

Konstrukcje betonowe (studia stacjonarne I st., sem. VI, letni)

Obciążenie wiatrem na podstawie Eurokodu 1

I. ściany

II. dachu dwuspadowy

III. dach płaski

Dane wejściowe:

$L := 10 \text{ m}$ - wymiary budynku

$B := 14 \text{ m}$

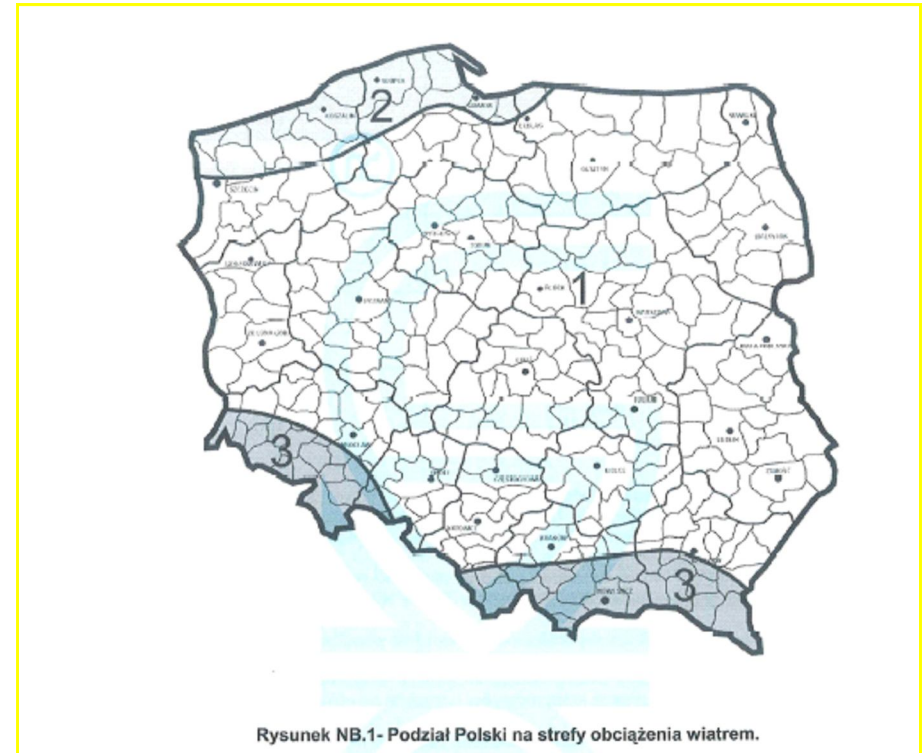
$\alpha := 40^\circ$ - kąt nachylenia dachu

$H := 4,5 \text{ m}$ - wysokość ścian

$h := 8,7 \text{ m}$ - wysokość całkowita

$a := 0,4 \text{ m}$ - okap dachu wystający poza obrys ścian

- strefa obciążenia wiatrem: **strefa I** stąd $v_b := 22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$



Tablica NB.1. Wartości strefowej podstawowej wartości bazowej prędkości i ciśnienia prędkości wiatru;
a – wysokość nad poziomem morza, m

Strefa	$v_{b,0}$, m/s	$v_{b,e}$, m/s	$q_{b,0}$, kN/m ²	$q_{b,e}$, kN/m ²
	$a \leq 300 \text{ m}$	$a > 300 \text{ m}$	$a \leq 300 \text{ m}$	$a > 300 \text{ m}$
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	$0,30 \cdot [1 + 0,0006(a - 300)]^2 \cdot \frac{20000 - a}{20000 + a}$


- teren **kategorii II**, rolniczy, otwarty

Wpływ terenu

A.1 Prezentacja największej wartości chropowatości każdej kategorii terenu

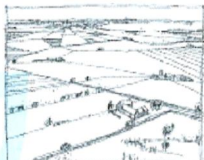
Kategoria terenu 0

Morze, obszar brzegowy otwarty na morze.




Kategoria terenu I

Jeziora albo obszary z pomijalnie niewielką roślinnością i bez przeszkód




Kategoria terenu II

Obszary z niską roślinnością, taką jak trawa, oraz pojedynczymi przeszkodami (drzewa, budynki) oddalonymi od siebie na odległość nie mniejszą niż 20 ich wysokości.




Kategoria terenu III

Obszary regularnie pokryte roślinnością albo budynkami lub z pojedynczymi przeszkodami oddalonymi od siebie na odległość nie większą niż 20 ich wysokości (jak wsie, tereny podmiejskie, stałe lasy).



Kategoria terenu IV

Obszary, na których przynajmniej 15 % powierzchni pokrywają budynki o średniej wysokości przekraczającej 15 m



$z_0 := 0,05 \text{ m}$ - wysokość chropowatości

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 są pokazane w Załączniku A.1.

(2) Kategoria chropowatości terenu, która będzie przyjęta dla danego kierunku wiatru, zależy od chropowatości terenu, na którym jest ona jednorodna, w sektorze kątowym, obejmującym rozpatrywany kierunek, i od promienia tego sektora, liczonego pod wiatr. Małe obszary (mniejsze niż 10% obszaru rozpatrywanego), o chropowatości innej niż przeważająca na danym obszarze, można pominąć. Patrz Rysunek 4.1.

- orientacja ścian dłuższych - wschód-zachód

$\theta := 0$ oznacza w przykładzie kierunek zachodni (wiatr zachodni 270st)
(sektor 10)

$\theta_{90} := 90$ oznacza wiatr prostopadły do kalenicy (wiatr południowy 180st)
(sektor 7)

Tablica NB.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					

- określenie współczynników kierunkowych

dla sektora 10 $c_{dir 10} := 1$

dla sektora 7 $c_{dir 7} := 0,7$

- wysokość odniesienia

$z_e := h = 8,7 \text{ m}$

- można przyjąć wysokość odniesienia jest równa wysokości całkowitej budynku, jeśli nie ma dominujących otworów w przegrodach zewnętrznych

$z_i := z_e = 8,7 \text{ m}$

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_1}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{dla } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \quad (4.7)$$

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

w którym

k_1 - współczynnik turbulencji. Wartość k_1 może być podana w Załączniku krajowym. Zaleca się wartość $k_1 = 1,0$.

c_o - współczynnik rzeźby terenu, opisany w 4.3.3

z_0 - wysokość chropowatości, podana w Tablicy 4.1

- obliczenia wartości szczytowych ciśnienia wiatru:

$$I_v := \frac{1}{\ln\left(\frac{h}{z_0}\right)} = 0,194 \quad \text{- intensywność turbulencji}$$

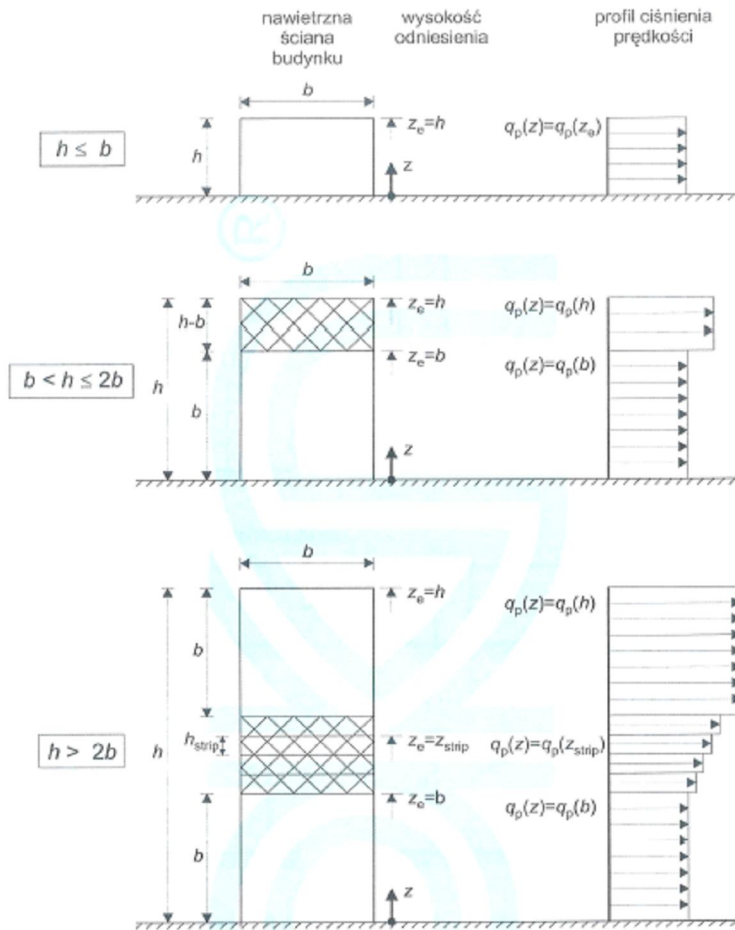
$$k_1 := 1 \quad \rho := 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{- gęstość powietrza}$$

$$c_0 := 1$$

$$c_r := 0,19 \cdot \ln\left(\frac{h}{z_0}\right) = 0,98 \quad \text{- współczynnik chropowatości}$$

$$q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = 302.5 \text{ Pa} \quad - \text{wartość bazowa ciśnienia prędkości wiatru}$$

$$c_e := 2.3 \cdot \left(\frac{h}{10 \text{ m}} \right)^{0.24} = 2.224 \quad \text{(A)EN 1991-1-4 :2005}$$



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

(2) Wartości współczynników ciśnienia $c_{pe,10}$ i $c_{pe,1}$ dla pól A, B, C, D i E są podane na Rysunku 7.5.

Tablica NB.3. Współczynnik chropowatości i współczynnik ekspozycji

Kategoria terenu	$c_s(z)$	$c_{te}(z)$
0	$1,27 \left(\frac{z}{10} \right)^{0,11}$	$2,98 \left(\frac{z}{10} \right)^{0,176}$
I	$1,18 \left(\frac{z}{10} \right)^{0,13}$	$2,78 \left(\frac{z}{10} \right)^{0,205}$
II	$\left(\frac{z}{10} \right)^{0,17}$	$2,29 \left(\frac{z}{10} \right)^{0,265}$
III	$0,81 \left(\frac{z}{10} \right)^{0,19}$	$1,89 \left(\frac{z}{10} \right)^{0,26}$
IV	$0,62 \left(\frac{z}{10} \right)^{0,24}$	$1,47 \left(\frac{z}{10} \right)^{0,30}$

- wartość szczytowa ciśnienia prędkości wiatru

Wartość ta została obliczona w przykładzie na dwa sposoby:

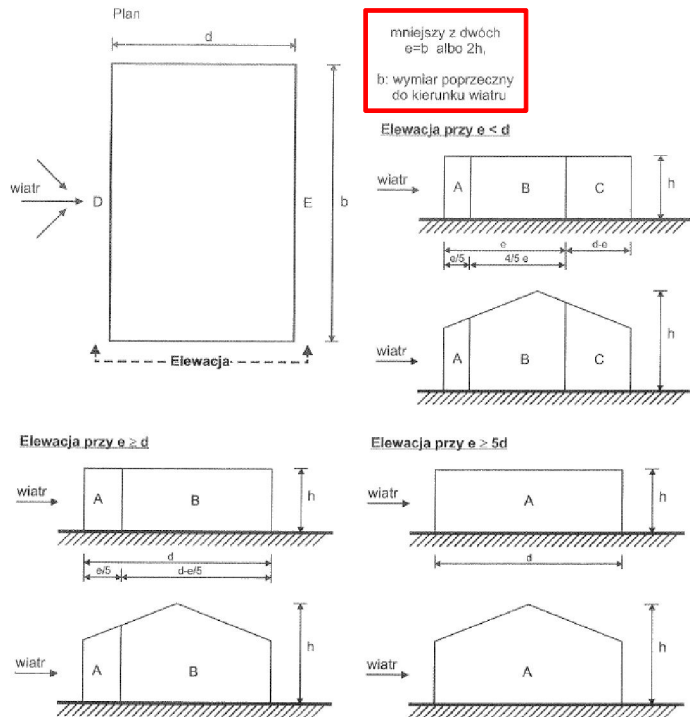
- zgodnie z p. 4.4 E1

- zgodnie z załącznikiem krajowym E1

$$q_p := \max \left[\left(1 + 7 I_v \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \left(c_r \cdot v_b \right)^2, c_e \cdot q_b \right] = 0.685 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

I. Ściany

(A)EN 1991-1-4 :2005



Rysunek 7.5 — Oznaczenia ścian pionowych

UWAGA 1 Wartości $c_{pe,10}$ i $c_{pe,1}$ mogą być podane w Załączniku krajowym. Wartości zalecane podane w Tabelcy 7.1, w zależności od stosunku h/d . Można zastosować interpolację liniową dla pośrednich wartości h/d . Wartości podane w Tabelcy 7.1 stosuje się również do ścian budynków o dachach nachylonych, takich jak jedno lub dwuspadowe.

Tablica 7.1 — Zalecane wartości współczynnika ciśnienia zewnętrznego dla ścian pionowych budynków na ruzcie prostokąta

Pole	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
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 może być wyznaczone na podstawie postanowień podanych w 7.6 do 7.8 oraz 7.9.2.

(3) Jeżeli siła aerodynamiczna, wywierana na budynek jest obliczana przy równoczesnym zastosowaniu współczynników ciśnienia c_{pe} na nawietrznych i zawietrznych stronach (pola D i E) budynku, brak korelacji między ciśnieniem wiatru po stronie nawietrznej i zawietrznej musi być wzięty pod uwagę.

UWAGA Brak korelacji między ciśnieniem wiatru po stronie nawietrznej i zawietrznej może być rozpatrzony następująco. W przypadku budynków o $h/d \geq 5$, siłę wypadkową mnoży się przez 1. W przypadku budynków o $h/d \leq 1$, siłę wypadkową mnoży się przez 0,85. Dla pośrednich wartości h/d można stosować interpolację liniową.

$$w_{eA} := q_p \cdot (-1.2) = -0.822 \text{ kPa}$$

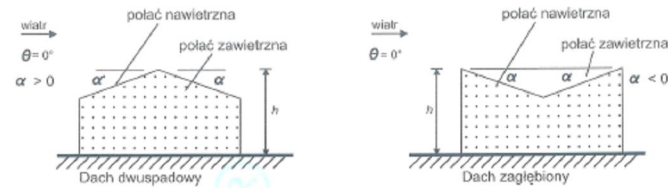
$$w_{iB} := q_p \cdot (-1.4) = -0.959 \text{ kPa}$$

II. dach dwuspadowy

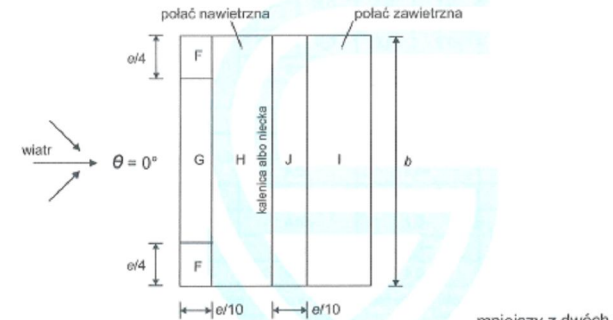
7.2.5 Dachy dwuspadowe

- (1) Dach należy podzielić, uwzględniając okapy, na pola pokazane na Rysunku 7.8.
- (2) Należy przyjmować wysokość odniesienia z_0 równą h .
- (3) Współczynniki ciśnienia dla każdego pola są podane w Tabelcy 7.4.

(A)EN 1991-1-4 :2005

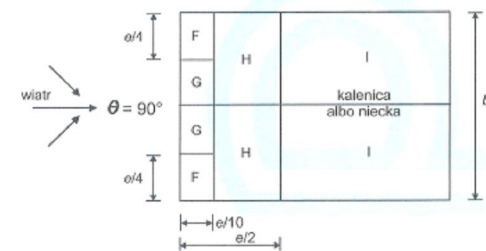


(a) widok z boku



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

b : wymiar poprzeczny do kierunku wiatru



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

Rysunek 7.8 — Oznaczenia dachów dwuspadowych

Tabela 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	
									-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
							+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
							+0,0		+0,0	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
							+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 polać nawierzchni zmienia się gwałtownie między wartościami dodatnimi i ujemnymi, dlatego podano wartości dodatnie i ujemne. Należy rozważyć cztery przypadki, w których największe albo najmniejsze wartości we wszystkich polach F, G i H są w kombinacji z największymi albo najmniejszymi wartościami w polach I i J. Nie dopuszcza się jednoczesnego przyjmowania wartości dodatnich i ujemnych na tej samej polać.

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 są podane dla celów interpolacji.

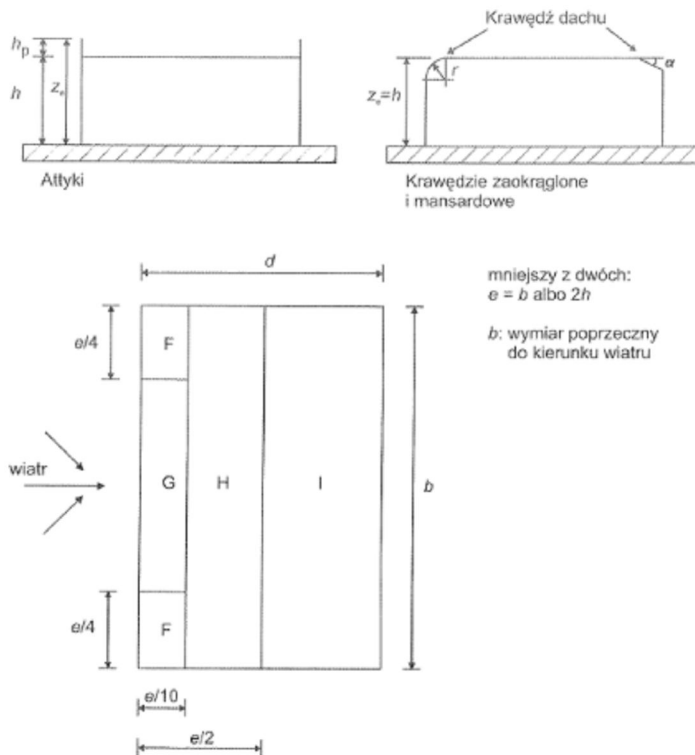
Tabela 7.4b — Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów dwuspadowych

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	-1,2
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	-1,2
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	-1,2
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	-1,2
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2

III. dach płaski

7.2.3 Dachy płaskie

- (1) Za dachy płaskie uważa się dachy o nachyleniu (α) połaci w zakresie $-5^\circ < \alpha < 5^\circ$.
- (2) Dachy należy podzielić na pola jak pokazano na Rysunku 7.6.
- (3) Wysokość odniesienia dla dachów płaskich o krawędziach zaokrąglonych albo dachów mansardowych należy przyjmować jako równą h . Wysokość odniesienia dla dachów płaskich z attykami należy przyjmować jako równą $h + h_p$, patrz Rysunek 7.6.
- (4) Wartości współczynników ciśnienia dla każdego pola są podane w Tabelcy 7.2.
- (5) Wypadkowy współczynnik ciśnienia wywieranego na attykę ustala się według 7.4.



Rysunek 7.6 — Oznaczenia dachów płaskich

Tablica 7.2 — Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów płaskich

Typ dachu	Pole								
	F		G		H		I		
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	
Ostre krawędzie brzegu	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	
Z attyką	$h_p/h = 0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h = 0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
Krawędzie zaokrąglone	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4	+0,2	-0,2	
	$r/h = 0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3	+0,2	-0,2	
	$r/h = 0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3	+0,2	-0,2	
Krawędzie mansardowe	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3	+0,2	-0,2	
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4	+0,2	-0,2	
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5	+0,2	-0,2	

UWAGA 1 W przypadku dachów z attyką lub zaokrąglonymi krawędziami można stosować interpolację liniową dla wartości pośrednich h_p/h i r/h .

UWAGA 2 W przypadku dachów mansardowych można stosować interpolację liniową między $\alpha = 30^\circ$, 45° i $\alpha = 60^\circ$. Jeżeli $\alpha > 60^\circ$ to można stosować interpolację liniową między wartościami podanymi dla $\alpha = 60^\circ$ i wartościami podanymi dla płaskich dachów o ostrych krawędziach.

UWAGA 3 W polu I, gdzie podano wartości dodatnie i ujemne, należy rozważyć obydwie wartości.

UWAGA 4 Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla samych mansard są podane w Tabelcy 7.4a "Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów dwuspadowych przy kierunku wiatru 0° ", pola F i G w zależności od kąta nachylenia krawędzi mansardowej.

UWAGA 5 Dla samych krawędzi zaokrąglonych współczynniki ciśnienia zewnętrznego oblicza się z interpolacji liniowej wzdłuż zaokrąglenia, między wartościami na ścianie i na dachu.