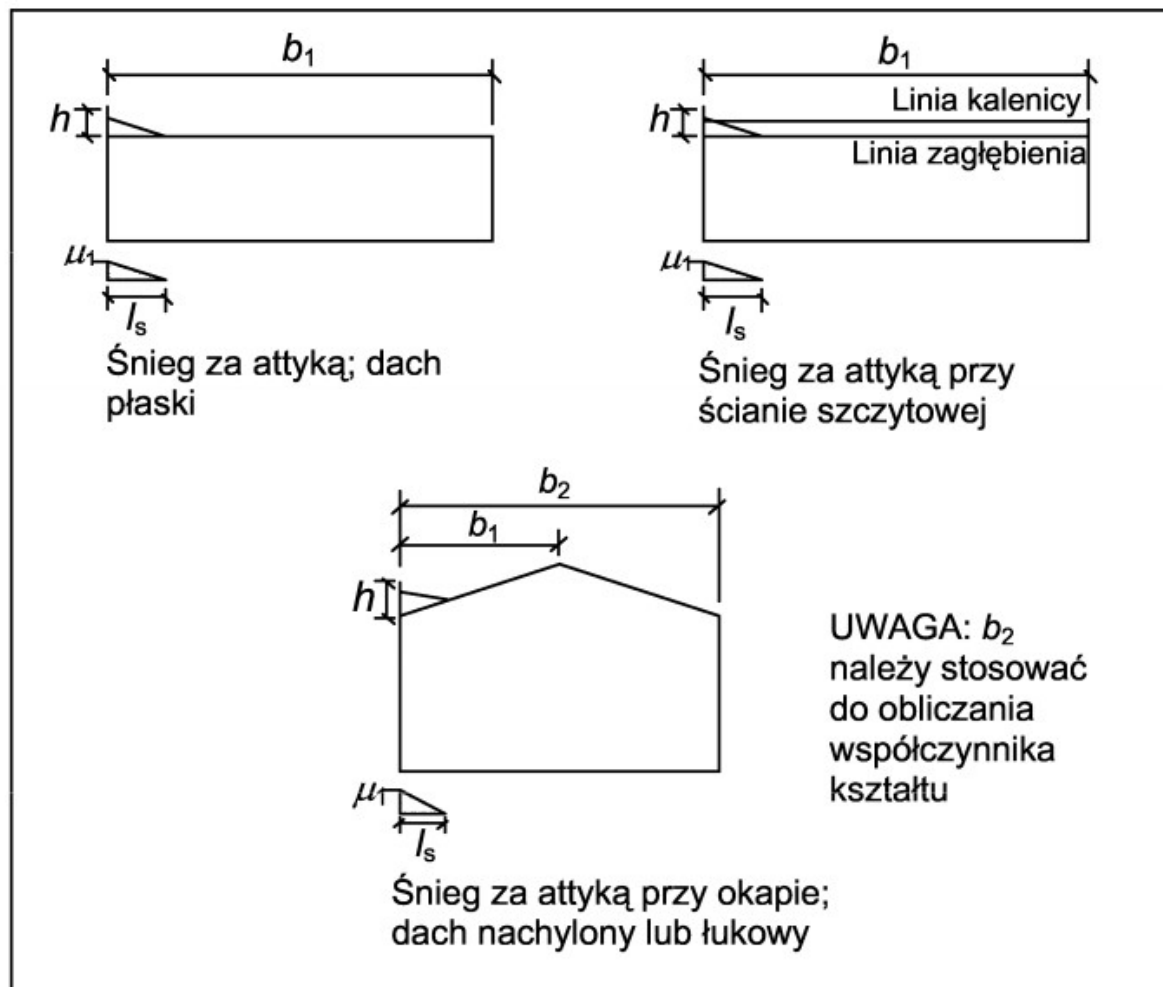
(1) W niniejszym załączniku podano współczynniki kształtu dachu do ustalenia obciążeń, wywołanych wyjątkowymi zaspami śnieżnymi, dla następujących dachów.

- a) Dachy wielopołaciowe;
- b) Dachy bliskie i przylegające do wyższych budowli;
- c) Dachy, na których tworzą się zaspas śnieżne przy występach, przeszkodach i attykach;
- d) Dla wszystkich innych układów obciążeń należy stosować postanowienia rozdziałów 5 i 6.

(2) Rozpatrując przypadki obciążeń, do których są stosowane współczynniki kształtu dachu podane w tym załączniku, należy przyjąć, że są to wyjątkowe obciążenia zaspami śniegu i że nie ma śniegu na pozostałej części dachu.

(3) W pewnych okolicznościach, dla tego samego miejsca na dachu może mieć zastosowanie więcej niż jeden przypadek obciążenia zaspą śnieżną i wówczas należy je traktować jako alternatywne.

Dachy, na których tworzą się zaspę śnieżne przy attykach



Rysunek B4: Współczynniki kształtu dachu dla wyjątkowych zasp śnieżnych – dachy, na których zaspę tworzą się przy attykach

Dachy, na których tworzą się zasy śnieżne przy atykach

(4) Współczynnik kształtu podany na rysunku B4 przyjmuje się jako najmniejszą wartość z:

$$\mu_1 = 2h/s_k,$$

$$\mu_1 = 2b/l_s \quad \text{gdzie } b \text{ jest wartością większą z } b_1 \text{ i } b_2$$

$$\mu_1 = 8$$

Długość zasy l_s należy przyjmować jako najmniejszą z $5h$, b_1 lub $15m$.

Obciążenie wiatrem



PN-EN 1991-1-4 Obciążenie wiatrem



Polski Komitet
Normalizacyjny

POLSKA NORMA

ICS 91.010.30

PN-EN 1991-1-4

listopad 2008

Wprowadza
EN 1991-1-4:2005; IDT

Zastępuje
PN-EN 1991-1-4:2005

Eurokod 1
Oddziaływania na konstrukcje
Część 1-4: Oddziaływania ogólne
Oddziaływania wiatru

Norma Europejska EN 1991-1-4:2005 ma status Polskiej Normy

© Copyright by PKN, Warszawa 2008

nr ref. PN-EN 1991-1-4:2008

Hologram
PKN

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



Ciśnienie wiatru

(1) Ciśnienie wiatru działające na powierzchnie zewnętrzne konstrukcji, w_e , należy wyznaczać z wyrażenia (5.1):

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \quad (5.1)$$

w którym:

$q_p(z_e)$ wartość szczytowa ciśnienia prędkości;

z_e wysokość odniesienia dla ciśnienia zewnętrznego, według Rozdziału 7;

c_{pe} współczynnik ciśnienia zewnętrznego, według Rozdziału 7.

UWAGA $q_p(z)$ zdefiniowano w 4.5.

(2) Ciśnienie wiatru działające na powierzchnie wewnętrzne konstrukcji, w_i , należy wyznaczać z wyrażenia (5.2):

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi} \quad (5.2)$$

w którym:

$q_p(z_i)$ wartość szczytowa ciśnienia prędkości;

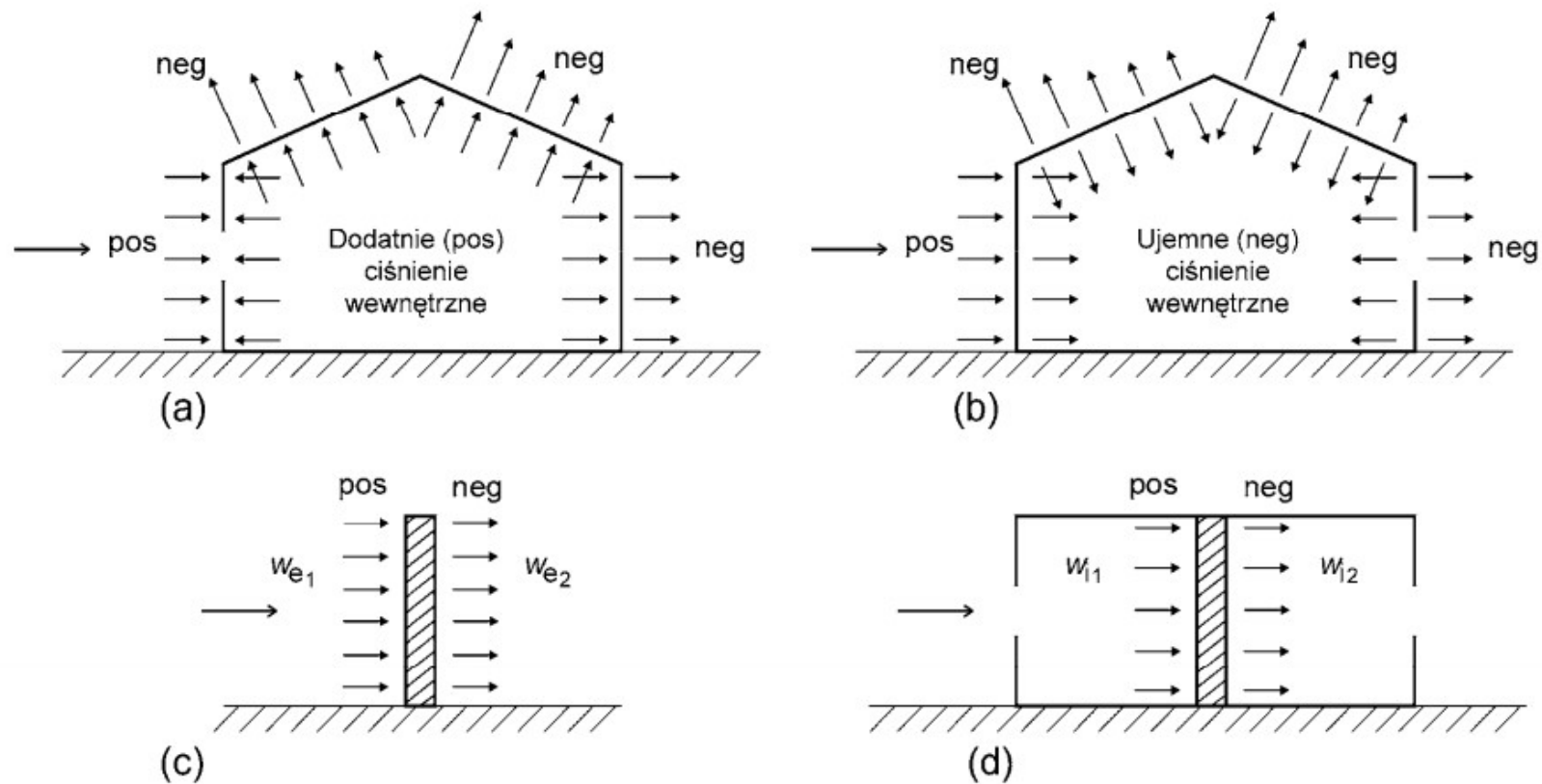
z_i wysokość odniesienia dla ciśnienia wewnętrznego, według Rozdziału 7;

c_{pi} współczynnik ciśnienia wewnętrznego, według Rozdziału 7.

UWAGA $q_p(z)$ zdefiniowano w 4.5.

Ciśnienie sumaryczne

(3) Ciśnienie sumaryczne (netto), działające na ścianę, dach lub element, jest różnicą algebraiczną między wartościami ciśnienia po obu stronach przegrody. Parcie, skierowane ku powierzchni, jest przyjmowane jako dodatnie, a ssanie, skierowane od powierzchni, jako ujemne. Przykłady podano na Rysunku 5.1.



Rysunek 5.1 – Ciśnienie wywierane na powierzchnie

Wartość szczytowa ciśnienia prędkości

4.5 Wartość szczytowa ciśnienia prędkości

(1) Należy wyznaczyć szczytowe ciśnienie prędkości $q_p(z)$ na wysokości z , które łączy wartość średnią i chwilowe fluktuacje prędkości.

UWAGA 1 W Załączniku krajowym można podać zasady wyznaczania $q_p(z)$. Zasadę zalecaną przedstawia wyrażenie (4.8):

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b \quad (4.8)$$

w którym:

ρ gęstość powietrza, zależna od wysokości nad poziomem morza, temperatury i ciśnienia atmosferycznego występująca w rozważanym regionie w czasie silnego wiatru;

$c_e(z)$ współczynnik ekspozycji przedstawiony w wyrażeniu (4.9):

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b} \quad (4.9)$$

q_b wartość bazowa ciśnienia prędkości obliczana z wyrażenia (4.10):

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (4.10)$$

UWAGA 2 Wartości ρ mogą być podane w Załączniku krajowym. Wartością zalecaną jest $1,25 \text{ kg/m}^3$.

Intensywność turbulencji

UWAGA 2 Zalecane zasady wyznaczania $I_v(z)$ podano w wyrażeniu (4.7):

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_t}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{dla } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \quad (4.7)$$
$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad \text{dla } z < z_{\min}$$

w którym:

k_t – współczynnik turbulencji. Wartość k_t może być podana w Załączniku krajowym. Zaleca się wartość $k_t = 1,0$.

c_o – współczynnik rzeźby terenu, opisany w 4.3.3;

z_0 – wymiar chropowatości, podany w Tabelicy 4.1.

Kategorie i parametry terenu

Tablica 4.1 – Kategorie i parametry terenu

Kategoria terenu		z_0 [m]	z_{min} [m]
0	Obszary morskie i przybrzeżne wystawione na otwarte morze	0,003	1
I	Jeziora lub tereny płaskie, poziome, o nieznacznej roślinności i bez przeszkód terenowych	0,01	1
II	Tereny o niskiej roślinności, takiej jak trawa, i o pojedynczych przeszkodach (drzewa, budynki) oddalonych od siebie na odległość równą co najmniej ich 20 wysokościom	0,05	2
III	Tereny regularnie pokryte roślinnością lub budynkami albo o pojedynczych przeszkodach, oddalonych od siebie najwyżej na odległość równą ich 20 wysokościom (takie jak wsie, tereny podmiejskie, stałe lasy)	0,3	5
IV	Tereny, których przynajmniej 15 % powierzchni jest pokryte budynkami o średniej wysokości przekraczającej 15 m	1,0	10
UWAGA Kategorie terenu pokazano w Załączniku A.1.			

Średnia prędkość wiatru

4.3 Średnia prędkość wiatru

4.3.1 Zależność od wysokości

(1) Średnia prędkość wiatru $v_m(z)$ na wysokości z nad poziomem terenu zależy od chropowatości i rzeźby terenu oraz od bazowej prędkości wiatru, v_b , i jest wyznaczana z wyrażenia (4.3):

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b \quad (4.3)$$

w którym:

$c_r(z)$ współczynnik chropowatości, podany w 4.3.2;

$c_o(z)$ współczynnik rzeźby terenu (orografii), równy 1,0, chyba że podano inaczej w 4.3.3.

UWAGA 1 Informacja o współczynniku c_o może być podana w Załączniku krajowym. Jeżeli wpływ rzeźby terenu jest uwzględniony w wartości bazowej prędkości wiatru, to zaleca się wartość $c_o = 1,0$.

UWAGA 2 Mapy lub tablice wartości $v_m(z)$ mogą być podane w Załączniku krajowym.

Należy rozważyć wpływ sąsiednich konstrukcji na prędkość wiatru (patrz 4.3.4).

Bazowa prędkość wiatru

4.2 Wartości podstawowe

(1)P Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru, $v_{b,0}$, jest wartością charakterystyczną, średnią 10. minutową, niezależną od kierunku wiatru i pory roku, na wysokości 10 m nad poziomem gruntu, w otwartym terenie wiejskim o niskiej roślinności, jak trawa, i o pojedynczych przeszkodach oddalonych od siebie przynajmniej na odległość ich 20 wysokości.

UWAGA 1 Ten teren odpowiada kategorii II w Tablicy 4.1.

UWAGA 2 Wartości podstawowe bazowej prędkości wiatru, $v_{b,0}$, mogą być podane w Załączniku krajowym.

(2)P Bazową prędkość wiatru należy obliczać z wyrażenia (4.1):

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \quad (4.1)$$

w którym:

v_b bazowa prędkość wiatru określona jako funkcja kierunku wiatru i pory roku na wysokości 10 m nad poziomem gruntu w terenie kategorii II;

$v_{b,0}$ wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru, patrz (1)P;

c_{dir} współczynnik kierunkowy, patrz Uwaga 2;

c_{season} współczynnik sezonowy, patrz Uwaga 3.

UWAGA 1 Jeżeli wpływu wysokości nad poziomem morza na bazową prędkość wiatru v_b nie uwzględniono w wartości podstawowej $v_{b,0}$, to w Załączniku krajowym można podać jak to zrobić.

UWAGA 2 Wartości współczynnika kierunkowego, c_{dir} , dla różnych kierunków wiatru mogą się znajdować w Załączniku krajowym. Wartością zalecaną jest 1,0.

UWAGA 3 Wartości współczynnika sezonowego, c_{season} , mogą być podane w Załączniku krajowym. Wartością zalecaną jest 1,0.

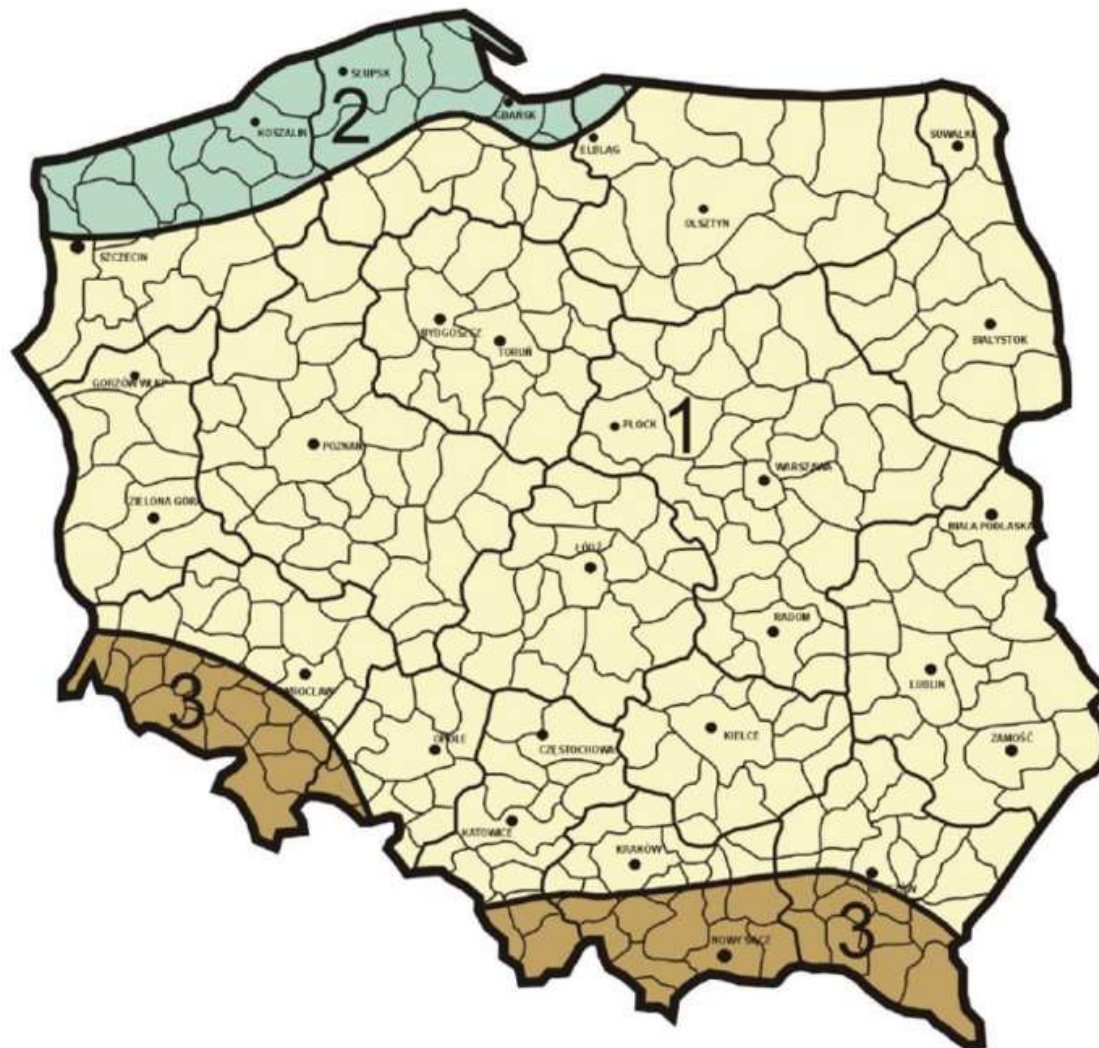
Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru

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

Strefa	$v_{b,o}$ (m/s)	$v_{b,o}$ (m/s)	$q_{b,o}$ (kN/m ²)	$q_{b,o}$ (kN/m ²)
	$A \leq 300$ 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)

Podział Polski na strefy obciążenia wiatrem



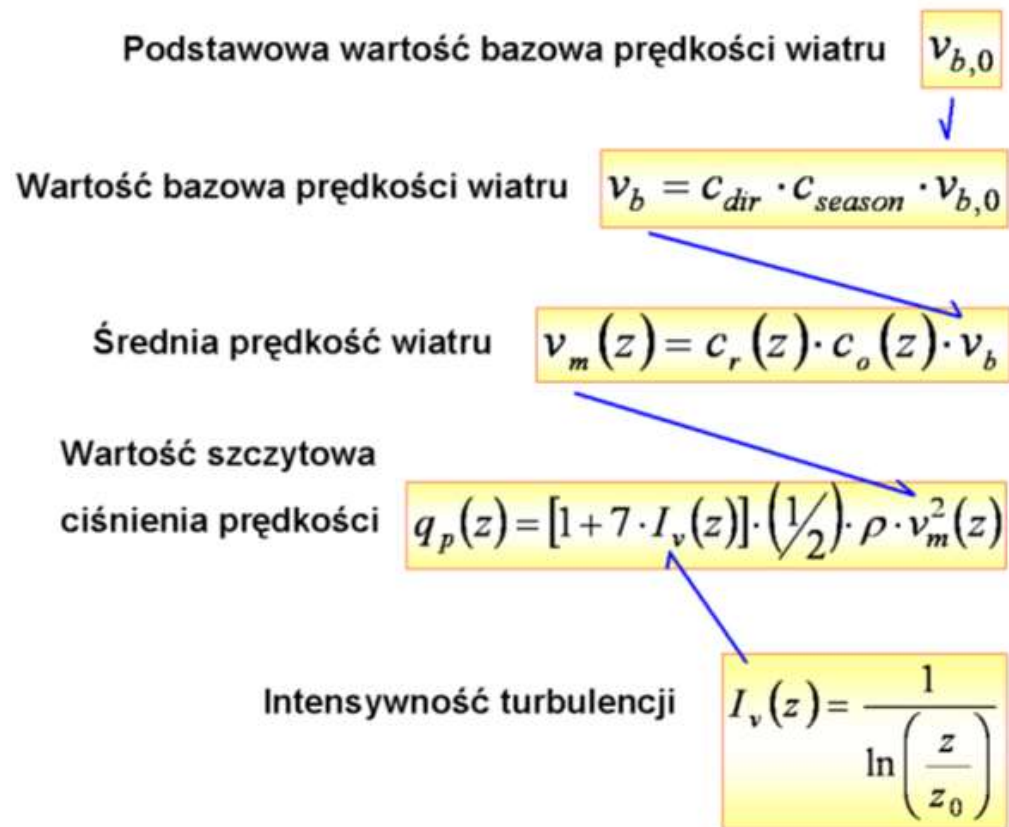
Współczynnik chropowatości i ekspozycji

Tablica NA.3 – Współczynnik chropowatości i współczynnik ekspozycji oraz z_{\min} i z_{\max}

Kategoria terenu	$c_r(z)$	$c_e(z)$	z_{\min} , m	z_{\max} , m
0	$1,3 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,11}$	$3,0 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,17}$	1	200
I	$1,2 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,13}$	$2,8 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,19}$	1	200
II	$1,0 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,17}$	$2,3 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,24}$	2	300
III	$0,8 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,19}$	$1,9 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,26}$	5	400
IV	$0,6 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,24}$	$1,5 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,29}$	10	500

UWAGA: $c_r(z)$ i $c_e(z)$ dla wysokości $z > z_{\max}$ należy przyjmować jak dla z_{\max} .

Wartość szczytowa ciśnienia prędkości



Rys. 32. Schemat procedury wyznaczania wartości szczytowej ciśnienia prędkości wiatru $q_p(z)$

Procedury wyznaczania obciążenia wiatrem

Tablica 5.1 – Procedury wyznaczania obciążenia wiatrem

Parametr	Punkt/Rozdział
Wartość szczytowa ciśnienia prędkości q_p	
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
Ciśnienie wiatru, np. na pokrycia, łączniki i elementy konstrukcyjne	
współczynnik ciśnienia zewnętrznego c_{pi}	Rozdział 7
współczynnik ciśnienia wewnętrznego c_{pe}	Rozdział 7
współczynnik ciśnienia netto	Rozdział 7
zewnętrzne ciśnienie wiatru: $w_e = q_p c_{pe}$	5.1 (1)
wewnętrzne ciśnienie wiatru: $w_i = q_p c_{pi}$	5.1 (2)
Obciążenie wiatrem konstrukcji, np. do wyznaczenia łącznych efektów wiatru	
współczynnik konstrukcyjny: $c_s c_d$	6
obciążenie wiatrem F_w obliczane ze współczynników siły	5.2 (2)
obciążenie wiatrem F_w obliczane ze współczynników ciśnienia	5.2 (3)

Siły oddziaływania wiatru

5.3 Siły oddziaływania wiatru

(1) Siły wywierane przez wiatr na całą konstrukcję lub element konstrukcyjny należy obliczać:

- stosując współczynniki sił (patrz (2)) lub
- sumując siły z powierzchni obciążonych ciśnieniem (patrz (3))

(2) Siła F_w wywierana przez wiatr na konstrukcję lub element konstrukcyjny może być wyznaczana bezpośrednio z wyrażenia (5.3):

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad (5.3)$$

lub za pomocą dodawania wektorowego sił działających na poszczególne elementy (jak pokazano w 7.2.2) z wyrażenia (5.4):

$$F_w = c_s c_d \cdot \sum_{\text{elementy}} c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad (5.4)$$

w którym:

$c_s c_d$ współczynnik konstrukcyjny zdefiniowany w Rozdziale 6;

c_f współczynnik siły aerodynamicznej (oporu aerodynamicznego), konstrukcji lub elementu konstrukcyjnego, podany w Rozdziale 7 lub 8;

$q_p(z_e)$ wartość szczytowa ciśnienia prędkości (określona w 4.5) na wysokości odniesienia z_e (określonej w Rozdziale 7 lub 8);

A_{ref} pole powierzchni odniesienia konstrukcji lub elementu konstrukcyjnego, wskazanej w Rozdziale 7 lub 8.

Współczynniki ciśnienia i siły

Rozdział 7 Współczynniki ciśnienia i siły

7.1 Postanowienia ogólne

(1) Rozdział ten stosuje się do wyznaczania współczynników aerodynamicznych konstrukcji. W zależności od rozpatrywanej konstrukcji właściwe będą następujące współczynniki aerodynamiczne:

- współczynniki ciśnienia wewnętrznego i zewnętrznego, patrz 7.1.1 (1);
- współczynniki ciśnienia netto, patrz 7.1.1 (2);
- współczynniki tarcia, patrz 7.1.1 (3);
- współczynniki siły aerodynamicznej (oporu aerodynamicznego), patrz 7.1.1 (4).

7.1.1 Wybór współczynnika aerodynamicznego

(1) Współczynniki ciśnienia należy wyznaczać dla:

- budynków, stosując 7.2 zarówno w przypadku ciśnienia wewnętrznego, jak i zewnętrznego;
- walców kołowych, stosując 7.2.9 do ciśnienia wewnętrznego i 7.9.1 do ciśnienia zewnętrznego.

UWAGA 1 Współczynniki ciśnienia zewnętrznego określają działanie wiatru na zewnętrzne powierzchnie budynków; współczynniki ciśnienia wewnętrznego określają działanie wiatru na wewnętrzne powierzchnie budynków.

UWAGA 2 Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dzielą się na globalne i lokalne. Współczynniki lokalne są współczynnikami ciśnienia do obliczania obciążenia na powierzchni 1 m^2 . Mogą być stosowane w obliczeniach małych elementów i łączników. Współczynniki globalne są współczynnikami ciśnienia do obliczania obciążenia na powierzchni 10 m^2 . Mogą być stosowane do obliczania obciążenia na powierzchniach większych niż 10 m^2 .

Współczynniki ciśnienia i siły

(2) Współczynniki ciśnienia netto należy stosować do:

- wiat, według 7.3;
- ścian wolno stojących, attyk i ogrodzeń, według 7.4.

UWAGA Współczynniki ciśnienia netto określają wypadkowe działanie wiatru na jednostkę powierzchni konstrukcji, elementu konstrukcji lub jej składnika.

(3) Współczynniki tarcia należy stosować do ścian i powierzchni określonych w 5.3 (3) i (4), wykorzystując 7.5.

(4) Współczynniki siły należy stosować do:

- tablic, według 7.4.3;
- elementów konstrukcyjnych o prostokątnym przekroju poprzecznym, według 7.6;
- elementów konstrukcyjnych o przekrojach z ostrymi narożami, według 7.7;
- elementów konstrukcyjnych o przekroju poprzecznym w kształcie wielokąta foremnego, według 7.8;
- walców kołowych, według 7.9.2 i 7.9.3;
- kul, według 7.10;
- konstrukcji kratowych i rusztowań, według 7.11;
- flag, według 7.12.

Można zastosować współczynnik redukcyjny, zależny od efektywnej smukłości konstrukcji, według 7.13.

UWAGA Współczynniki siły określają całkowity efekt działania wiatru na konstrukcję, element konstrukcyjny lub jej składnik jako całość, wraz z siłami tarcia, jeżeli nie zostało to wykluczone.

Współczynniki ciśnienia dla budynków

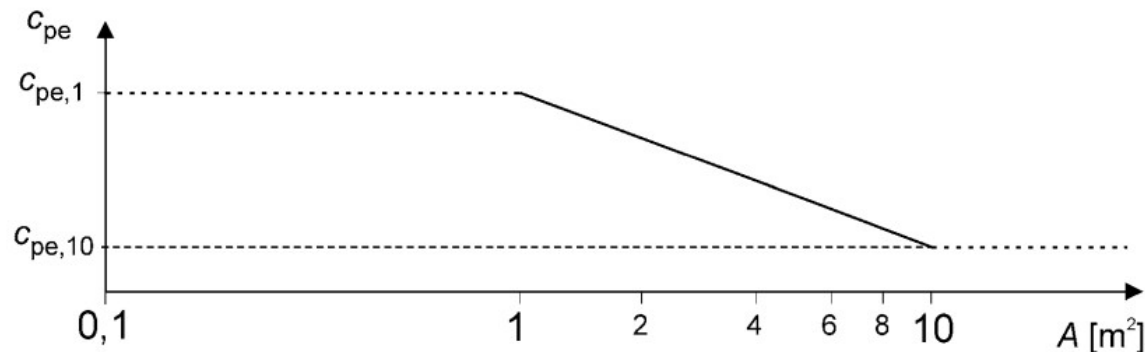
7.2 Współczynniki ciśnienia dla budynków

7.2.1 Postanowienia ogólne

(1) Współczynniki ciśnienia zewnętrznego c_{pe} budynków i ich części zależą od rozmiarów obciążonej powierzchni o polu A , które jest obszarem konstrukcji zbierającym obciążenie wiatrem z obliczanej sekcji. Współczynniki ciśnienia zewnętrznego podano w tablicach dla $A = 1 \text{ m}^2$ i 10 m^2 , stosownie do konfiguracji budynków, odpowiednio jako współczynniki lokalne $c_{pe,1}$ i globalne $c_{pe,10}$.

UWAGA 1 Wartości $c_{pe,1}$ są przeznaczone do obliczeń małych elementów i łączników o powierzchni elementu 1 m^2 lub mniejszej, takich jak elementy ścian osłonowych i dachów. Wartości $c_{pe,10}$ mogą być używane w obliczeniach konstrukcji nośnych budynków jako całości.

UWAGA 2 W Załączniku krajowym można podać sposób obliczania współczynników ciśnienia zewnętrznego dla powierzchni większych niż 1 m^2 , wykorzystując wartości $c_{pe,1}$ i $c_{pe,10}$. Sposób zalecany dla powierzchni obciążonej o polu do 10 m^2 podano na Rysunku 7.2.



Rysunek przedstawia następującą zależność:

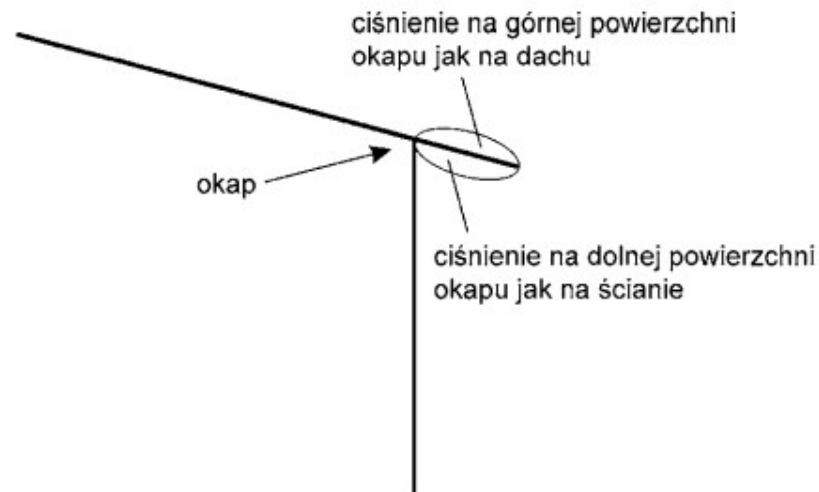
jeżeli $1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2$, to $c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A$

Rysunek 7.2 – Zalecany sposób wyznaczania wartości współczynnika ciśnienia zewnętrznego c_{pe} w przypadku budynków o polu obciążonej powierzchni między 1 m^2 a 10 m^2

Współczynniki ciśnienia dla budynków

(2) Wartości $c_{pe,10}$ i $c_{pe,1}$ podane w Tablicach od 7.1 do 7.5 należy stosować przy ortogonalnych kierunkach wiatru 0° , 90° i 180° . Są to najbardziej niekorzystne wartości w zakresie kierunków wiatru $\theta = \pm 45^\circ$, z każdej strony rozważanych kierunków ortogonalnych.

(3) W przypadku wystających części dachu, ciśnienie pod okapem, w jego narożnikach, jest równe ciśnieniu na ścianie w bezpośrednim sąsiedztwie wystającego dachu; ciśnienie na górnej stronie okapu jest równe ciśnieniu na dachu w tej strefie.



Rysunek 7.3 – Ilustracja rozkładu ciśnienia na okapie

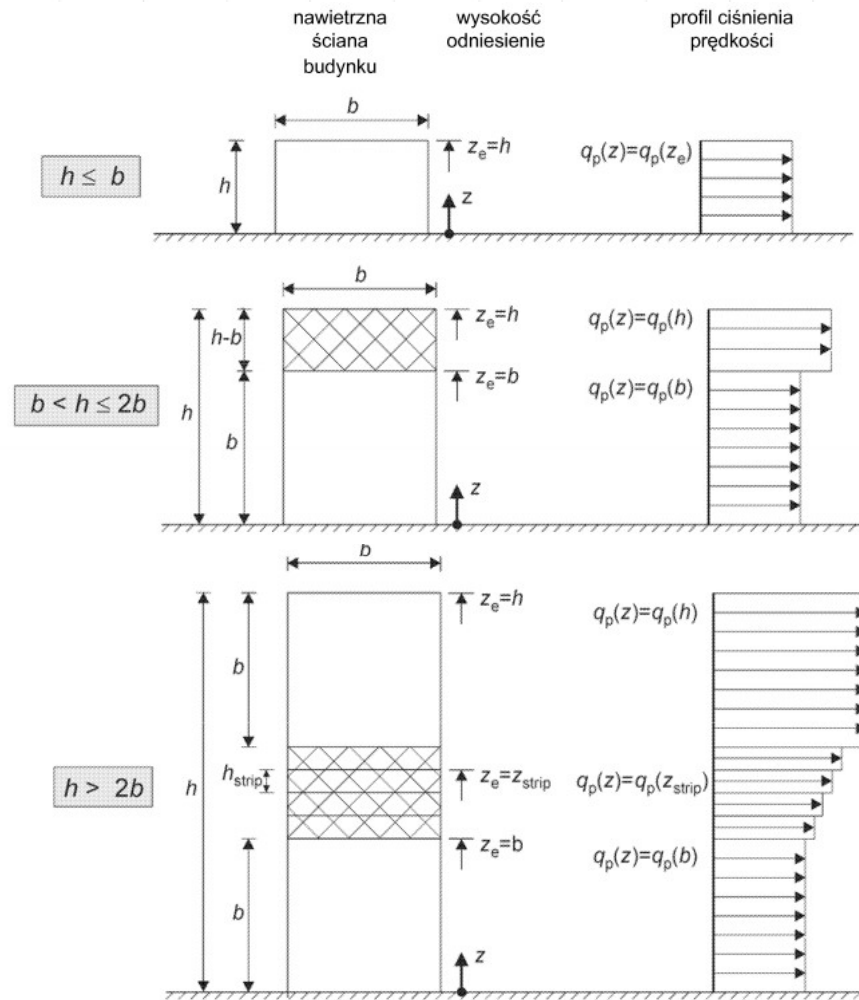
Współczynniki ciśnienia dla ścian budynków na rzucie prostokąta

7.2.2 Ściany pionowe budynków na rzucie prostokąta

(1) Wysokości odniesienia, z_e , dla nawietrznych ścian budynków na rzucie prostokąta (pole D, patrz Rysunek 7.5) zależą od stosunku h/b i są zawsze przyjmowane jako górne wysokości różnych części (obszarów) ścian. Przedstawiono je na Rysunku 7.4 dla trzech następujących przypadków:

- budynek, którego wysokość h jest mniejsza niż b , należy traktować jako jedną część,
- budynek, którego wysokość h jest większa niż b , lecz mniejsza niż $2b$, można traktować jako składający się z dwóch części zawierających: część dolną, rozciągającą się w górę od poziomu podstawy do wysokości równej b , i pozostałą część górną,
- budynek, którego wysokość h jest większa niż $2b$, można traktować jako składający się z kilku części zawierających: część dolną, rozciągającą się w górę od poziomu podstawy do wysokości równej b , część górną, rozciągającą się w dół od górnej krawędzi budynku na długość b , i obszar pośredni, zawarty między częścią górną a dolną, który może być podzielony na poziome pasy o wysokości h_{strip} , jak pokazano na Rysunku 7.4.

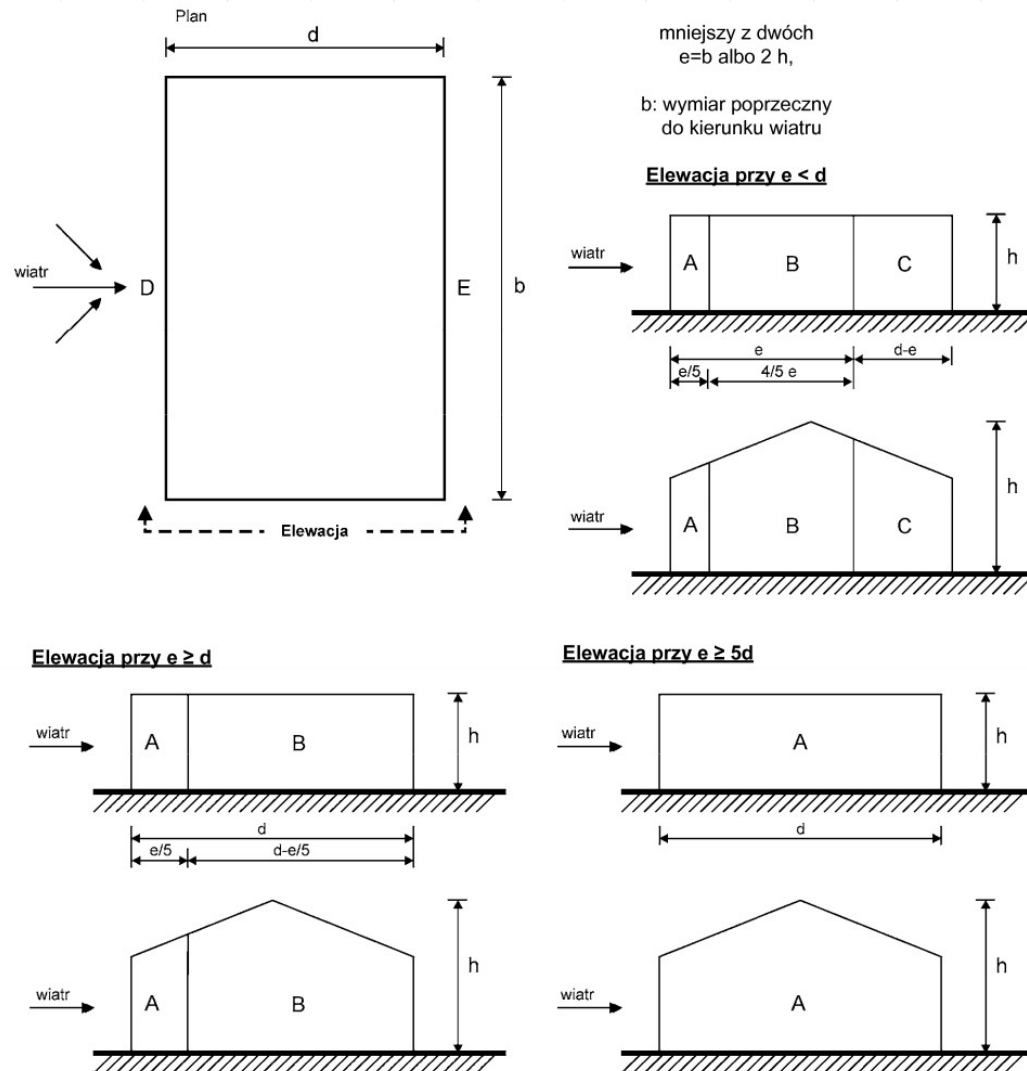
Współczynniki ciśnienia dla ścian budynków na rzucie prostokąta



UWAGA Przyjmuje się stałą wartość ciśnienia prędkości w każdym poziomym pasie.

Rysunek 7.4 – Wysokości odniesienia, z_e , zależne od h i b , oraz odpowiadające im rozkłady ciśnienia prędkości

Współczynniki ciśnienia dla ścian budynków na rzucie prostokąta



Rysunek 7.5 – Oznaczenia ścian pionowych

Współczynniki ciśnienia dla ścian budynków na rzucie prostokąta

Tablica 7.1 – Zalecane wartości współczynnika ciśnienia zewnętrznego dla ścian pionowych budynków na rzucie prostokąta

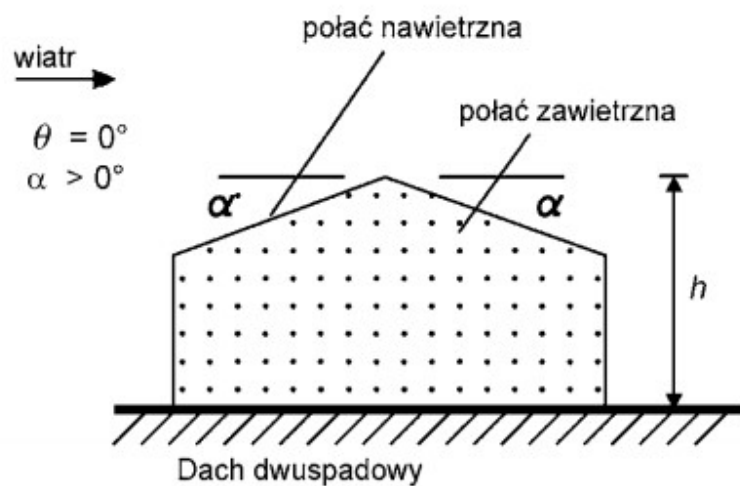
Pole	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

UWAGA 2 W przypadku budynków o $h/d > 5$, całkowite obciążenie wiatrem można wyznaczyć na podstawie postanowień podanych w 7.6 do 7.8 oraz 7.9.2.

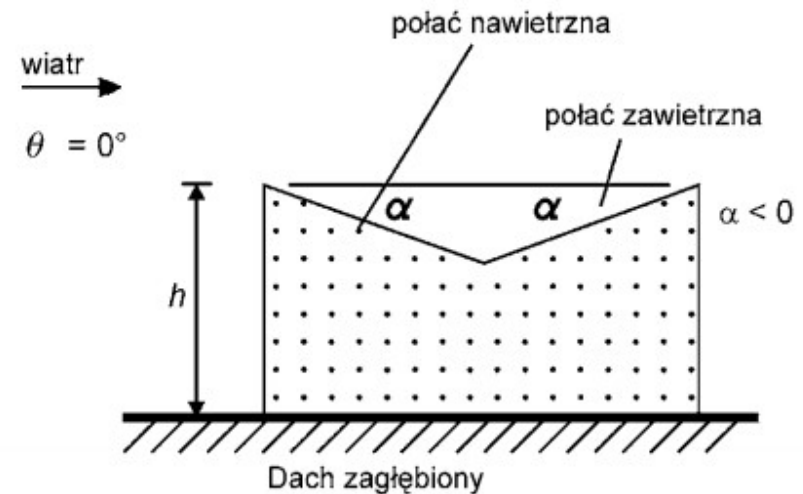
Współczynniki ciśnienia dla dachów dwuspadowych

7.2.5 Dachy dwuspadowe

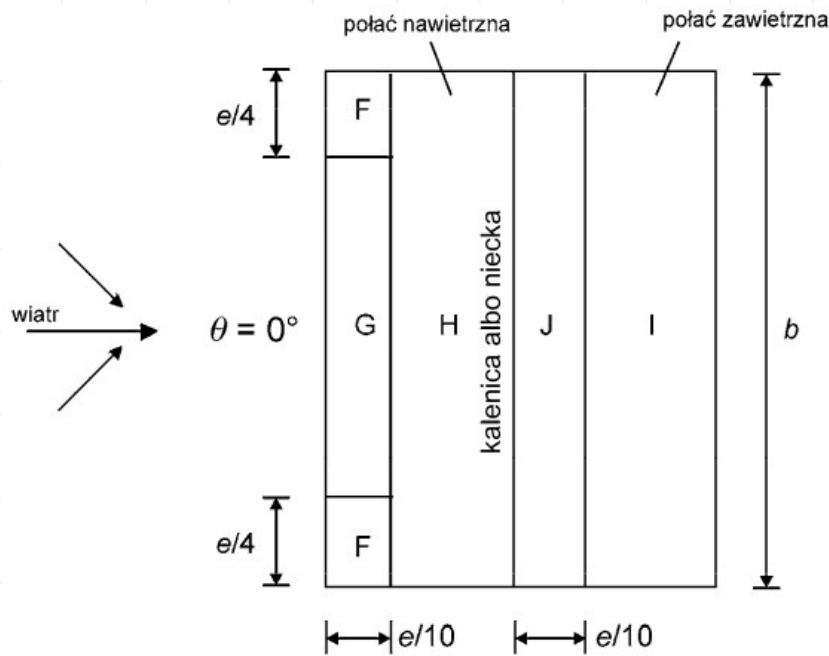
- (1) Dach należy podzielić, uwzględniając okapy, na pola pokazane na Rysunku 7.8.
- (2) Należy przyjmować wysokość odniesienia z_e równą h .
- (3) Współczynniki ciśnienia dla każdego pola podano w Tabelicy 7.4.



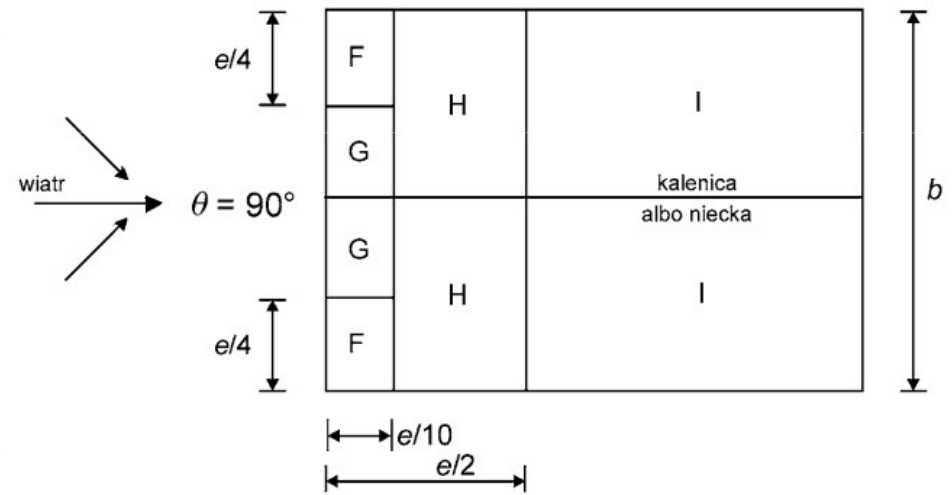
(a) widok z boku



Współczynniki ciśnienia dla dachów dwuspadowych



(b) kierunek wiatru $\theta = 0^\circ$



(c) kierunek wiatru $\theta = 90^\circ$

Rysunek 7.8 – Oznaczenia dachów dwuspadowych

mniejszy z dwóch
 $e = b$ albo $2h$

b : wymiar poprzeczny
do kierunku wiatru

Współczynniki ciśnienia dla dachów dwuspadowych

Tablica 7.4a – Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów dwuspadowych

Kąt spadku α	Pole dla kierunku wiatru $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

UWAGA 1 Przy $\theta = 0^\circ$, w zakresie kątów spadku między $\alpha = -5^\circ$ a $\alpha = +45^\circ$, ciśnienie na połaci nawietrznej zmienia się gwałtownie między wartościami dodatnimi a ujemnymi, dlatego podano wartości dodatnie i ujemne. Należy rozważyć cztery przypadki, w których największe albo najmniejsze wartości we wszystkich polach F, G i H występują łącznie z największymi albo najmniejszymi wartościami w polach I i J. Nie dopuszcza się jednoczesnego przyjmowania wartości dodatnich i ujemnych na tej samej połaci.

UWAGA 2 Dla pośrednich kątów spadku można stosować interpolację liniową między wartościami tego samego znaku. (Nie należy interpolować między $\alpha = +5^\circ$ a $\alpha = -5^\circ$, lecz zastosować dane dla płaskiego dachu podane w 7.2.3). Wartości równe 0,0 podano dla celów interpolacji.

Współczynniki ciśnienia dla dachów dwuspadowych

Tablica 7.4b – Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów dwuspadowych

Kąt spadku α	Pole dla kierunku wiatru $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

PODSTAWY PROJEKTOWANIA I ODDZIAŁYWANIA NA KONSTRUKCJE

WYKŁAD 7

Obciążenie śniegiem i wiatrem

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