
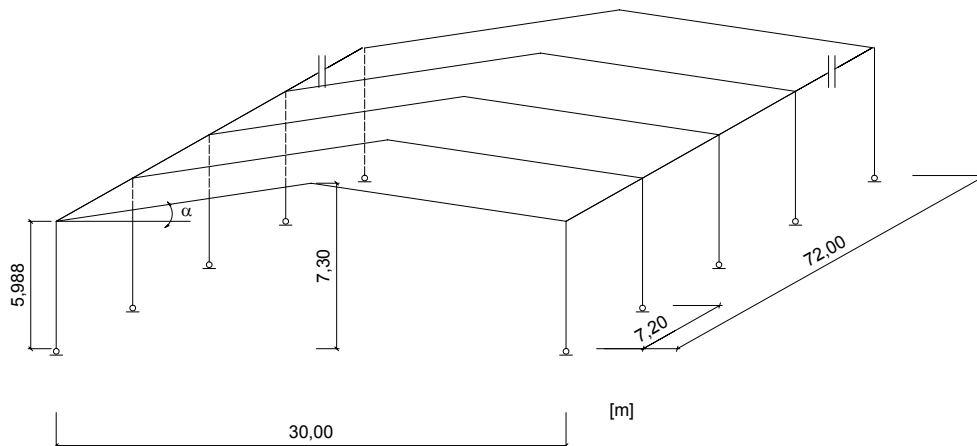


<p>VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX016a-CZ-EU</i>	Strana	<i>1 z 8</i>
	Název	Řešený příklad: Výpočet zatížení pláště budovy		
	Eurokód	<i>EN 1991-1-3, EN 1991-1-4</i>		
	Připravil	<i>Matthias Oppe</i>	Datum	<i>červen 2005</i>
	Zkontroloval	<i>Christian Müller</i>	Datum	<i>červen 2005</i>

Řešený příklad: Výpočet zatížení pláště budovy

Řešený příklad objasňuje postup výpočtu zatížení budovy s rámovou konstrukcí. Uvažují se dva typy zatížení: větrem a sněhem.



Základní údaje

- Celková délka : $b = 72,00$ m
- Vzdálenost vazeb: $s = 7,20$ m
- Rozpětí lodi: $d = 30,00$ m
- Výška (max): $h = 7,30$ m
- Sklon střechy: $\alpha = 5,0^\circ$


Výška nad základem:

$$h = 7,30 \text{ m}$$

$$\alpha = 5^\circ$$

vede na:

$$h' = 7,30 - 15 \tan 5^\circ = 5,988 \text{ m}$$

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX016a-CZ-EU</i>	Strana	2 z 8
	Název	Řešený příklad: Výpočet zatížení pláště budovy		
	Eurokód	<i>EN 1991-1-3, EN 1991-1-4</i>		
	Připravil	<i>Matthias Oppe</i>	Datum	<i>červen 2005</i>
	Zkontroloval	<i>Christian Müller</i>	Datum	<i>červen 2005</i>

1 Zatížení větrem

Základní hodnoty

Výpočet základní rychlosti větru:

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0}$$

Kde: v_b základní rychlost větru

c_{dir} směrový součinitel

c_{season} časový součinitel

$v_{b,0}$ fundamentální hodnota základní rychlosti větru

Fundamentální hodnota základní rychlosti větru (viz větrová mapa Evropy):

$$v_{b,0} = 26 \text{ m/s (pro Čáchy - Německo)}$$

Kategorie terénu II $\Rightarrow z_0 = 0,05 \text{ m}$

$$z > z_{min}$$

$$\Rightarrow v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$$

Pro zjednodušení se směrový součinitel c_{dir} a časový součinitel c_{season} obecně rovnají 1,0.

Základní tlak větru

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho_{air} \times v_b^2$$

kde: $\rho_{air} = 1,25 \text{ kg/m}^3$ (hustota vzduchu)

$$\Rightarrow q_b = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 26^2 = 422,5 \text{ N/m}^2$$

Maximální tlak

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

Výpočet z $v_m(z)$

$v_m(z)$ střední rychlost větru


$$v_m(z) = c_r(z) \times c_o(z) \times v_b$$

EN 1991-1-4
[§ 4.2](#)

EN 1991-1-4
[§ 4.3.2](#)
[Tab. 4.1](#)

EN 1991-1-4
[§ 4.5](#)
rovnice 4.10

EN 1991-1-4
[§ 4.5](#),
rovnice 4.8

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX016a-CZ-EU</i>	Strana	3 z 8
	Název	Řešený příklad: Výpočet zatížení pláště budovy		
	Eurokód	EN 1991-1-3, EN 1991-1-4		
	Připravil	Matthias Oppe	Datum	červen 2005
	Zkontroloval	Christian Müller	Datum	červen 2005

Kde: $c_o(z)$ je součinitel tvaru terénu

$c_r(z)$ je součinitel drsnosti terénu

$$c_r(z) = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{for } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

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

Kde: z_0 je délka drsnosti

k_r je součinitel terénu závislý na délce drsnosti z_0 vypočítaný za použití

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

Kde: $z_{0,II} = 0,05$ (terén kategorie II)

z_{\min} je minimální výška

z_{\max} se bere jako 200 m

Výpočet z $I_v(z)$

$I_v(z)$ intenzita turbulence

$$I_v = \frac{k_I}{c_o(z) \times \ln(z/z_0)} \quad \text{for } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

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

Kde: k_I je doporučená hodnota součinitele turbulence pro k_I je 1,0


$z = 7,30$ m

takže: $z_{\min} < z < z_{\max}$

$$q_p(z) = \underbrace{\left[1 + \frac{7k_I}{c_o(z) \times \ln(z/z_0)}\right]}_{\text{squared gust factor}} \times \underbrace{\frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2}_{\text{basic pressure}} \times \underbrace{(k_r \times \ln(z/z_0))}_{\text{wind profile}}$$

EN 1991-1-4
[§4.3.2](#)
Tab. 4.1

EN 1991-1-4
[§4.4](#)
rovnice 4.7

VÝPOČET 	Dokument č.	<i>SX016a-CZ-EU</i>	Strana	<i>4 z 8</i>
	Název	Řešený příklad: Výpočet zatížení pláště budovy		
	Eurokód	<i>EN 1991-1-3, EN 1991-1-4</i>		
	Připravil	<i>Matthias Oppe</i>	Datum	<i>červen 2005</i>
	Zkontroloval	<i>Christian Müller</i>	Datum	<i>červen 2005</i>

$$\begin{aligned}
 q_p(7,30) &= \left[1 + \frac{7}{\ln(7,30/0,05)} \right] \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 26^2 \\
 &\quad \times \left(0,19 \times \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} \times \ln(7,30/0,05) \right)^2 \\
 &= \left[1 + \frac{7}{\ln(7,30/0,05)} \right] \times 422,5 \times 0,947^2 \times 10^{-3} = 0,911 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Tlak větru na povrchových plochách

EN 1991-1-4

(součinitele tlaku pro vnitřní rám)

[§ 7.2](#)

Kladné zatížení větrem znamená tlak, zatímco záporné zatížení větrem označuje sání na povrchu plochy. Tato definice platí stejně pro zatížení vnější nebo vnitřní plochy.

Součinitele vnějšího tlaku

Tlak větru působící na vnějších povrchových plochách by měl být získán ze vztahu:

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

EN 1991-1-4

kde: z_e je referenční výška pro vnější tlak

[§ 5.2](#)

c_{pe} je součinitel tlaku pro vnější tlak závisející na velikosti zatížené plochy A .
 $= c_{pe} = 1,0$) protože zatížená plocha A konstrukce je větší než 10 m^2

rovnice 5.1

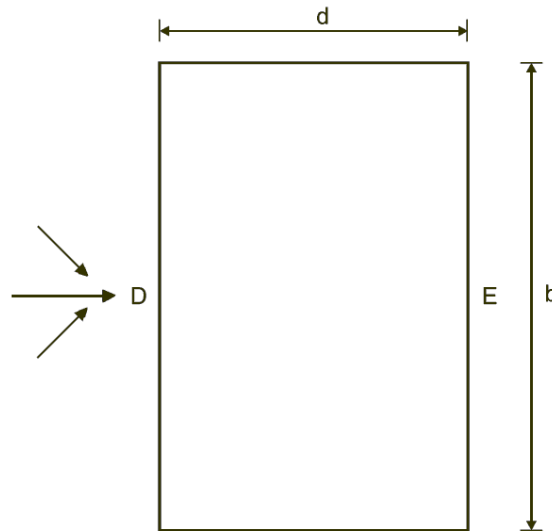
Dokument č.	SX016a-CZ-EU	Strana	5 z 8
Název	Řešený příklad: Výpočet zatížení pláště budovy		
Eurokód	EN 1991-1-3, EN 1991-1-4		
Připravil	Matthias Oppe	Datum	červen 2005
Zkontroloval	Christian Müller	Datum	červen 2005

a) svislé stěny

pro $\frac{h}{d} = \frac{7,30}{30,00} = 0,24 \leq 0,25$

D: $c_{pe} = 0,7$

E: $c_{pe} = - 0,3$



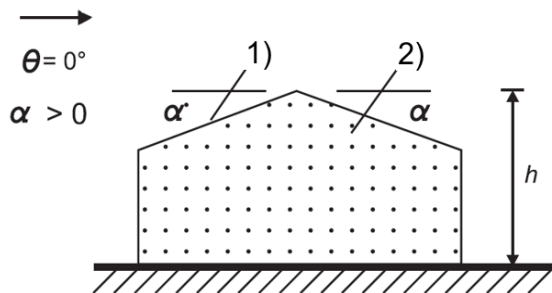
[EN 1991-1-4 § 7.2 Tab.7.1](#)

b) sedlová střecha

pro $\alpha = 5,0^\circ$,

$\theta = 0^\circ$ (směr větru)

$e = \min(b; 2h)$
 $= \min(72,00; 14,60)$
 $= 14,60 \text{ m}$



1) návětrná plocha

2) závětrná plocha

[EN 1991-1-4 § 7.2 Tab.7.4a](#)

G: $c_{pe} = - 1,2$

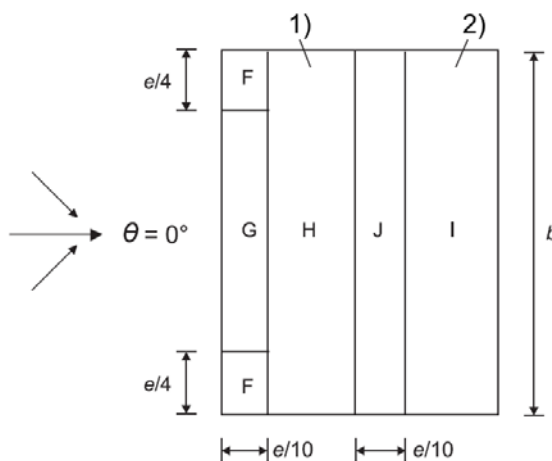
H: $c_{pe} = - 0,6$


I: $c_{pe} = - 0,6$

J: $c_{pe} = 0,2 / - 0,6$

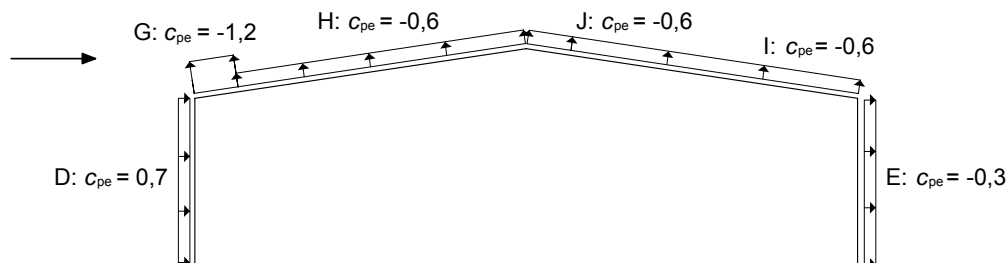
$\Rightarrow c_{pe} = - 0,6$

(viz Tab. 7.4a , Pozn. 1)



VÝPOČET 	Dokument č.	<i>SX016a-CZ-EU</i>	Strana	6 z 8
	Název	Řešený příklad: Výpočet zatížení pláště budovy		
	Eurokód	<i>EN 1991-1-3, EN 1991-1-4</i>		
	Připravil	<i>Matthias Oppe</i>	Datum	červen 2005
	Zkontroloval	<i>Christian Müller</i>	Datum	červen 2005

Součinitel vnějšího tlaku c_{pe} (pro oblast D, E, G, H, I a J):



Součinitel vnitřního tlaku

Tlak větru působí na vnitřní povrch konstrukce, w_i může být stanoven z následující rovnice

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

kde: z_i je referenční výška pro vnitřní tlak

c_{pi} je součinitel tlaku pro vnitřní tlak

Součinitel vnitřního tlaku závisí na velikosti a rozmístění otvorů na povrchu budovy.

V rozsahu tohoto příkladu není možné odhadnout prodyšnost a průměr otvorů v budově. Takže c_{pi} by mělo být uvažováno za nejnepříznivější z + 0,2 a - 0,3. V tomto případě je c_{pi} nepříznivé, když c_{pi} se bere + 0,2.

Zatížení větrem

Zatížení větrem na jednotku délky w (v kN/m) pro vnitřní rám se vypočítá za použití vlivu šířky (vzdálenosti vazeb) $s = 7,20$ m:


$$w = (c_{pe} + c_{pi}) \times q_p \times s$$

Vnitřní a vnější tlaky se považují za působící současně. Za nejhorší kombinaci vnějších a vnitřních tlaků je třeba pokládat každou kombinaci možných otvorů a jiných propustných cest.

[EN 1991-1-4 §5.2](#)
rovnice 5.2

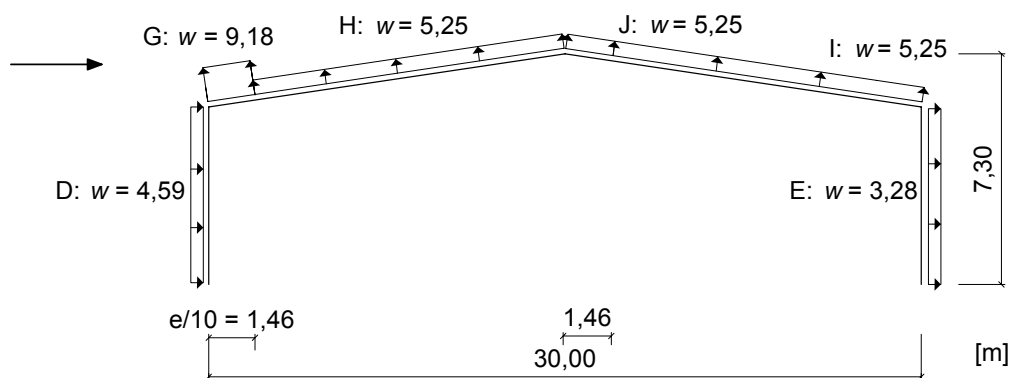
[EN 1991-1-4 § 7.2.9 \(6\)](#)
Pozn. 2

[EN 1991-1-4 § 7.2.9](#)

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX016a-CZ-EU</i>	Strana	7 z 8
	Název	Řešený příklad: Výpočet zatížení pláště budovy		
	Eurokód	<i>EN 1991-1-3, EN 1991-1-4</i>		
	Připravil	<i>Matthias Oppe</i>	Datum	<i>červen 2005</i>
	Zkontroloval	<i>Christian Müller</i>	Datum	<i>červen 2005</i>

Charakteristická hodnota zatížení větrem [kN/m] pro vnitřní rám:

- oblasti D, E, G, H, I a J



2 Zatížení sněhem

Všeobecně

Zatížení sněhem na střeše by mělo být stanoveno takto:

$$s = \mu_i \times c_e \times c_z \times s_k$$

- kde:
- μ_i je tvarový součinitel střechy
 - c_e je součinitel polohy, běžně se bere 1,0
 - c_t je součinitel teploty, dává se 1,0 pro běžnou situaci
 - s_k je charakteristická hodnota základního zatížení sněhem pro příslušnou nadmořskou výšku

Součinitel tvaru střechy


Tvarové součinitele jsou potřebné pro přizpůsobení základního zatížení sněhem k zatížení střechy sněhem při uvážení účinků způsobených uspořádáním nenavátého a navátého sněhu.

Tvarový součinitel střechy závisí na střešním sklonu.

$$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ \quad \Rightarrow \quad \mu_i = 0,8$$

[EN 1991-1-3](#)
[§5.2.2](#)
rovnice 5.1

[EN 1991-1-3](#)
[§5.3](#)
Tab. 5.1

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX016a-CZ-EU</i>	Strana	8	z	8
	Název	Řešený příklad: Výpočet zatížení pláště budovy				
	Eurokód	<i>EN 1991-1-3, EN 1991-1-4</i>				
	Připravil	<i>Matthias Oppe</i>	Datum	<i>červen 2005</i>		
	Zkontroloval	<i>Christian Müller</i>	Datum	<i>červen 2005</i>		

Zatížení sněhem na zemi

Charakteristická hodnota závisí na klimatické oblasti.

Pro umístění v Cáchách (Německo) je odpovídající výraz:

$$s_k = (0,264 \times z - 0,002) \times \left[1 + \left(\frac{A}{256} \right)^2 \right] \text{ kN/m}^2$$

Kde: z je číslo oblasti (závisející na zatížení sněhem ve výšce hladiny moře), zde: $z = 2$

A je nadmořská výška, zde $A = 175$ m

$$s_k = (0,264 \times 2 - 0,002) \times \left[1 + \left(\frac{175}{256} \right)^2 \right] = 0,772 \text{ kN/m}^2$$

[EN 1991-1-3](#)
[Annex C](#)
Tab. C1

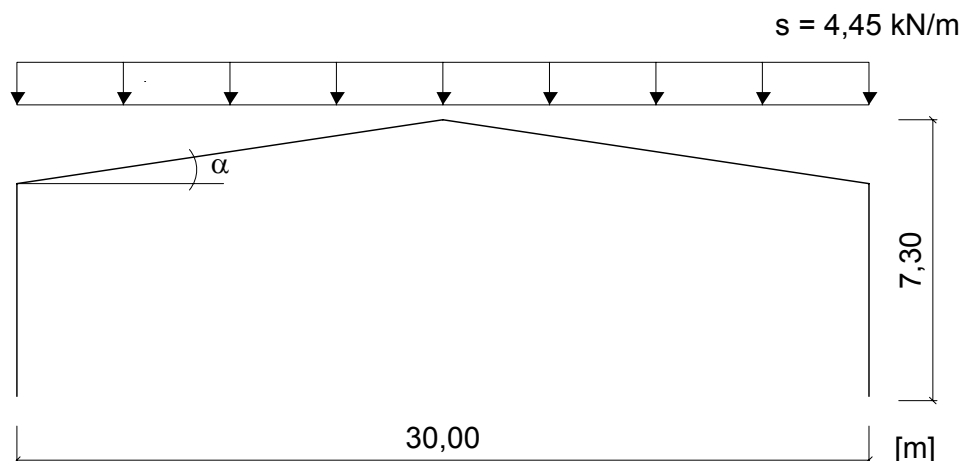
Zatížení sněhem na střeše

$$s = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,772 = 0,618 \text{ kN/m}^2$$

vzdálenost vazeb = 7,20 m

⇒ pro vnitřní rám:

$$s = 0,618 \times 7,20 = 4,45 \text{ kN/m}$$



Quality Record

RESOURCE TITLE	Example: Determination of loads on a building envelope		
Reference(s)			
ORIGINAL DOCUMENT			
	Name	Company	Date
Created by	Matthias Oppe	RWTH	23/6/05
Technical content checked by	Christian Müller	RWTH	29/6/05
Editorial content checked by			
Technical content endorsed by the following STEEL Partners:			
1. UK	G W Owens	SCI	11/1/06
2. France	A Bureau	CTICM	11/1/06
3. Sweden	A Olsson	SBI	11/1/06
4. Germany	C Müller	RWTH	11/1/06
5. Spain	J Chica	Labein	11/1/06
Resource approved by Technical Coordinator	G W Owens	SCI	11/07/06
TRANSLATED DOCUMENT			
This Translation made and checked by:	T. Rotter	CTU in Prague	31/7/07
Translated resource approved by:	J. Macháček	CTU in Prague	31/7/07
National technical contact:	F. Wald	CTU in Prague	