



Eurocode 1991-1-4 windbelastingen

werk algemeen
 werknummer geen
 onderdeel test

invoergegevens

gebouwbreedte loodrecht op de windrichting
 gebouwdiepte in de windrichting
 gebouwhoogte
 gebied in Nederland
 de omgeving van het bouwwerk is
 hoogte boven terrein waar de stuwdruk berekend wordt
 referentieperiode (ontwerplevensduur)
 soort bouwwerk
 c_{prob} berekenen met

b_{gem} = 10 m
 d_{max} = 10 m
 h_{max} = 10 m
 = II -
 onbebouwd II
 z = 3 m
 = 15 jaar

fig. D.2 betonnen rechthoekig bouwwerk exacte formule uit de statistiek

resultaten

art. 4.5 extreme stuwdruk $q_{p(z)}$ = 727 N/m²
 bijlage D $c_s c_d$ = 0,92

art. 4 windsnelheid en stuwdruk

art. 4.2 basiswaarden

tab. NB2 $v_{b,0}$ = fundamentele waarde basiswindsnelheid = 1 27 = 27,0 m/sec
 basiswindsnelheid:
 (4.1) $v_b = c_{prob} c_{dir} c_{season} v_{b,0} = 0,92 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 27,0 = 24,9$ m/sec

4.2(4) waarschijnlijkheidsfactor

(4.2) $c_{prob} = \left\{ \frac{1 - K \cdot \ln(-\ln(1-p))}{1 - K \cdot \ln(-\ln(0,98))} \right\}^n$
 $c_{prob} = \left\{ \frac{1 - 0,234 \cdot \ln(-\ln(1-0,067))}{1 - 0,234 \cdot \ln(-\ln(0,98))} \right\}^{0,5} = 0,9218$ -
 $c_{dir} =$ windrichtingsfactor bijlage opm 2 = 1,00 -
 $c_{season} =$ seizoensfactor bijlage opm 3 = 1,00 -

benadering $p = 1 / 15 = 0,0667$ er wordt volgens de eurocode met de benadering gerekend

exacte formule $p = 1 - e^{-\frac{1}{t}} = 1 - 2,7183^{-\frac{1}{15}} = 0,06$

$c_{prob} = \left\{ \frac{1 + \frac{K \ln(T)}{\ln(50)}}{1 + \frac{K \ln(50)}{\ln(50)}} \right\}^n = \left\{ \frac{1 + \frac{0,234 \cdot 2,7081}{3,912}}{1 + \frac{0,234 \cdot 2,7081}{3,912}} \right\}^{0,5} = 0,9235$ -
 volgens opgave Ton Vrouwenvelder TU Delft en TNO

art. 4.3 gemiddelde wind

(4.3) $v_{m(z)}$ = gemiddelde snelheid op hoogte z $v_{m(z)} = C_{r(z)} C_{0(z)} v_b = 0,819 \cdot 1 \cdot 24,9 = 20,4$ m/sec
 $C_{0(z)}$ = orografische factor 4.3.1 = 1 -

4.3.2 ruwheidsfactor

(4.4) $C_{r(z)} = k_r \ln(z / z_0) = 0,209 \ln(10 / 0,2) = 0,819$ -

4.3.2 factor afhankelijk van ruwheidslengte

(4.5) $k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \left(\frac{0,2}{0,05} \right)^{0,07} = 0,209$ -

tabel 4.1	Z_{min} =	minimum waarde hoogte	4,3,2	=	4	m
	Z_0 =	ruwheidslengte (vlgs bijlage)	4.3.2	=	0,2	m
	$Z_{0,II}$ =	ruwheidslengte		=	0,05	m
	Z_e =	minimum rekenwaarde hoogte	7.2.2.	=	10	m
	z =	maatgevende rekenwaarde hoogte boven terrein		=	10	m

art. 4.3.2. terreinruwheid

berekening ruwheidslengte tbv bepaling bebouwde of onbebouwde omgeving

berekening bebouwd oppervlak

figuur NB.3 toevoegen

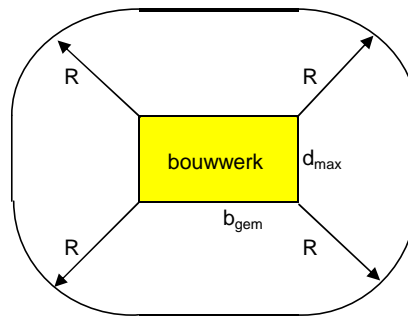
b_{gem} =	lengte van het beschouwde bouwwerk	=	10	m
d_{max} =	breedte van het beschouwde bouwwerk	=	10	m
h_{max} =	hoogte van het beschouwde bouwwerk	=	10	m

$A1$ =	oppervlakte van het beschouwde bouwwerk (inclusief overbouwingen) =	10	10	=	100	m ²
--------	---	----	----	---	-----	----------------

volg nr	h_i m	A_i m ²	$h_i \times A_i$ m ³
1	10	100	1000
2	20	2000	40000
3			0
4			0
5			0
6			0
7			0
8			0
9			0
10			0
11			0
12			0
13			0
14			0
15			0
Σ	30	2100	41000

dit is het oppervlak en hoogte van het beschouwde bouwwerk

figuur NB.3 gebied en sectoren rondom een bouwwerk



tabel NB3 afstand R

$h \leq 40$	max 50h en 500			=	500	m
$40 < h < 80$	$75h - 1000$	75	10	-	1000	m
$h > 80$	5000			=	5000	m
maatgevende lengte voor de straal R				R=	500	m

berekening totaal oppervlak dat beschouwd moet worden

oppervlak I	bouwwerk	10	10	=	100	
oppervlak II	$2 \cdot L \cdot R$	2	10	500	= 10000	
oppervlak III	$2 \cdot B \cdot R$	2	10	500	= 10000	
oppervlak IV	πR^2	π	500	500	= 785398	
			O_{totaal}	=	805498	m ²

bebouwingsdichtheid $\alpha = \frac{\Sigma A_i}{O_{totaal}} = \frac{2100}{805498} = 0,003$ -

gemiddelde bouwwerkhoogte in gebied O_{totaal} $h_m = \frac{\Sigma h_i \cdot A_i}{\Sigma A_i} = \frac{30 \cdot 100}{2100} = 1,43$ m

(NB 4.1) ruwheidslengte $z_0 = 0,5 \cdot \alpha \cdot h_m = 0,5 \cdot 0,003 \cdot 1,43 = 0,0002145$



bij windbelasting op bouwwerken moet zijn uitgegaan van : **onbebouwde omgeving (terreincategorie II)**

art. 4.4 windturbulentie

4.4 turbulentie-intensiteit

$$(4.7) \quad I_{v(z)} = \frac{k_t}{1} \cdot C_{0(z)} \cdot \ln \left(\frac{z}{10} \right) \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,256 -$$

art. 4.5 extreme stuwdruk

4.5 stuwdruk

$$(4.8) \quad q_{p(z)} = \left(1 + 7 \cdot I_{v(z)} \right)^{1/2} \cdot \rho \cdot v_{m(z)}^2 = 727 \text{ N/m}^2$$

art. 7.2 drukcoëfficiënten voor gebouwen

- b_{gem} = gebouwbreedte loodrecht op windrichting = 10 m
- d_{max} = gebouwdiepte evenwijdig aan windrichting = 10 m
- h_{max} = gebouwhoogte = 10 m

art. 7.2.1 figuur 7.2 uitwendige drukcoëfficiënt voor gebouwen bij een oppervlak tussen 1 en 10 m²

zone in gebouw		A zijgevel, eerste zone
A = door wind belast oppervlak		= 3 m ²
b_{gem} = totale gebouwbreedte		= 10 m
d_{max} = diepte in windrichting		= 10 m
h_{max} = totale gebouwhoogte		= 10 m
c_{pe} = $c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log A$	= -1,4 - (-1,4 - -1,2) log 3 =	-1,30 -
e		= 10,00 m
lengte van de zone		= 2,00 m
c_{pe10} = vormfactor op 10m ²		= -1,20 -
c_{pe1} = vormfactor op 1m ²		= -1,40 -

de uitwendige coëfficiënt combineren met **overdruk!**

art. 7.2.2 verticale gevels van gebouwen met rechthoekige plattegrond figuur 7.5

art. 7.2.3 platte daken figuur 7.6 windzuiging op zijgevels ← 10 m (gebied waarover wrijving gerekend wordt) →

art. 7.2.2 (3) opmerking

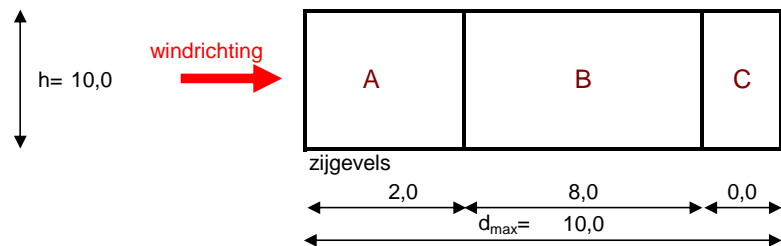
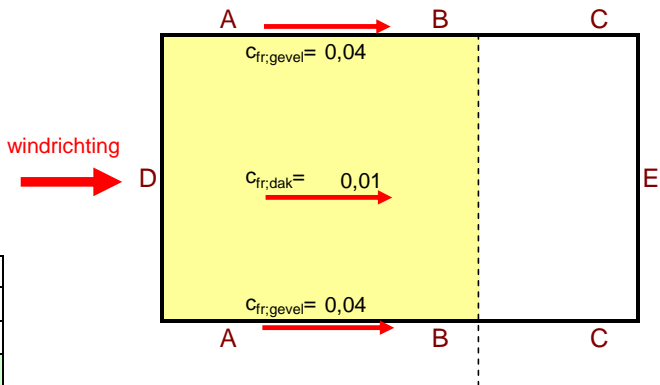
$$h/d = 10 / 10 = 1,00$$

totale winddruk+windzuiging op vlak D + E

$$0,85 (0,8 - -0,50) = 1,11$$

er moeten 3 situaties worden bekeken

zone	gebied	-A	-B	-C	D	-E
1	C _{pe,10}	-1,2	-0,8	n.v.t.	0,80	-0,31
2	C _{pe,10}	-1,2	-0,8	n.v.t.	0,61	-0,50
3	C _{pe,10}	-1,2	-0,8	n.v.t.	1,11	



art. 7.2.3 platte daken

tabel 7.2 NB uitwendige drukcoëfficiënten voor platte daken

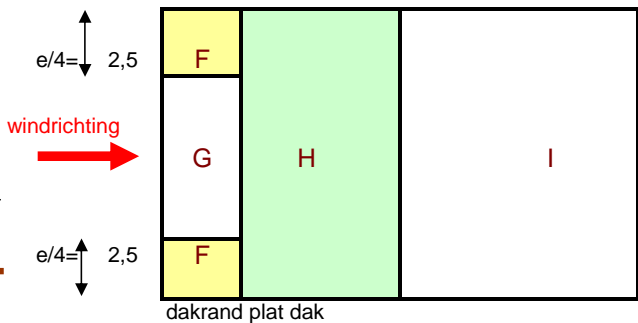
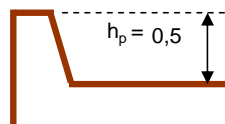
$$e/10 = 1,0 \text{ verhouding } h_p / h = 0,050$$

hoogte dakrand (m) $h_p = 0,5$ m

zone	-F	-G	-H	-I	+I
C _{pe,10}	-1,4	-0,9	-0,7	-0,2	0,2

e: minimum b_{gem} en h_{max} = 10 m

voor gekromde daken en mansardedaken gelden andere waarden zie tabel 7.2



art. 7.2.4 lessenaardaken

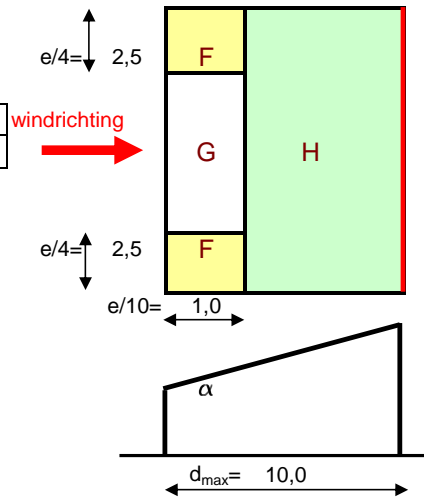
tabel 7.3a lessenaardak; 0 graden; wind loodrecht op lage rand

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

zone	-F	+F	-G	+G	-H	+H
$C_{pe,10}$	-0,77	0,37	-0,70	0,37	-0,27	0,27

e:minimum b_{gem} en h_{max} = 10 m



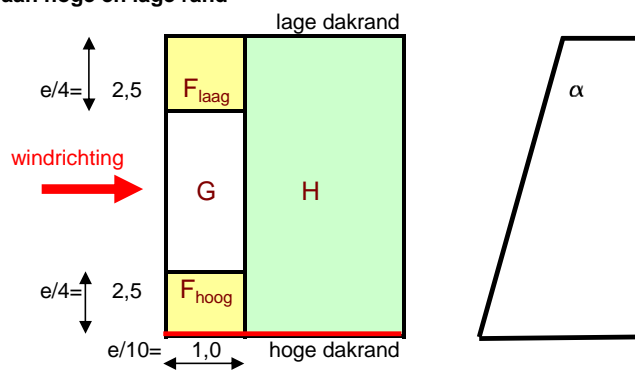
tabel 7.3b lessenaardak; 90 graden; wind evenwijdig aan hoge en lage rand

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

zone	F_{hoog}	F_{laag}	G	H	I
$C_{pe,10}$	-2,30	-1,50	-1,77	-0,87	-0,73

e:minimum b_{gem} en h_{max} = 10 m



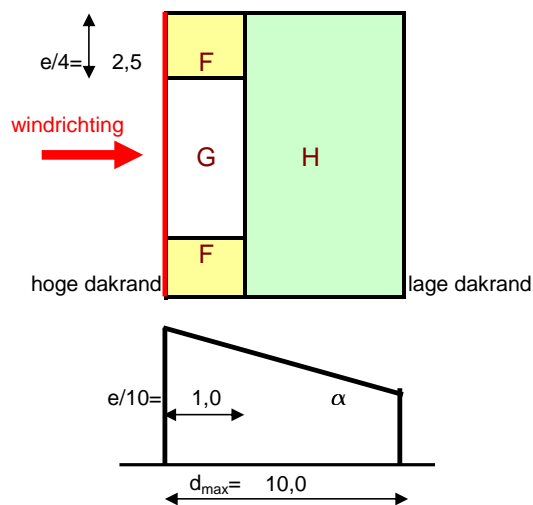
tabel 7.3a lessenaardak; 180 graden; wind loodrecht op de hoge rand

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

zone	F	G	H		
$C_{pe,10}$	-2,03	-1,13	-0,87		

e:minimum b_{gem} en h_{max} = 10 m



art. 7.2.5 zadeldaken

tabel 7.4a zadeldak; 0 graden; wind loodrecht op de nok positieve hoeken

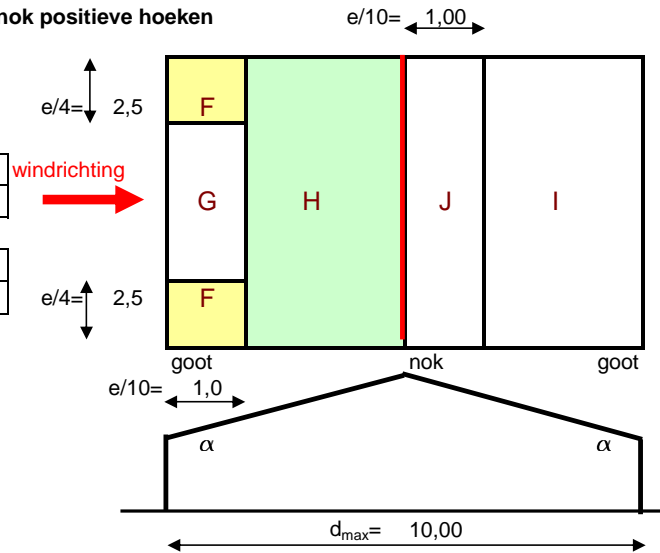
dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

zone	-F	+F	-G	+G	-H	+H
$C_{pe,10}$	-0,77	0,37	-0,70	0,37	-0,27	0,27

zone	-I	+I	-J	+J		
$C_{pe,10}$	-0,40	0,00	-0,83	0,00		

e: minimum b_{gem} en h_{max} = 10 m



tabel 7.4a zadeldak; 0 graden; wind loodrecht op de nok negatieve hoeken

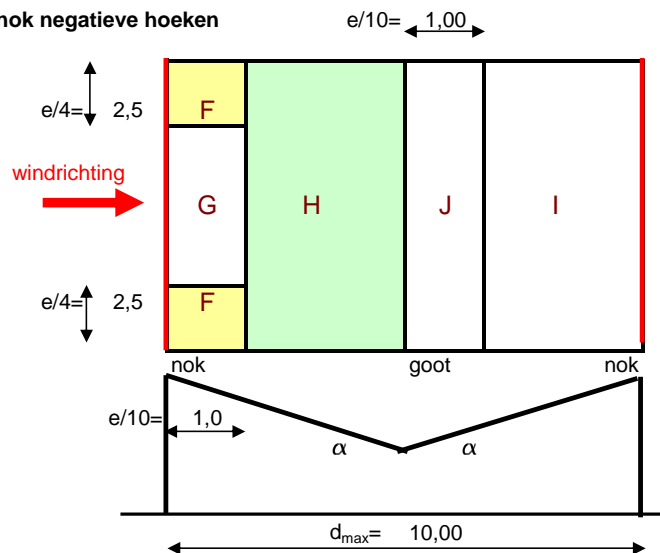
dakhelling α = 10 graden

rekenhoek = -10 graden

zone	-F	-G	-H	-I	
$C_{pe,10}$	-2,40	-1,25	-0,85	-0,55	

um b_{gem} en h_{max} = 10 m

zone	+I	-J	+J		
$C_{pe,10}$	0,10	-0,65	0,10		



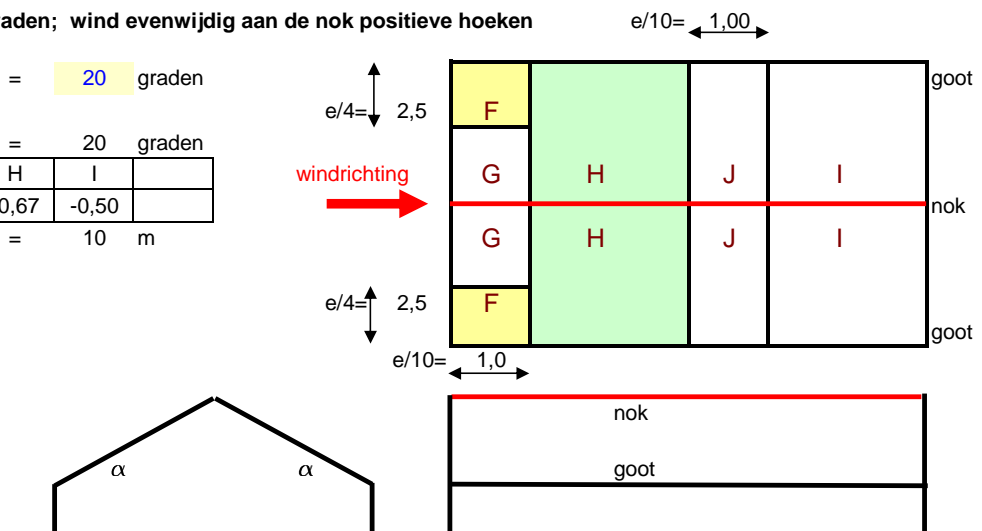
tabel 7.4b zadeldak; 90 graden; wind evenwijdig aan de nok positieve hoeken

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

zone	F	G	H	I	
$C_{pe,10}$	-1,23	-1,33	-0,67	-0,50	

e: minimum b_{gem} en h_{max} = 10 m



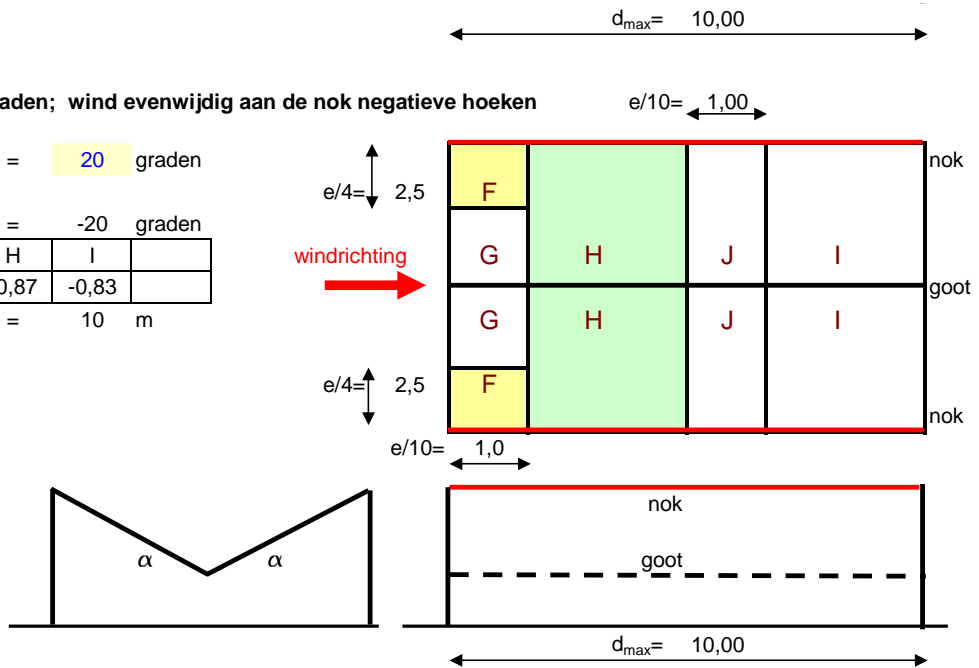
tabel 7.4b zadeldak; 90 graden; wind evenwijdig aan de nok negatieve hoeken

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = -20 graden

zone	F	G	H	I
$C_{pe,10}$	-1,77	-1,20	-0,87	-0,83

e: minimum b_{gem} en h_{max} = 10 m



art. 7.2.6 schilddaken

tabel 7.5 schilddak; 0 en 90 graden; wind loodrecht of evenwijdig aan de nok

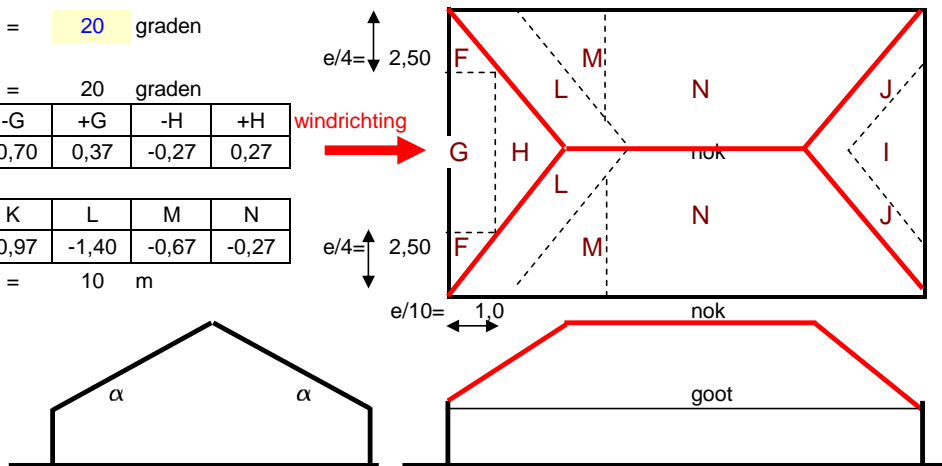
dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

gebied	-F	+F	-G	+G	-H	+H
$C_{pe,10}$	-0,77	0,30	-0,70	0,37	-0,27	0,27

gebied	I	J	K	L	M	N
$C_{pe,10}$	-0,47	-0,90	-0,97	-1,40	-0,67	-0,27

e: minimum b_{gem} en h_{max} = 10 m



art. 7.2.9 inwendige druk

wanneer in tenminste 2 gevels meer dan 30% openingen zitten, dan gelden de regels uit paragraaf 7.3. en 7.4

oppervlak van openingen en lekken in de beschouwde gevel

$A_{dominant} = 50 \text{ m}^2$

oppervlak van openingen en lekken in de overige gevels

$A_{overige\ gevels} = 20 \text{ m}^2$

verhouding $A_{dominant} / A_{overige\ zijden} = 50 / 20 = 2,50$ -

de openingen in de beschouwde gevel moet worden beschouwd als **dominant**

waarde van uitwendige drukcoëfficiënt tpv opening in dominante zijde

$C_{pe} = -0,7$

Σ oppervlakte van openingen met $c_{pe} \leq 0.0$

= 50 m^2

Σ oppervlakte van alle openingen

= 70 m^2



verhoudingsgetal	$\mu =$	50	/	70	=	0,71
gebouwdiepte					$d_{\max} =$	10 m
gebouwhoogte					$h_{\max} =$	10 m
verhoudingsgetal	$h/d =$	10	/	10	=	1,00 -

art. 7.2.9 inwendige druk figuur 7.13

bouwwerk zonder dominante openingen

als $h/d \leq 0.25$	$C_{pi} =$	$0.35 - (0.7143 - 0.33) / (0.9 - 0.33) * (0.35 - 0.3)$	=	-0,09 -
als $h/d > 1$	$C_{pi} =$	$0.35 - (0.71 - 0.33) / (0.95 - 0.33) * (0.35 - 0.5)$	=	-0,18 -
maatgevende waarde voor verhouding h/d	=	1,00	$C_{pi} =$	-0,18 -

rekenen met de volgende waarden volgens de Nationale bijlage NB 2011:

$$C_{pi;overdruk} = 0,20$$

$$C_{pi;onderdruk} = -0,3$$

indien c_{pi} volgens figuur 7.13 ligt in het interval $-0,3 < c_{pi} < 0,2$ moet voor c_{pi} zowel -0,3 als 0,2 zijn gehanteerd

art. 7.2.9 (5)

bouwwerk met dominante openingen

(7.1)	als A_{dominant} twee maal A_{overige} zijden	$C_{pi} =$	0,75	*	-0,7	=	-0,53
(7.2)	als A_{dominant} drie maal A_{overige} zijden	$C_{pi} =$	0,9	*	-0,7	=	-0,63

rekenen met de volgende waarden

$$C_{pi;overdruk} = -0,58$$

art. 7.4 vrijstaande wanden, borstweringen, schermen en reclameborden

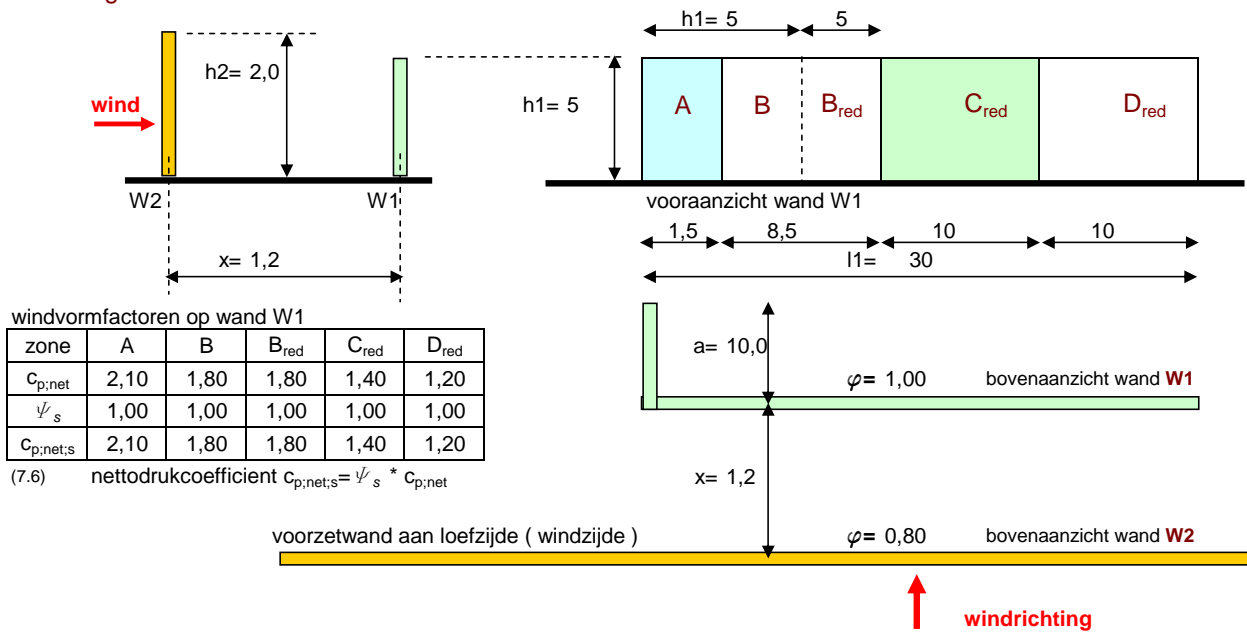
lengte wand W1	$l1 =$	30 m	$l1 / h1 =$	30	/	5	=	6,0
hoogte wand W1	$h1 =$	5 m						
lengte omzetting aan uiteind	$a =$	10 m	$a / h1 =$	10	/	5	=	2,0
dichtheidsverhouding wand W1	$\varphi_1 =$	1 -						

art. 7.4.2 beschuttingsfactoren voor wanden en schermen

gegevens eventuele voorzetwand **W2** aan loefzijde (= windzijde) tbv berekening beschuttingsfactor ψ_s

hoogte voorzetwand $h_2 = 2$ m
 dichtheidsverhouding wand **W2** $\varphi_2 = 0,8$ -
 afstand van wand **W2** tot wand **W1** $x = 1,2$ m $x/h_1 = 1,2 / 5 = 0,2$

figuur 7.19 definitie van zones



art. 7.5 wrijvingscoëfficiënten

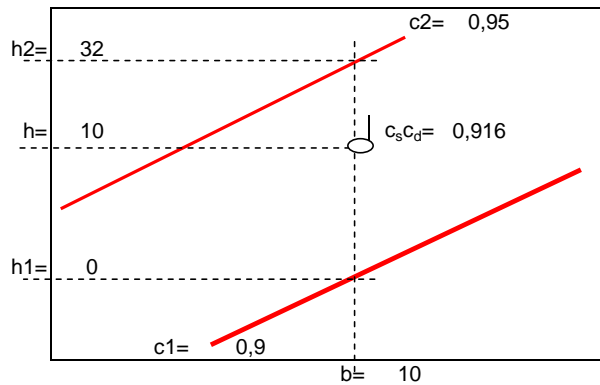
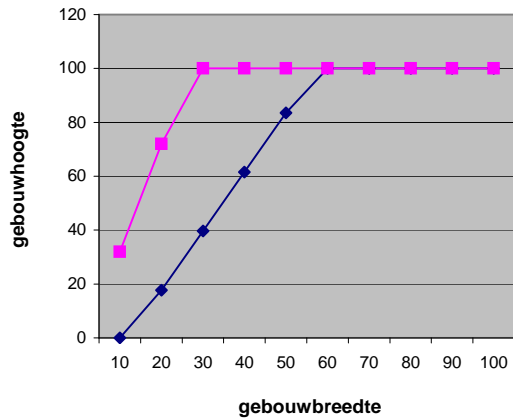
oppervlak dak = glad
 oppervlak gevels = zeer ruw
 afstand 2b = 2 * 10 = 20 m
 afstand 4h = 4 * 10 = 40 m
 lengte waarover wrijving op gevels en daken gerekend wordt: 2b of 4h of d_{max} = 10 m
 wrijving op dakvlak $C_{fr,dak} = 0,01$ -
 wrijving op gevelvlak $C_{fr,gevel} = 0,04$ -

bijlage D $c_s c_d$ -waarden voor verschillende constructietypen

berekening factor $c_s c_d$ mbv grafieken uit bijlage D

type bouwwerk	fig. D.2 betonnen rechthoekig bouwwerk		
soort terrein	onbebouwd	II	
gebouwbreedte	$b_{gem} =$	10 m	$c1 =$ ondergrenslijn waarde $c_s c_d$
gebouwhoogte	$h_{max} =$	10 m	$c2 =$ bovengrenslijn waarde $c_s c_d$
			$h1 =$ hoogte bij ondergrens waarde $c_s c_d$
			$h2 =$ hoogte bij bovengrens waarde $c_s c_d$
correctiefactor	$c_s c_d =$	0,916	

fig. D.2 betonnen rechthoekig bouwwerk



interpoleren in de grafieken tussen ondergrens en bovengrens

$$c_s c_d = c1 + \frac{h - h1}{h2 - h1} * (c2 - c1)$$

$$c_s c_d = 0,9 + \frac{10 - 0,00}{32 - 0,00} * (0,95 - 0,9) = 0,916$$

opmerking