

ZAVOD ZA KONSTRUKCIJE

Analiza djelovanja i proračun podrožnice

BRUNO ZADRAVEC

Katedra za drvene konstrukcije
Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Eurokod sustav normizacije



Analiza opterećenja

1. Stalno opterećenje Σg_{st}

2. Snijeg s_k

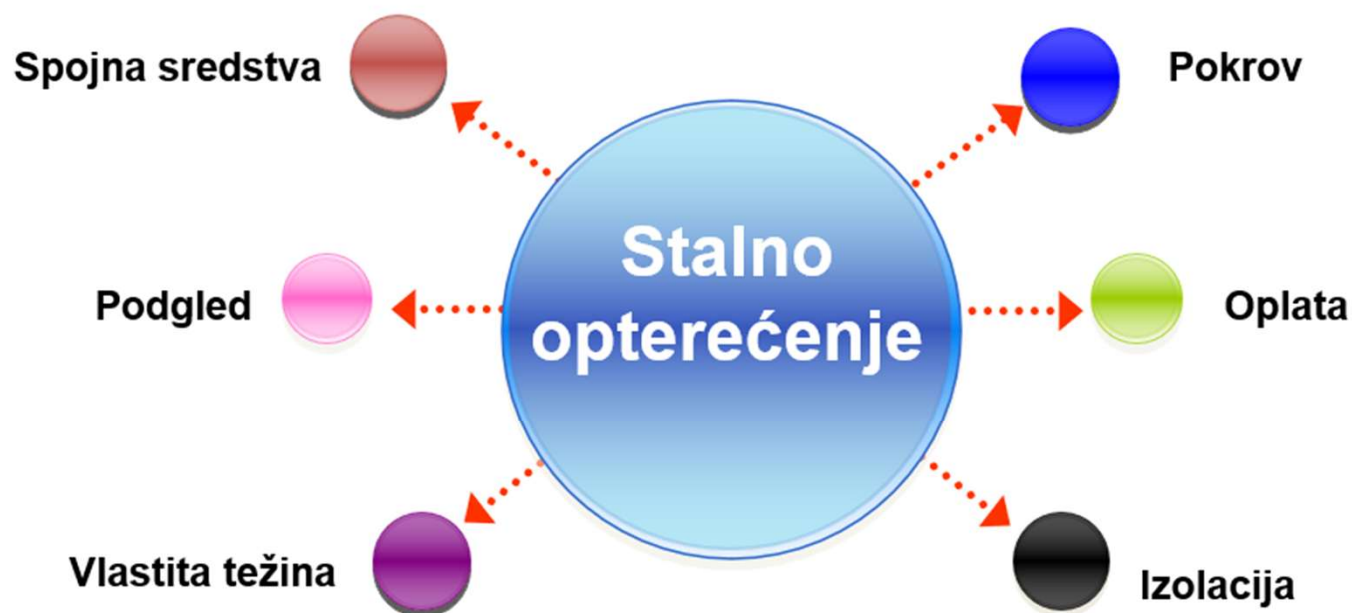
3. vjetar w_k



Kombinacija djelovanja

Stalno opterećenje

- $\sum g_{st}$ [kN/m²]



SNIJEG

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

s_k

karakteristična vrijednost opterećenja od snijega na tlo (kN/m²)

μ_i

koeficijent oblika opterećenja snijegom (učinak oblika krova)

C_e

koeficijent izloženosti

C_t

toplinski koeficijent

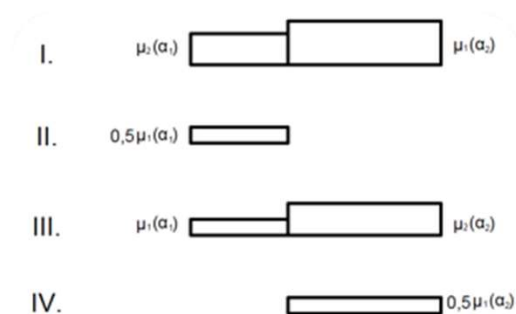




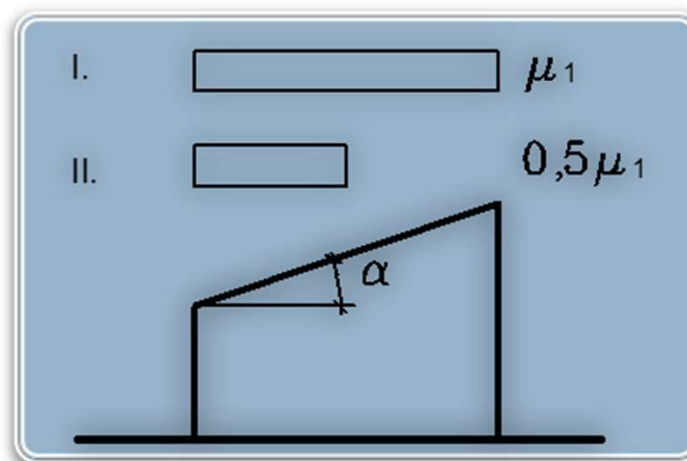
Nadmorska visina do (m)	s _k (kN/m ²)			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
100	1,10	1,10	0,45	0,35
200	1,30	1,10	0,80	0,50
300	1,55	1,75	1,20	0,70
400	1,80	2,20	1,65	0,90
500	2,05	2,65	2,15	1,15
600	2,35	3,15	2,70	-
700	2,65	3,70	3,30	-
800	2,95	4,25	3,95	-
900	3,25	4,90	4,65	-
1000	3,60	5,55	5,40	-
1100	3,95	6,25	6,20	-
1200	4,30	7,00	7,05	-
1300	-	7,80	7,95	-
1400	-	8,65	8,90	-
1500	-	9,50	9,90	-
1600	-	10,40	10,95	-
1700	-	11,40	12,05	-
1800	-	-	13,20	-

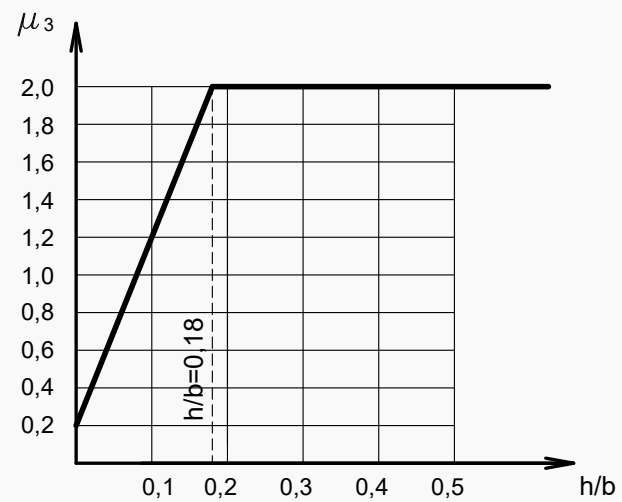
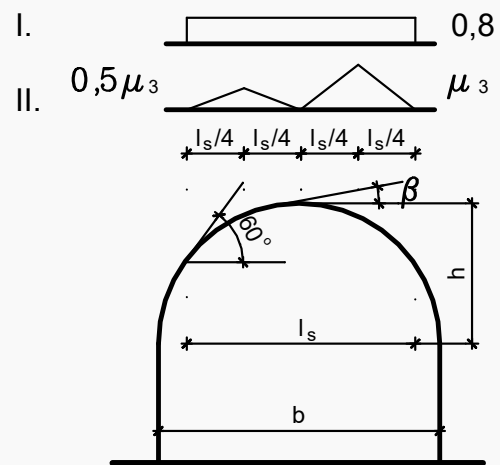
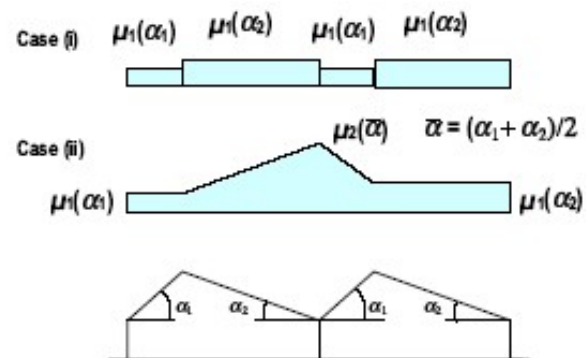


Snijeg - koeficijent oblika μ_i



Kut nagiba krova	$0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	$15^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_2	0,8	$0,8 + 0,6(\alpha - 15)/30$	$1,1(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_3	$0,8 + 0,8\alpha/30$	$0,8 + 0,8\alpha/30$	1,6	Posebna pozornost





VJETAR

- promjenjivo slobodno djelovanje
- uzima se kao zamjenjujuće statičko opterećenje
- tlakovi vjetra djeluju okomito na površine zgrada

$$w_e = q_{\text{ref}} \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe}$$

Tlak vjetra na vanjske površine

$$w_i = q_{\text{ref}} \cdot c_e(z_i) \cdot c_{pi}$$

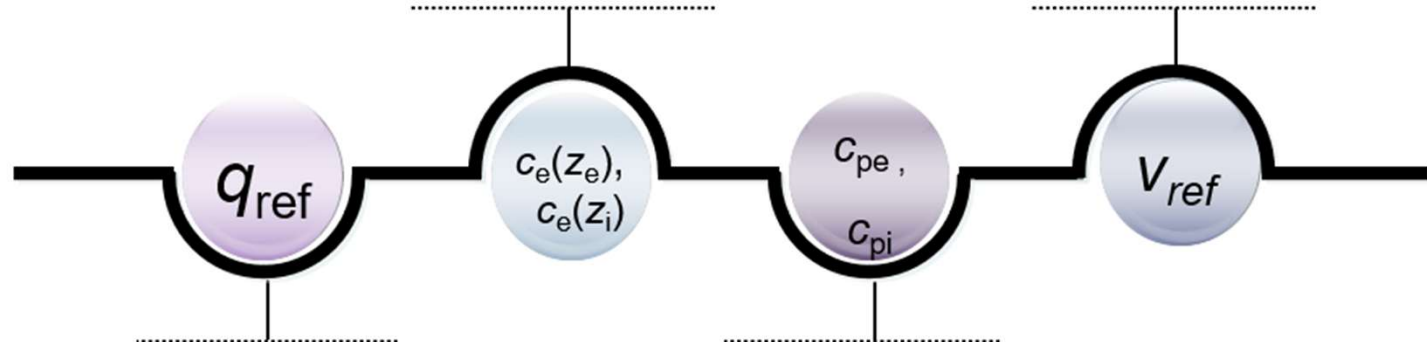
Tlak vjetra na unutarnje površine

Vjetar

$$w_e = q_{\text{ref}} \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe}$$

- koeficijenti izloženosti
- uzimaju u obzir učinke hrapavosti terena, topografije i visine iznad tla na srednju brzinu vjetra i turbulenciju

- poredbena brzina vjetra

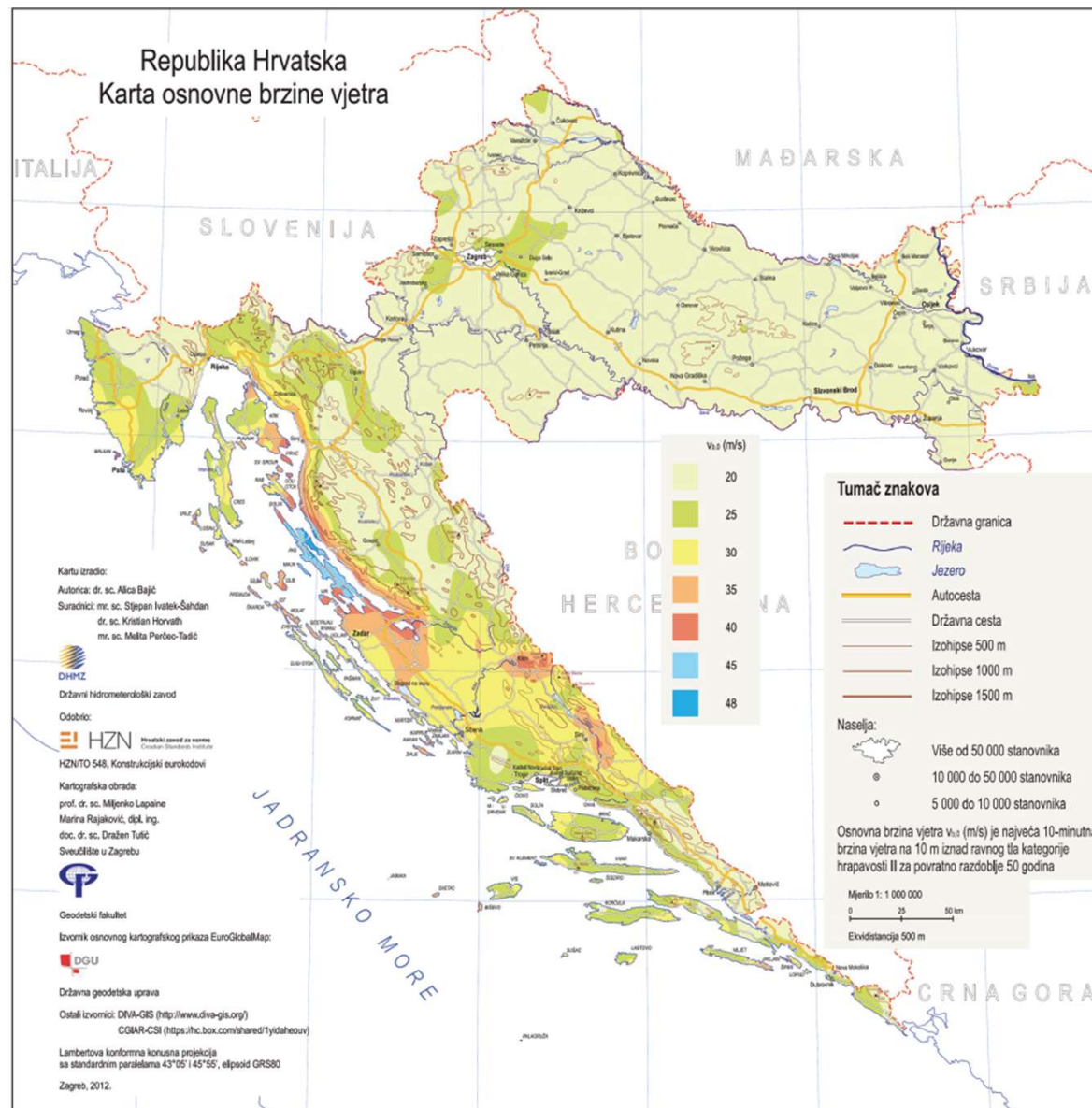


- poredbeni tlak srednje brzine vjetra

- koeficijenti vanjskog i unutrašnjeg tlaka

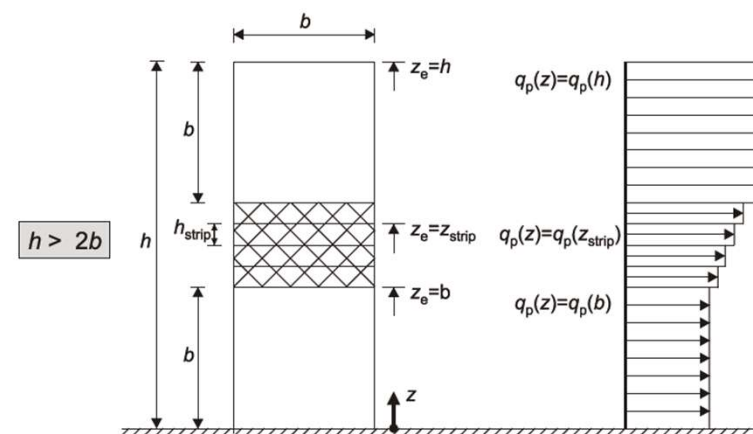
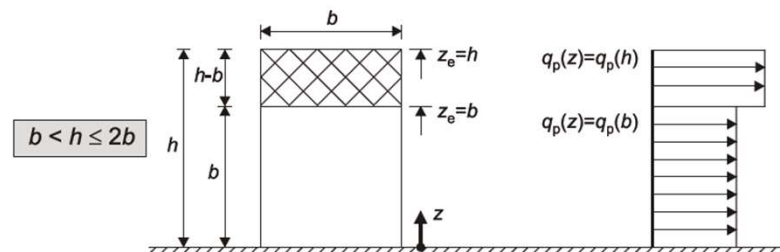
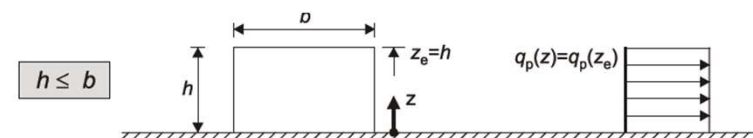
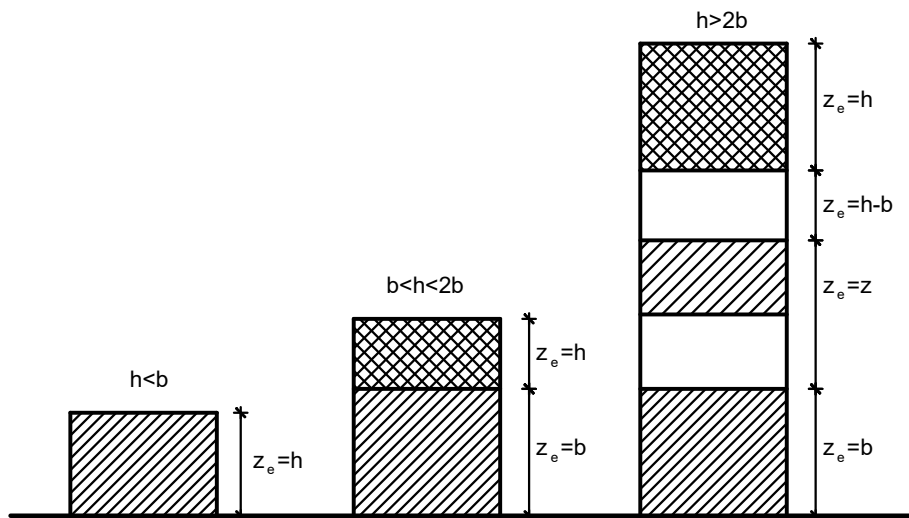
$$q_{\text{ref}} = \frac{\rho}{2} v_{\text{ref}}^2$$

- ρ gustoća zraka $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

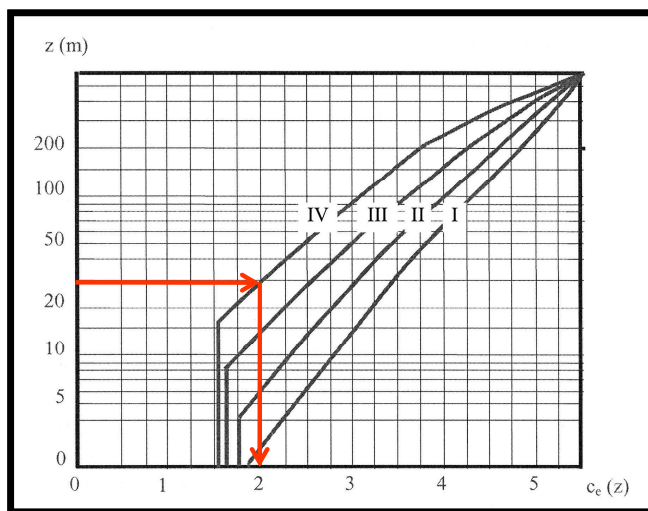


Koeficijent izloženosti – $c_e(z_e/z_i)$

- z_e - poredbena visina
- b - širina objekta izložena vjetru



Koeficijent izloženosti – $c_e (z_e/z_i)$



	Kategorija zemljišta
I.	Otvoreno more ili jezero, s najmanje 5 km otvorene površine u smjeru vjetrova i ravnica bez prepreka
II.	Ograđeno poljoprivredno zemljište gospodarske zgrade, kuće i drveće
III.	Predgrađa gradova ili industrijska područja i šume
IV.	Gradska područja u kojima je najmanje 15% površine izgrađeno i čija prosječna visina prelazi 15 m

Koeficijent vanjskog tlaka– c_{pe}

EUROKOD 1

- ovise o veličini opterećene ploštine A i dani su za opterećene površine od 1 m² do 10 m² kao vrijednosti $c_{pe,1}$ i $c_{pe,10}$

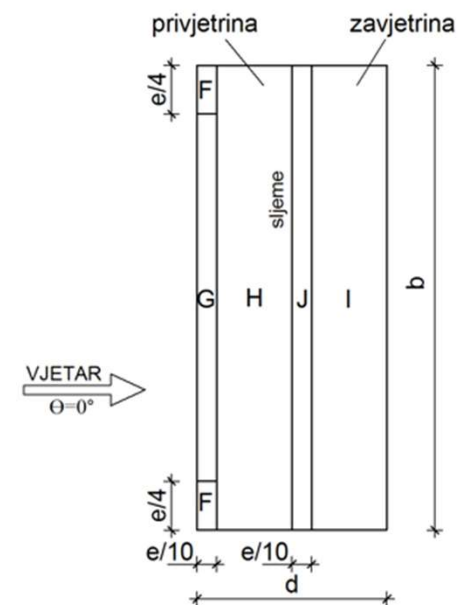
$e = 2h$ ili b (mjerodavna je manja vrijednost)

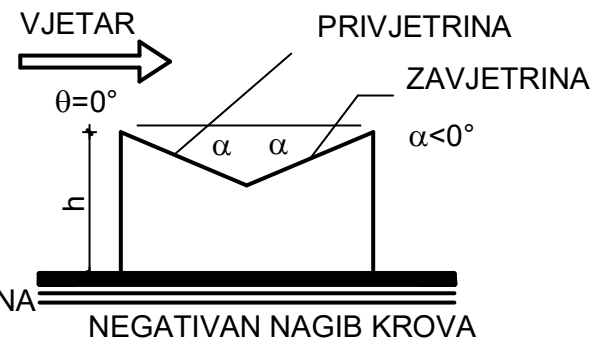
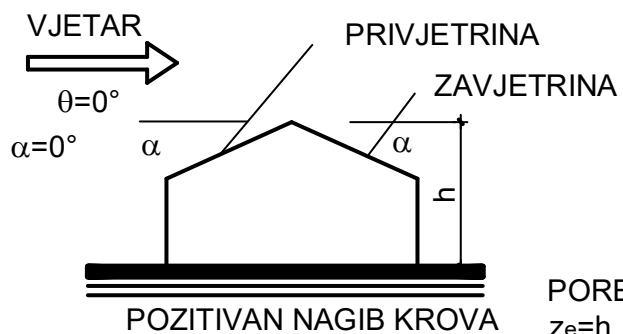
Za površine između koeficijenti se dobivaju linearnom interpolacijom

Smjer vjetra $\theta = 0^\circ$								
Nagib α	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°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7	
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6	
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9		-0,5	
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8		-0,3	
5°	-0,9	-2,0	-1,2	-2,0	-0,6		-0,3	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4	
	+0,2		+0,2		-0,2			
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4	
	+0,7		+0,7		-0,6			
45°	+0,7		+0,7		-0,6		-0,2	
60°	+0,7		+0,7		-0,7		-0,2	
75°	+0,8		+0,8		-0,8		-0,2	

Smjer vjetra $\theta = 90^\circ$								
Nagib α	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		-0,5
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

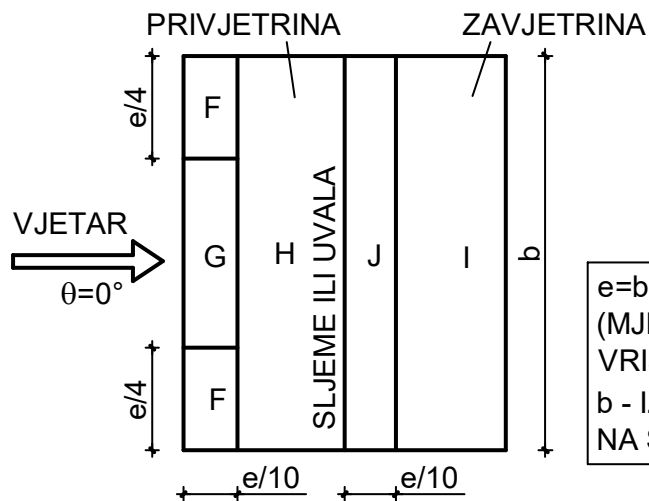
Vrijede iste napomene kao i za sl. 4.17





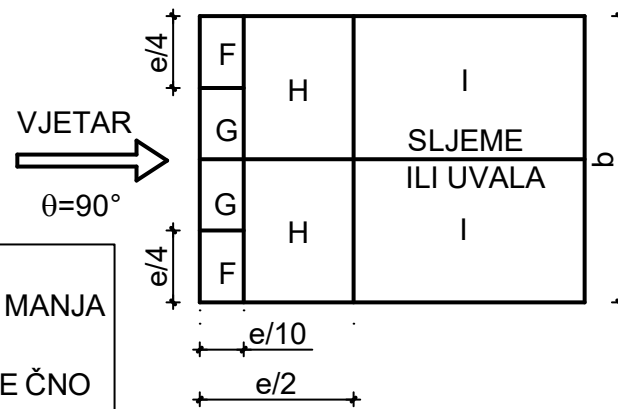
POREDBENA VISINA
 $z_e = h$

a) OPĆENITO



b) SMJER VJETRA $\theta = 0^\circ$

$e = b$ ili $2h$
(MJERODAVNA JE MANJA
VRIJEDNOST)
 b - IZMJERA POPREČNO
NA SMJER VJETRA



c) SMJER VJETRA $\theta = 90^\circ$

OPTEREĆENJA

Opterećenja

Program Uredi Alati Prikaz Pomoć

Norma: HRN EN 1991:2012

Oblik krova: Dvostrešni

Građevina - osnovno:

ŠIRINA DUŽINA
 $\text{š/d} = 10.00 \text{ m}$
 $h = 3.00 \text{ m}$
 $r = 1.00 \text{ m}$
 $H = 124.00 \text{ m.n.m.}$

Građevina - strehe:

LIJEVA DESNA
 $\text{Uzd: } 0.60 \text{ m}$
 $\text{Zab: } 1.00 \text{ m}$
 JUŽNA SJEVERNA

Građevina - nagib:

LIJEVO DESNO
 $\alpha = 30.00^\circ$

Opterećenja:

$G = 0.53 \text{ kN/m}^2$
 $S = 0.40 \text{ kN/m}^2$
 $W = 0.25 \text{ kN/m}^2$

Tip opt.:
☒ G
☐ S
☐ Slj
☐ Sde
☐ Wlj
☐ Wde

W-Cpi:
☐ Max
☐ Min

S-oblik:
☐ 1
☐ 2
☐ 3
☐ 4

Vanjska širina građevine (F1 - detaljna pomoć).

Građevina Opterećenje

Opterećenja

Program Uredi Alati Prikaz Pomoć

Norma: HRN EN 1991:2012

Građevina - osnovno:

ŠIRINA DUŽINA

š/d = 10.00 12.00 m

h = 3.00 m

r = 1.00 m

H = 124.00 m.n.m.

Građevina - strehe:

LIJEVA DESNA

Uzd: 0.60 0.60 m

JUŽNA SJEVERNA

Zab: 1.00 1.00 m

Građevina - nagib:

LIJEVO DESNO

$\alpha = 30.00 30.00$ °

Opterećenja:

G = 0.53 kN/m²

S = 0.40 kN/m²

W = 0.25 kN/m²

Plohe vjetra

Analiza opterećenja

Oblik krova: Dvostresni

Tip opt.:
☒ G
☐ S
☐ Slj
☐ Sde
☐ Wlj
☐ Wde

W-Cpi:
☐ Max
☐ Min

S-oblik:
☐ 1
☐ 2
☐ 3
☐ 4

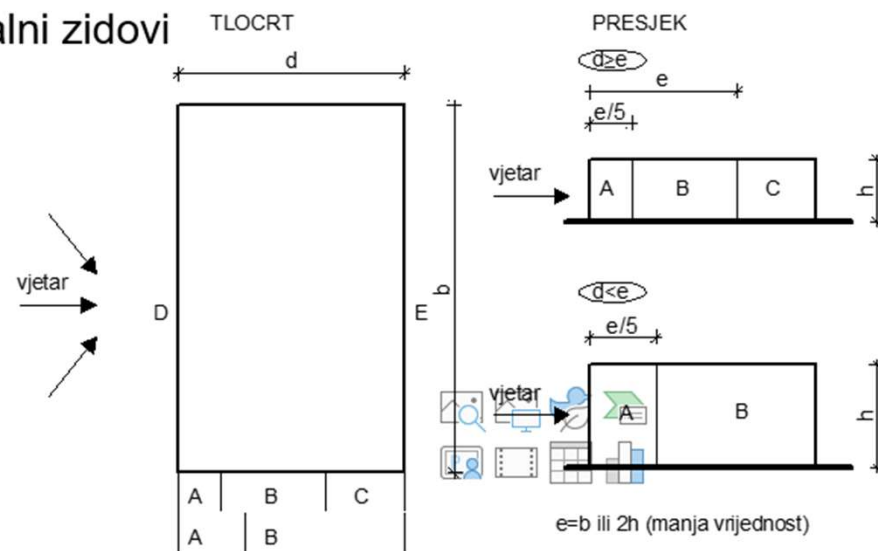
[cm]. [kN]. [kN/m²]

anjska širina građevine (F1 - detaljna pomoć).

Građevina ✓ Opterećenje ✓



➤ Vertikalni zidovi



Zone	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	

Kombinacije djelovanja

**Stalno
djelovanje**

$$\rightarrow G_{k,j} = \sum g_{st} \cdot e [kN/m^1]$$

**Djelovanje
snijega**

$$\rightarrow Q_{k,s} = (s \cdot \cos a) \cdot e [kN/m^1]$$

**Djelovanje
vjetra**

$$\rightarrow Q_{k,w} = w \cdot e$$

a) promjenjivo pritiskajuće djelovanje vjetra (+)
b) promjenjivo odižuće djelovanje vjetra (-)

EUROKOD 0

1. Kombinacija “stalno” + “snijeg”

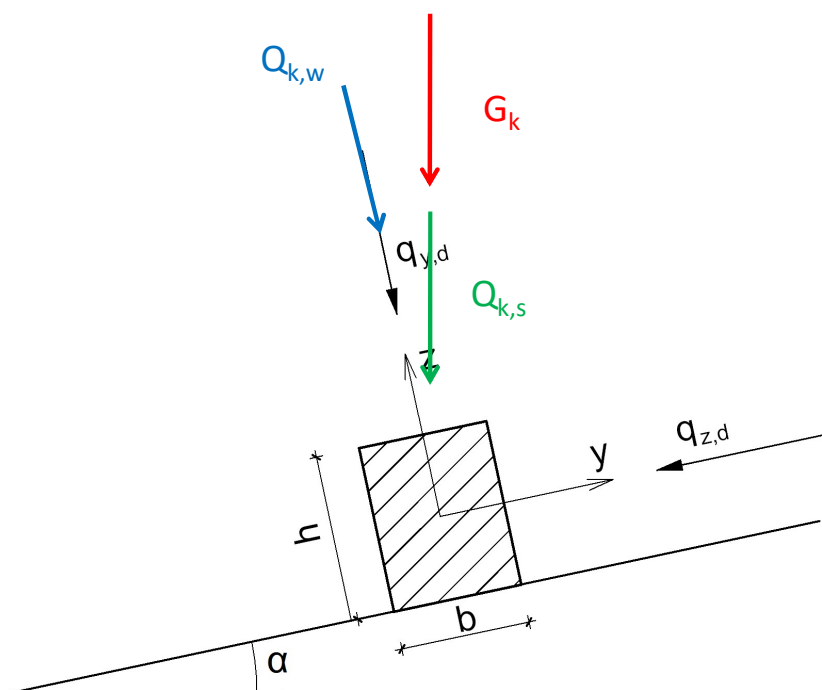
2. Kombinacija “stalno” + “vjetar”

3. Kombinacija “stalno” + “snijeg”+ “vjetar”

4. Kombinacija “stalno” + “vjetar”+ “snijeg”

5. Kombinacija - pojednostavljeno pravilo “stalno”+“snijeg”+“vjetar”

$$S_d = \gamma_G G_k + \gamma_Q (Q_{k,1} + \sum \psi_i Q_{k,i})$$



PRORAČUN POKROVA

RAVNOMJERNO RESPOREĐENO OPTEREĆENJE	ČELIČNI LIMOVİ 0,4 / 0,4 mm - Oslonac 120 mm								ČELIČNI LIMOVİ 0,5 / 0,5 mm - Oslonac 120 mm							
	 NOMINALNA DEBLJINA PANELA mm								 NOMINALNA DEBLJINA PANELA mm							
	30	40	50	60	80	100	120	150	30	40	50	60	80	100	120	150
	Rastojanje oslonaca max cm								Rastojanje oslonaca max cm							
80	270	290	310	340	390	440	470	500	320	350	390	420	500	570	630	730
100	250	260	280	300	350	390	440	480	295	320	360	390	450	510	580	670
120	230	245	260	280	320	360	400	460	270	300	330	360	420	480	540	620
140	210	230	255	260	290	330	370	420	235	280	315	340	390	450	500	580
160	200	220	230	255	285	310	340	390	210	260	300	320	370	420	480	550
180	185	215	220	230	270	290	320	370	185	235	280	300	355	400	450	520
200	160	200	210	220	260	270	300	340	170	210	250	290	330	380	430	500
220	140	190	200	210	230	260	280	320	150	190	230	270	320	360	410	470
250	115	170	190	200	220	240	260	300	130	170	205	240	300	340	385	445

