

lateral buckling restraint - attaches - steel check - creep - charges climatiques - dynamic analysis - lateral buckling - brandweerstandsanalyse - timber - 1st order - verstijvers - buisverbinding - diseño de planos de armaduras - pandeo lateral - verbindingen - shear connection - verificación - armatures longitudinales - pórtico - unión base columna - voorontwerp - unión tubular - haunch - connexion moment - cimbras - vérification acier - unity check - Eurocode 2 - mesh - retaining wall - raidisseur - Eurocode 3 - longitudes de pandeo - connections - ACI 138 - acero - 2nd ordre - portal frame - Eurocode 8 - andamios - kip - dwarskrachtverbinding - BS 8110 - dalle de fondation - seismische analyse - armaduras longitudinales - BIM - gelaste verbinding - 2de orde - buckling - funderingszool - poutre sur plusieurs appuis - maillage - malla - uniones - 2D raamwerken - fire resistance analysis - voiles - cracked deformation - gescheurde doorbuiging - longueurs de flambement - pandeo - reinforcement - unity check - cantonera - dynamische analyse - hout - ossatures 3D - koudgevormde profielen - placa de extreme - 1er orden - continuous beam - connexion soudée - momentverbinding - praktische wapening - renforts au déversement - fluencia - estribos - déformation fissurée - EHE - beugels - Eurocódigo 3 - platine de bout - análisis dinámico - column base plate - kruip - rigid link - welded connection - charpente métallique - moment connections - estructuras 2D - kniestuk - assemblage métallique - 3D raamwerken - second ordre - beam grid - cargas climáticas - Eurocode 2 - Eurocode 5 - wall - deformación fisurada - lien rigide - enlace rígido - 2D frames - estructuras 3D - éléments finis - vloerplaat - steel connection - scheurvorming - integrated connection design - armatures pratiques - analyse sismique - nieve y viento - practical reinforcement - charges mobiles - dalle - wapening - perfiles conformados en frío - Eurocode 3 - connexion tubulaire - unión a momento - 3D frames - treillis de poutres - roof truss - practical reinforcement design - portique - kipsteunen - análisis sísmico - Eurocode 8 - seismic analysis - B.A.E.L 91 - uniones atornilladas - bolts - ossatures 2D - eindige elementen - losa de cimentación - restricciones para el pandeo lateral - optimisation - wand - kniklengtes - end plate - dakspanten - kolomvoetverbinding - stirrups - acier - staalcontrole - cálculo de uniones integrado - paroi - dessin du plan de ferrailage - stiffeners - mobiele lasten - Eurocódigo 8 - Eurocódigo 5 - longitudinal reinforcement - doorlopende liggers - rigidizador - beton armé - fluage - CTE - connexion pied de poteau - langswapening - connexions - hormigón - neige et vent - elementos



finitos - armaduras - cold formed steel - jarret - uittekenen wapening - puente grúa - analyse dynamique - flambement - keerwanden - optimisation - steel - cercha - 2º orden - slab on grade foundation - entramado de vigas - Eurocode 5 - prédimensionnement - multi span beam - bouten - armatures - floor slab - poutre continue - pared - staal - 1er ordre - NEN 6770-6771 - connexion cisaillement - losa - déversement - viga continua - predimensionering - 1ste orde - unión metálica - CM 66 - madera - análisis resistencia al fuego - verbindingen - 2nd order - bois - Eurocode 2 - profils formés à froid - verificación acero - predesign - unión soldada - fisuración - beton - muro de contención - optimalisatie - foundation pads - fissuration - concrete - AISC-LRFD - HCSS - assemblage métallique - Eurocode 3 - viga con varios apoyos - armaduras prácticas - balkenroosters - unión a cortante - buckling length - boulons - cracking - Eurocode 8 - knik - Eurocode 2 - radier - eindplaat - Eurocódigo 2 - FEM - tornillos - NEN 6720 - moving loads - balk op meerdere steunpunten - cargas móviles - funderingsplaat - étriers - analyse resistance au feu - cercha - déformation fissurée - EHE - beugels - Eurocódigo 3 - platine de bout - análisis dinámico - column base plate - kruip - rigid link - wand - verificación acero - predesign - foundation

© 2022, BuildSoft

Niets uit deze uitgave mag op enigerlei wijze worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Bij aankoop van het programma 1•2•Build verwerft de koper een licentie voor het gebruik ervan. Het is de gebruiker verboden deze licentie geheel of gedeeltelijk over te dragen aan derden zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

De uitgever is geenszins aansprakelijk voor eventuele fouten die het programma en/of deze handleiding nog zou kunnen bevatten en ziet af van elke verantwoordelijkheid voor schade die zou voortvloeien uit het al of niet verkeerd gebruik van het programma 1•2•Build en/of deze handleiding.

INHOUD

INHOUD	3
1 WIND GENERATOR	4
1.1 Volgens Eurocode 1	4
1.1.1 Inleiding & toepassingsgebied.....	4
1.1.2 Berekeningsmethode.....	4
1.1.3 Windrichting.....	5
1.1.4 Verschillende belastingsgevallen.....	5
1.1.5 Windsnelheid.....	5
1.1.6 Blootstellingscoëfficiënt $c_e(z)$	7
1.1.7 Winddruk.....	7
1.1.8 Winddruk op oppervlakken.....	7
1.1.9 Windkrachten.....	13
1.1.10 Voorbeelden van windlast-berekeningen.....	14
1.2 Volgens NEN 6702	20
1.2.1 Inleiding.....	20
1.2.2 Algemeen.....	20
2 SNEEUW GENERATOR	23
2.1 Volgens Eurocode 1	23
2.1.1 Inleiding.....	23
2.1.2 Sneeuwlast op de grond (s_k).....	23
2.1.3 Sneeuwbelasting op daken.....	24
2.1.4 Vormcoëfficiënten van de sneeuwbelasting.....	24
2.1.5 Lokale effecten.....	26
2.1.6 Voorbeelden.....	27
2.2 Volgens NEN 6702	30
2.2.1 Inleiding.....	30
2.2.2 Algemeen.....	31
2.2.3 Voorbeelden.....	31

1 Wind generator

1.1 Volgens Eurocode 1

1.1.1 Inleiding & toepassingsgebied

In dit hoofdstuk worden de regels beschreven in EN 1991-1-4 kort samengevat. Dit deel van de handleiding dient in eerste instantie als leidraad bij de toepassing van de windlastgenerator in 1•2•Build. Het vervangt geenszins de norm. Het is dan ook ten zeerste aanbevolen de norm zelf ook door te nemen, om beter te begrijpen wat u precies kan doen met de windmodule in 1•2•Build.

De windbelasting zal in dit deel van de handleiding worden beschouwd als een quasi-statische belasting. De dynamische effecten van de wind zullen in rekening worden gebracht door een vergrotingsfactor. Doch, in zeer uitzonderlijke gevallen kan een dynamische en/of aeroëlastische responsanalyse noodzakelijk zijn.

Deel 1-4 van EN 1991 laat toe de windbelasting te begroten voor gebouwen en bouwwerken waarvan de hoogte niet meer dan 200m bedraagt. Niettegenstaande de Europese windnorm reeds veel ruimer is in vergelijking tot enkele oudere nationale normen, zal voor torenstructuren, grote gebouwen met een centrale kern, tuibruggen, masten en offshore constructies waar mogelijk naar andere meer specifieke normen worden verwezen. Zoniet is deskundig advies vereist of kan een windtunneltest noodzakelijk zijn.

We benadrukken dat de windlastgenerator in 1•2•Build is opgesteld voor gebouwen en niet voldoet voor vakwerken, panelen, uithangborden, bruggen,... We overlopen dan ook enkel de normdelen die betrekking hebben op windlastgenerator in 1•2•Build.

1.1.2 Berekeningsmethode

De windbelasting of windkrachten op de volledige structuur of op een deel ervan kunnen worden berekend op twee manieren:

- ofwel door middel van globale krachten m.b.v. krachtcoëfficiënten
- ofwel als de som van de winddrukken op oppervlakken

De eerste berekeningsmethode laat u toe een globale windkracht te berekenen zonder de structuur te gaan opdelen in een aantal oppervlakken. Globale windeffecten worden in rekening gebracht door een zogenaamde krachtcoëfficiënt welke afhangt van de vorm en de slankheid van de constructie of het constructie-element. Deze methode moet worden toegepast wanneer u bijvoorbeeld de windbelasting berekent op vlaggen, borden, structurele elementen,... maar kan ook worden gebruikt wanneer u bijvoorbeeld de globale windkracht op een gebouw of constructie wilt kennen voor het dimensioneren van de fundering.

In de tweede methode worden de gevels en het dak van het gebouw opgedeeld in een aantal zones en zal voor iedere zone de winddruk worden berekend. De uiteindelijke windkracht wordt dan bekomen door de verschillende winddrukken te vermenigvuldigen met de oppervlakte waarop zij inwerken.

Omdat in 1•2•Build de windlastgenerator is opgesteld voor gebouwen zal hierna enkel de tweede

berekeningsmethode aan bod komen.

1.1.3 Windrichting

De Eurocode brengt een methode naar voor om het effect van de wind te bepalen loodrecht op de gevels. 1•2•Build laat u toe het windeffect te genereren in een vlak dat evenwijdig is met het verticale vlak XY.

1.1.4 Verschillende belastingsgevallen

1•2•Build laat u toe de wind te genereren van links naar rechts en visa versa. Bovendien voorziet de norm in sommige gevallen twee mogelijke waarden. Dit is hoofdzakelijk te wijten aan de hoek tussen de windrichting en de horizontale ($\pm 15^\circ$). 1•2•Build maakt dus een onderscheid tussen neerwaartse en opwaartse wind. Het spreekt voor zich dat het gebouw dient te weerstaan aan alle mogelijke belastingsgevallen.

1.1.5 Windsnelheid

1.1.5.1 Basis referentie windsnelheid $v_{b,0}$

De basiswaarde van de referentie windsnelheid $v_{b,0}$ stemt overeen met de gemiddelde snelheid, gemeten met een tijdsinterval van 10 minuten op een hoogte van 10m t.o.v. een terrein van categorie II, die gemiddeld eens per 50 jaar voorkomt. Deze waarde is onafhankelijk van de windrichting en de tijd van het jaar (seizoen).

Waarden voor $v_{b,0}$ worden gegeven in de nationale bijlages van de norm EN 1991-1-4. Ze kunnen verschillen per land en/of per streek. Onderstaande tabel toont een overzicht:

Windgebied	[--]	[BE]	[NL]	[FR]
I	geen aanbevolen waarden opgegeven	26,0	29,5	22,0
II		25,0	27,0	24,0
III		24,0	24,5	26,0
IV		23,0	-	28,0

Tabel 1: Basis windsnelheid $v_{b,0}$ [m/s] i.f.v. het windgebied (EN 1991-1-4 Tabel NB.1)

1.1.5.2 Referentie windsnelheid v_b

De referentie windsnelheid is seizoensgebonden en hangt tegelijk ook af van de windrichting. Ze wordt gedefinieerd als volgt:

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

Hierin is

- c_{dir} de windrichtingsfactor
- c_{season} de seizoensfactor
- $v_{b,0}$ de basis referentie windsnelheid (zie §1.1.5.1)

De windrichtings- c_{dir} en seizoensfactor c_{season} worden op nationaal niveau vastgesteld. Voor zowel België als Nederland wordt c_{dir} en c_{season} gelijk aan 1 genomen.

1.1.5.3 Gemiddelde windsnelheid $v_m(z)$

De gemiddelde windsnelheid $v_m(z)$ op een hoogte z boven het grondniveau wordt gegeven door:

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

Hierin is

- $c_o(z)$ de ruwheidscoëfficiënt
- $c_r(z)$ de orografiefactor
- v_b de referentie windsnelheid

A. Ruwheidscoëfficiënt

De **ruwheidscoëfficiënt** $c_r(z)$ houdt rekening met de variatie van de gemiddelde windsnelheid te wijten aan de hoogte boven het grondniveau en de ruwheid van het terrein afhankelijk van de windrichting. z is de hoogte van het gebouw boven het maaiveld.

De ruwheidscoëfficiënt $c_r(z)$ op hoogte z wordt vastgelegd op nationaal niveau, maar is voor [BE] en [NL] dezelfde:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \frac{\max(z, z_{min})}{z_0}$$

Hierin is

- z_0 de ruwheidslengte
- k_r terreinfactor ($= 0,19 \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07}$)
- z_{min} minimum hoogte in functie van de terreincategorie
- $z_{0,II}$ 0,05m (ruwheidslengte terreincategorie II)

De parameters z_0 en z_{min} zijn functie van de ruwheid van het terrein en moeten zijn bepaald volgens onderstaande tabel.

Terreincategorie	[--] en [BE]		[NL]		[FR]	
	z_0 [m]	z_{min} [m]	z_0 [m]	z_{min} [m]	z_0 [m]	z_{min} [m]
0	0,003	1	0,005	1	0,005	1
I	0,01	1	n.v.t.	n.v.t.	0,05	2
II	0,05	2	0,2	4	0,20	5
III	0,3	5	0,5	7	0,5	9
IV	1,0	10	n.v.t.	n.v.t.	1,0	15

Tabel 2: Terreincategorieën en terreinparameters (EN 1991-1-4/NB Tabel 4.1)

De terreincategorie wordt vastgesteld door het gebied rondom het gebouw in te delen in een aantal sectoren. Voor de grenzen van deze sectoren wordt verwezen naar de nationale bijlage.

B. Orografiefactor

De orografiefactor coëfficiënt $c_o(z)$ brengt de toename in windsnelheid in rekening veroorzaakt door heuvels en kliffen en is gerelateerd aan de windsnelheid aan de voet van de heuvel.

We verwijzen naar de bijlage A.3 van norm EN 1991-1-4 voor meer info betreffende de berekening van $c_o(z)$.

1.1.6 Blootstellingscoëfficiënt $c_e(z)$

De blootstellingcoëfficiënt $c_e(z)$ brengt de parameters in rekening die een invloed hebben op de gemiddelde windsnelheid, zoals de terreinkarakteristieken, het al dan niet aanwezig zijn van obstakels, de topografie en de hoogte boven het maaiveld. Deze coëfficiënt wordt bepaald uit:

$$c_e(z) = c_r^2(z) \cdot c_o^2(z) \cdot \left[1 + \frac{7}{c_o(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \right]$$

Hierin is

- $c_r(z)$ de ruwheidscoëfficiënt (zie §1.1.5.3)
- $c_o(z)$ de orografiefactor (zie §1.1.5.3)
- z_0 de ruwheidslengte (zie §1.1.5.3)

1.1.7 Winddruk

1.1.7.1 Referentie winddruk q_b

De referentie winddruk q_b uitgedrukt in N/m² wordt berekend met:

$$q_b = \frac{\rho \cdot v_b^2}{2}$$

Hierin is

- v_b de referentie windsnelheid [m/s] (zie §1.1.5.2)
- ρ de luchtdensiteit [kg/m³] (1,25kg/m³ voor BE en NL, 1,225kg/m³ voor FR)

1.1.7.2 Extreme winddruk

De extreme winddruk q_p is de winddruk die als basis dient voor de berekening van de windbelasting op vlakken. De extreme winddruk wordt berekend uit de gemiddelde windsnelheid vermenigvuldigd met een vergrotingsfactor. Deze factor houdt er rekening mee dat de windsnelheid die optreedt bij een hevige windstoot altijd hoger is dan de gemiddelde windsnelheid op een gebouw over een bepaalde periode.

De extreme stuwdruk $q_p(z)$ op een hoogte z boven het grondniveau wordt gegeven door:

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

Hierin is

- $c_e(z)$ de blootstellingscoëfficiënt (zie §1.1.6)
- q_b de referentie winddruk (zie §1.1.7.1)

1.1.8 Winddruk op oppervlakken

De druk op een buitenoppervlak van de structuur w_e , wordt bekomen uit: $w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$

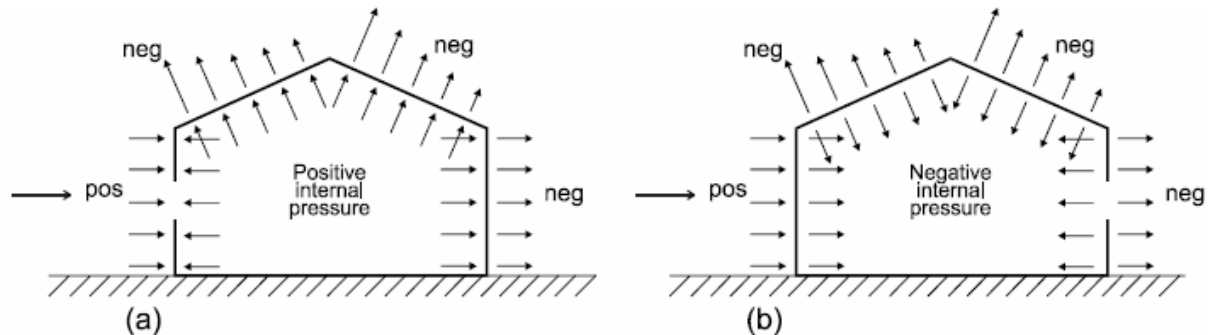
De druk op een binnenoppervlak van de structuur w_i , wordt bekomen uit: $w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$

Hierin is:

- $q_p(z)$ de extreme stuwdruk op hoogte z (zie §1.1.7)
- c_{pe} de uitwendige drukcoëfficiënt (zie §1.1.8.1)

- c_{pi} de inwendige drukcoëfficiënt (zie §1.1.8.2)

De netto winddruk op een oppervlak is het verschil tussen de druk op het buitenoppervlak en deze op het binnenoppervlak. Een druk uitgeoefend op het oppervlak wordt positief gerekend, terwijl een druk van het oppervlak weg negatief wordt gerekend. Men spreekt in het laatste geval ook van zuiging. Enkele voorbeelden worden hieronder gegeven.



Figuur 1: Tekenconventie voor druk op vlakken (EN 1991-1-4 Figuur 5.1)

1.1.8.1 Uitwendige drukcoëfficiënt c_{pe} voor gebouwen

A. Algemeen

De uitwendige drukcoëfficiënt c_{pe} voor bouwwerken hangt af van de grootte van het oppervlak waarop de wind aangrijpt:

$$c_{pe} = c_{pe,1} \quad A \leq 1\text{m}^2$$

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

$$c_{pe} = c_{pe,10} \quad A \geq 10\text{m}^2$$

De waarden $c_{pe,10}$ en $c_{pe,1}$ worden hierna gegeven voor verticale wanden van bouwwerken met rechthoekig grondvlak, platte daken en zadeldaken. 1•2•Build beschouwt ook lessenaars daken en combinaties van voorgaande daktypes om zo goed als mogelijk te voldoen aan de voorschriften van de Eurocode.

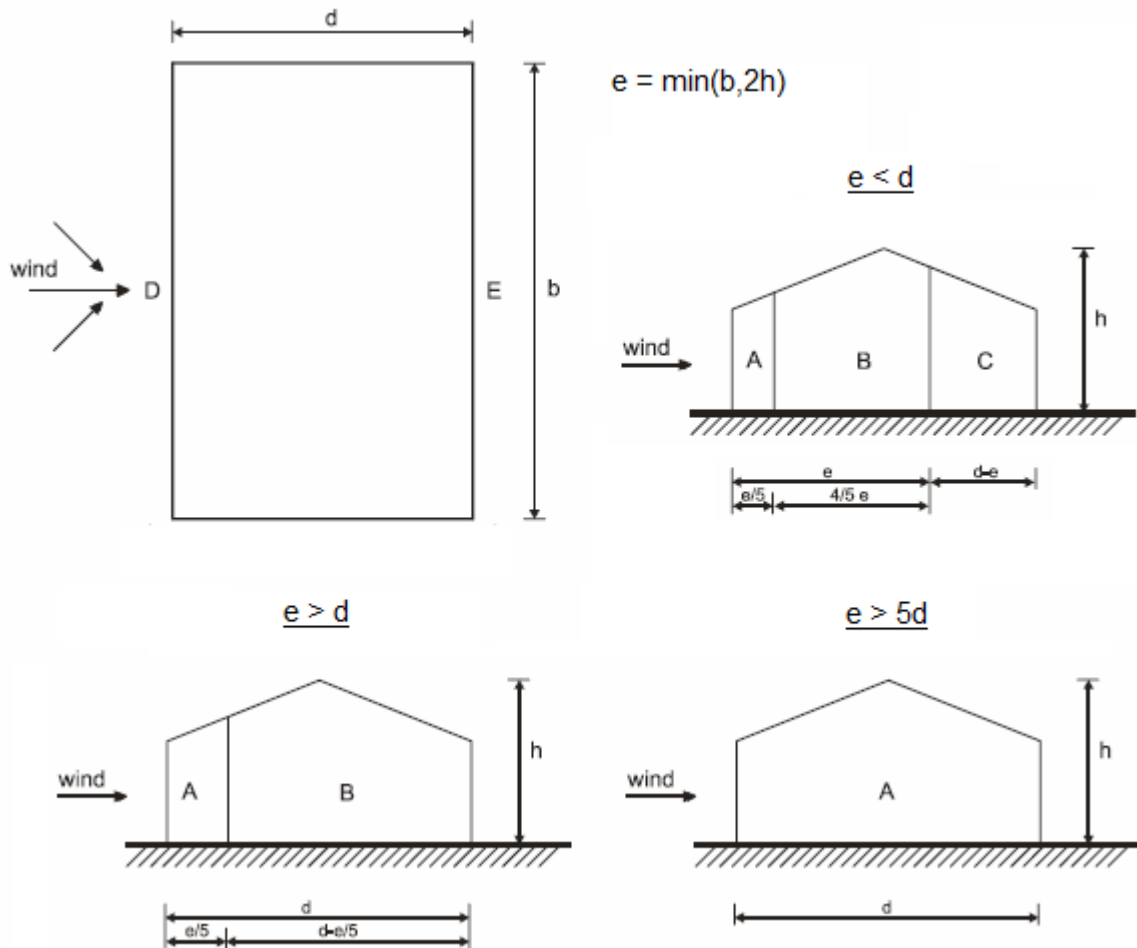
De waarden zijn gegeven voor de orthogonale windrichtingen 0° , 90° , 180° maar stellen de hoogste waarden voor verkregen in een interval van $\theta = \pm 45^\circ$ langs beide zijden van de relevante orthogonale windrichting.

B. Verticale gevels

Afhankelijk van de afmetingen van het gebouw en de wijze waarop de windbelasting aangrijpt, worden de verticale gevels verdeeld in een aantal zones.

- Loefzijde D (Voorkant van het gebouw of beter de wand waarop de wind frontaal aangrijpt)
- Lijzijde E (Achterkant van het gebouw of beter de wand waarop de wind een zuiging uitoefent)
- De zones A, B en C (Zijkant van het gebouw of beter de wanden evenwijdig met de windrichting)

Afhankelijk van de verhouding e/d , worden voor de zijwanden één, twee of drie zones onderscheiden. De afmeting e is het minimum van b en $2h$. De hoogte h is de hoogte tot de nok van het dak, de breedte b is de breedte dwars op de windrichting.



Figuur 2: Zones bij verticale gevels (EN 1991-1-4 Figuur 7.5)

Voor iedere zone worden de coëfficiënten $c_{pe,10}$ en $c_{pe,1}$ gegeven in de onderstaande tabel. Deze zijn afhankelijk van de verhouding h/d met h en d de hoogte respectievelijk diepte van het gebouw.

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

Tabel 3: Aanbevolen waarden voor uitwendige drukcoëfficiënten voor verticale gevels van gebouwen met rechthoekig plattegrond (EN 1991-1-4/NB Tabel 7.1)

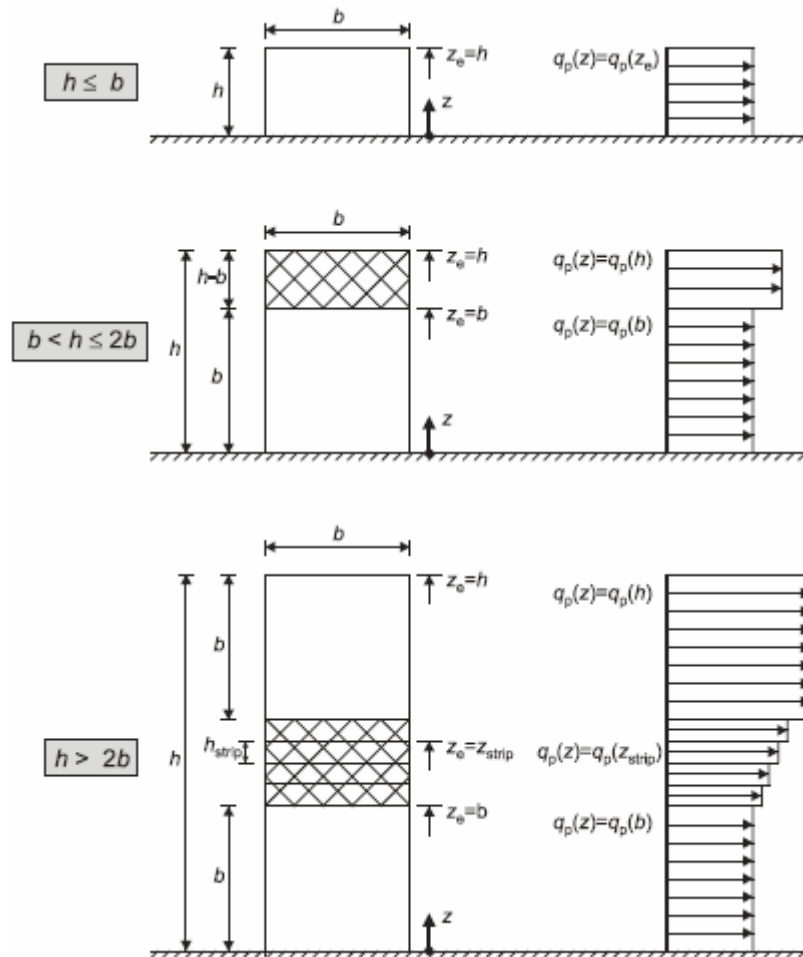
Voor tussenliggende waarden van h/d mag lineaire interpolatie worden toegepast.

De extreme stuwdruk $q_p(z)$ wordt berekend in functie van de referentiehoogte z_e , die op zijn beurt afhankelijk van de hoogte van de constructie t.o.v. de blootgestelde breedte. We onderscheiden de volgende drie gevallen:

- Gebouwen waarvan de hoogte kleiner is dan de breedte. De referentiehoogte z_e is gelijk aan de hoogte van het gebouw.
- gebouwen waarvan de hoogte groter is dan de breedte, maar kleiner dan 2 keer de breedte. Het gebouw wordt in tweeën gesplitst: een onderste deel met hoogte gelijk aan de breedte van het gebouw en een bovenste deel daarbovenop.

- gebouwen waarvan de hoogte groter is dan 2 keer de breedte. Het gebouw wordt opgedeeld in een aantal horizontale delen: een lager deel vanaf de grond en een hoger deel vanaf de top met een hoogte gelijk aan de breedte van het gebouw en een deel in het midden dat wordt opgedeeld in een aantal horizontale strips met maximum hoogte gelijk aan b .

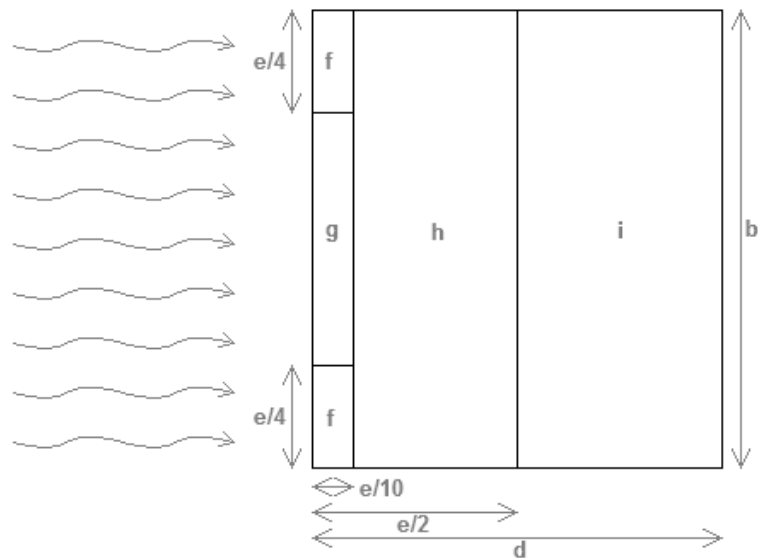
Zoals uit onderstaande tekening blijkt, wordt de extreme stuwdruk $q_p(z)$ constant verondersteld per bouwdeel.



Figuur 3: Referentiehoogte z_e afhankelijk van h en b en bijhorende profielen van de stuwdruk (EN 1991-1-4 Figuur 7.4)

C. Platte daken

Platte daken zijn daken met helling kleiner dan 5° . Het dak wordt verdeeld in een aantal zones:



Figuur 4: Zones bij een plat dak (EN 1991-1-4 Figuur 7.6)

De afmeting e is het minimum van b en $2h$. De hoogte h is de hoogte tot de nok van het dak, de breedte b is de breedte dwars op de windrichting.

Voor de verschillende zones gelden volgende coëfficiënten:

	F		G		H		I	
	$c_{pe\cdot 10}$	$c_{pe\cdot 1}$	$c_{pe\cdot 10}$	$c_{pe\cdot 1}$	$c_{pe\cdot 10}$	$c_{pe\cdot 1}$	$c_{pe\cdot 10}$	$c_{pe\cdot 1}$
Scherpe dakranden	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,2	

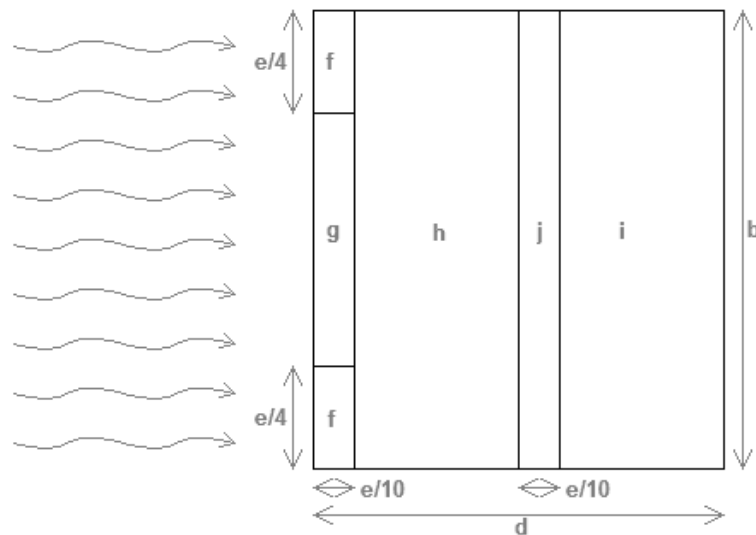
Tabel 4: Aanbevolen waarden voor de uitwendige drukcoëfficiënten voor platte daken (EN 1991-1-4/NB Tabel 7.2)

In zone I, waar positieve en negatieve waarden worden gegeven, behoren beide waarden te worden beschouwd. In 1•2•Build worden beide gevallen automatisch beschouwd wanneer u een belastingsgeval definieert voor zowel een opwaartse als neerwaartse wind.

De extreme waarde van de stuwdruk $q_p(z)$ moet worden berekend op een hoogte z_e die gelijk is aan de totale hoogte van het gebouw.

D. Zadeldaken

Het dak wordt verdeeld in een aantal zones (hier voor $\theta = 0^\circ$):



Figuur 5: Zones bij een plat zadeldak voor windrichting $\theta = 0^\circ$ (EN 1991-1-4 Figuur 7.8b)

De afmeting e is het minimum van b en $2h$. De hoogte h is de hoogte tot de nok van het dak, de breedte b is de breedte dwars op de windrichting.

Voor de verschillende zones gelden volgende coëfficiënten:

Zone	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	

Tabel 5: Aanbevolen waarden voor de uitwendige drukcoëfficiënten voor zadeldaken voor windrichting $\theta = 0^\circ$ (EN 1991-1-4/NB Tabel 7.4a)

Voor hellingshoeken van $\alpha = -5^\circ$ tot $\alpha = +45^\circ$ wisselt de druk snel tussen positieve en negatieve waarden aan de windzijde, zodat zowel positieve als negatieve waarden worden gegeven. Voor deze daken behoren vier gevallen te zijn beschouwd, waar de grootste of kleinste waarden op alle oppervlakken F, G en H worden gecombineerd met de grootste of kleinste waarden op oppervlakken I en J. Positieve en negatieve waarden op hetzelfde vlak behoren niet te zijn gecombineerd.

Voor tussenliggende waarden voor de hellingshoek mag lineaire interpolatie zijn toegepast tussen de waarden met hetzelfde teken. Gebruik geen interpolatie tussen $\alpha = -5^\circ$ en $\alpha = +5^\circ$, maar gebruik de gegevens voor platte daken.

Bovenstaande tabel is geldig voor een windbelasting welke loodrecht op de noklijn aangrijpt ($\theta = 0^\circ$). De norm geeft ook een voorstel voor $c_{pe,10}$ en $c_{pe,1}$ wanneer de wind in de andere richting ($\theta = 90^\circ$) blaast.

1.1.8.2 Inwendige drukcoëfficiënt c_{pi}

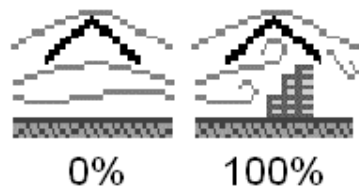
De inwendige drukcoëfficiënt c_{pi} is afhankelijk van de grootte en de verdeling van de openingen in de constructie.

Gezien de verdeling van de openingen in 1•2•Build niet zijn gekend, maakt 1•2•Build gebruik van de regel dat voor c_{pi} de meest ongunstige van volgende twee waarden genomen worden: +0,2 en -0,3.

1.1.8.3 Netto drukcoëfficiënt ($c_{p,net}$)

Een netto drukcoëfficiënt wordt gegeven voor die constructies waar geen sprake is van een omsloten ruimte. Luifeldaken en vrijstaande wanden vormen zo een voorbeeld.

Ook 1•2•Build ondersteunt de berekening van de windbelasting op een open dakconstructie.



Meer bepaald wordt de drukcoëfficiënt sterk beïnvloed door de graad van geslotenheid φ van de luifel. $\varphi = 0\%$ indien de ruimte onder de luifel vrij blijft. Bevinden zich onder de luifel obstakels die de doortocht van de wind volledig verhinderen, dan is $\varphi = 100\%$.

Verder wordt een onderscheid gemaakt tussen een globale en lokale coëfficiënt. De eerstgenoemde leidt tot een constante winddruk op de totale dakconstructie, de laatstgenoemde houdt rekening met lokale effecten ter plaatse van de randen van de luifel.

1.1.9 Windkrachten

Als laatste stap wordt uiteindelijk de windkracht berekend die op de gehele structuur of een deel ervan aangrijpt. De kracht F_w wordt berekend als de vectoriële som van de krachten $F_{w,e}$ en $F_{w,i}$ afgeleid uit de uitwendige respectievelijk inwendige druken:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot \sum w_e \cdot A_{ref}$$

$$F_{w,i} = c_s c_d \cdot \sum w_i \cdot A_{ref}$$

Hierin is

- $c_s c_d$ de structuurcoëfficiënt (gecombineerde factor)
- w_e de winddruk op een buitenoppervlak (zie §1.1.8)
- w_i de winddruk op een binnenoppervlak (zie §1.1.8)
- A_{ref} de oppervlakte waarop de winddruk aangrijpt

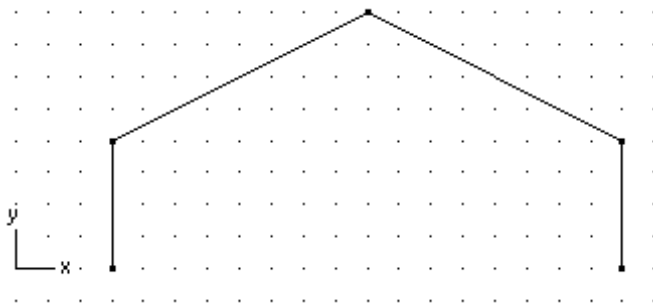
De structuurcoëfficiënt $c_s c_d$ brengt de effecten te wijten aan het niet gelijktijdig optreden van de extreme stuwdruk over het ganse oppervlak (c_s) alsook het gevaar op trillingen te wijten aan turbulentie (c_d) in rekening. De factor $c_s c_d$ wordt op nationaal niveau vastgelegd. Uitdrukkingen voor $c_s c_d$ of voor c_s en c_d afzonderlijk worden gegeven in §6 van EN 1991-1-4.

1.1.10 Voorbeelden van windlast-berekeningen

Aan de hand van enkele voorbeelden zullen we samen de werking van de windlastgenerator overlopen.

1.1.10.1 Voorbeeld 1

Teken dit onderstaand portiek.

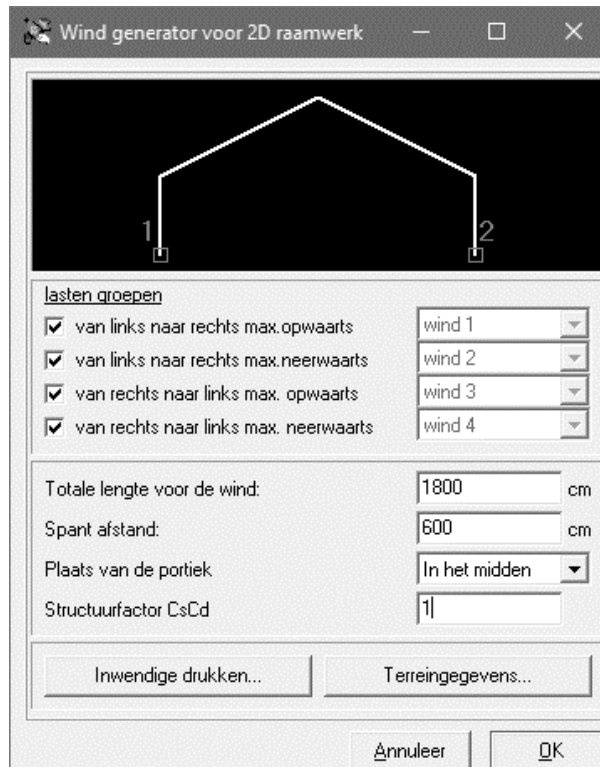


- Kolomhoogte : 4m
- Totale hoogte: 8m
- Portiekbreedte : 16m
- Totale lengte gebouw: 18m
- Spantafstand: 6m
- Verdeling van de openingen wordt later meegegeven

Kies in het palet van het lastenvenster de gepaste lastengroep. Selecteer daarna de omtrek waarop de wind moet worden toegepast. Zodra dit gebeurd is, wordt het icoon van de windlastgenerator



beschikbaar. Drukt u op dit icoon, dan verschijnt volgend dialoogvenster op het scherm:



In een eerste kader vinden we de tekening van de structuur, met aanduiding van de uiterste geselecteerde punten. 1•2•Build zoekt automatisch de uiterste vrije punten van de omtrek als begin- en eindpunt. Er bestaat steeds de mogelijkheid om het startpunt, met name het punt met nummer '1', manueel te wijzigen door op een uiterste punt (met een klein wit vierkantje) te klikken met de linker muisknop. Het tweede punt kan op gelijkaardige wijze aangepast worden, maar hier moet de rechter muisknop worden ingedrukt. Men moet wel respecteren dat punt '1' altijd links staat van punt '2'.

In het tweede kader van het dialoogvenster duidt men aan voor welk(e) belastingsgeval(len) een windbelasting gegeneerd wordt. Vink elke lijn aan of af, in functie van de windlast die u wenst toe te passen.

Eerst moet aangeduid worden of de wind van links of van rechts komt. Bovendien heeft u de mogelijkheid om aan te duiden of het gaat om een opwaartse of neerwaarts wind. De externe drukcoëfficiënten zijn verschillend in beide gevallen. Normaal dient dus elke structuur in de 2 gevallen berekend te worden.

In het volgende kader worden de geometrische gegevens van de structuur ingegeven:

- In het eerste invulveld komt de totale lengte van het gebouw die blootgesteld wordt aan de windlast, 18 meter in het onderhavige voorbeeld.
- In het tweede invulveld geven we de afstand tussen de portieken weer, of juister: het deel van de lengte van het gebouw waarvan de windlast op de geselecteerde portiek terecht komt (voor een middenportiek dus inderdaad te tussenafstand). Deze afstand bedraagt 6 meter in het huidige voorbeeld.

Nota: als u met 1•2•Build een repetitieve structuur berekent, dan kan u het tweede invulveld hier niet aanpassen. Dit veld wordt inderdaad automatisch ingevuld in functie van de tussenafstand tussen de spanten die u eerder reeds definieerde. Op die manier wordt ten allen tijde de consistentie van uw rekenmodel gewaarborgd.

De plaats van het portiek in het gebouw moet ook worden ingegeven. Dit is belangrijk om de waarde van c_{pe} te bepalen in de tabel. Deze tabel bevat immers 2 zones: de ene zone centraal in het gebouw, de andere zone meer aan de uiteinden van het gebouw. Kies daarom de plaats van het portiek via het pull-down menu.

Tot slot noteert u nog de structuurcoëfficiënt $c_s c_d$. Deze coëfficiënt brengt de effecten te wijten aan het niet gelijktijdig optreden van de extreme stuwdruk over het ganse oppervlak (c_s) alsook het gevaar op trillingen te wijten aan turbulentie (c_d) in rekening.

Twee knoppen geven u toegang tot twee bijkomende dialoogvensters. Klik eerst op de knop **Terreingegevens...** voor de terreingegevens. Volgend dialoogvenster verschijnt op het scherm :

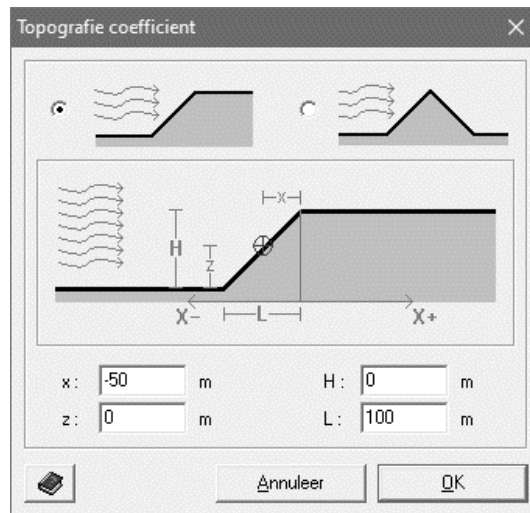
Richtingsfactor C_{dir} :	1.00	
Seizoensfactor C_{season}	1.00	
Densiteit Lucht	1.25 kg/m ³	
<input checked="" type="radio"/> $V_{b,0}$ = windsnelheid :	26.00 m/s	België
<input type="radio"/> q_b = windsnelheid :	0.4 kN/m ²	Kaart
Terrein type		
Extra hoogte :	0 m	
Hellingspercentage	0.00 %	
s - factor	0.00	

In het bovenste deel van dit venster noteert u ofwel onmiddellijk de referentie winddruk q_b die als basis dient voor de berekening van de winddrukken op een oppervlakte, ofwel definieert u expliciet alle parameters die tussenkomen in de berekening van deze referentie winddruk. In het laatste geval noteert u de windrichtingsfactor c_{dir} en seizoensfactor c_{season} die zullen worden vermenigvuldigd met de basis referentie windsnelheid $v_{b,0}$. Laatstgenoemde factoren zijn nationaal bepaald maar kunnen in de meeste gevallen gelijk aan 1,0 genomen worden. De basis referentie windsnelheid $v_{b,0}$ geeft u ofwel manueel in, ofwel laat u deze waarde door **1•2•Build** berekenen door het desbetreffende land via het pulldown-menu te selecteren. Wanneer blijkt dat voor een bepaald land meerdere windgebieden worden onderscheiden, verschijnt een kaart waarop u de gewenste zone kan aanduiden. Noteer tot slot nog de luchtdensiteit (= 1,25kg/m³) en de referentie winddruk kan uit bovenstaande parameters worden berekend.

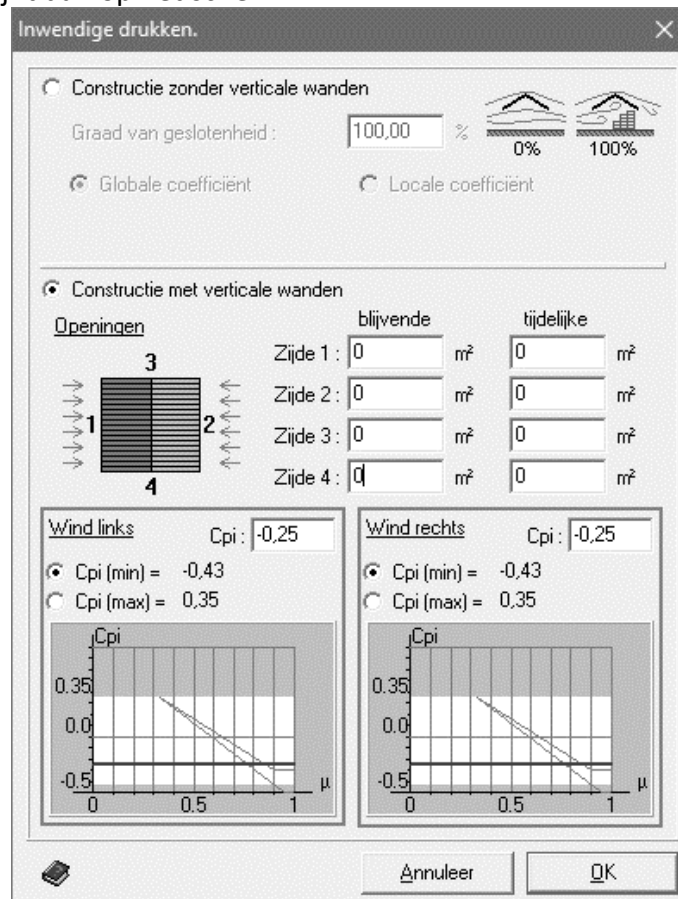
Het tweede kader in dit venster laat toe om het terreintype in te geven en indien nodig een extra hoogte. Standaard staat deze complementaire hoogte op nul meter ingesteld. Bevindt de structuur zich echter op een bepaalde hoogte boven het maaiveld, dan volstaat het om in het invulveld deze hoogte in te geven. **1•2•Build** zal dan automatisch de windlast toepassen rekening houdend met deze extra hoogte. **Ga in dit geval uit van een terrein type II en een extra hoogte van 0 meter.**

Het laatste kader wordt gebruikt om een specifieke topografische ligging te definiëren. Om het gebruik van de windlastgenerator te vergemakkelijken, kan het hellingspercentage en de s-factor automatisch berekend worden door te klikken op de knop 'Bereken'. Het volstaat dan om in het dialoogvenster die verschijnt alle coëfficiënten in te geven. **Ga in dit voorbeeld uit van een**

hellingspercentage van 0%.



Klik eerst op 'OK' en daarna op de knop **Inwendige drukken...** voor de inwendige drukken c_{pi} . Volgend dialoogvenster verschijnt dan op het scherm:



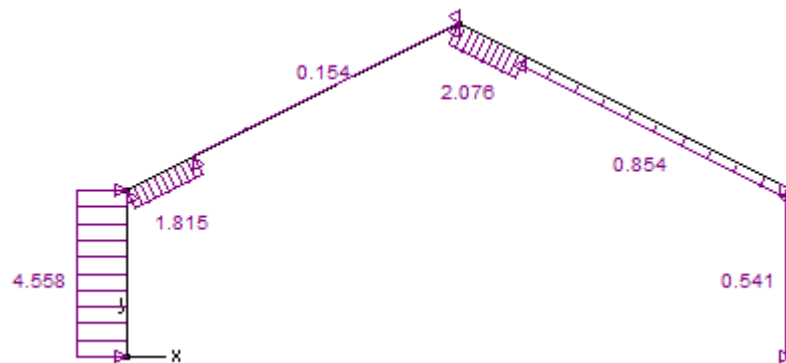
Twee mogelijke scenario's worden door **1•2•Build** ondersteund:

- In het geval van een open dakconstructie wordt een netto drukcoëfficiënt ($c_{p,net}$) berekend in functie van de graad van geslotenheid. $\varphi = 0\%$ indien de ruimte onder de luifel vrij blijft. Bevinden zich onder de luifel obstakels die de doortocht van de wind volledig verhinderen, dan is $\varphi = 100\%$. Verder wordt een onderscheid gemaakt tussen een globale en lokale coëfficiënt. De eerstgenoemde leidt tot een constante winddruk op de totale dakconstructie, de laatstgenoemde houdt rekening met lokale effecten ter plaatse van de randen van de luifel.

- In het geval van een constructie met verticale wanden wordt c_{pi} berekend in functie van de blijvende en tijdelijke openingen in het gebouw. Ervan uitgaande dat de windlastgenerator slechts één windlast tegelijk kan genereren, moeten er 2 verschillende c_{pi} -waarden berekend worden: één voor de linkse en één voor de rechtse windlast. Een kleine grafiek toont het domein aan waarbinnen de c_{pi} kan variëren. Het meest logische is om ofwel de onderste grens ofwel de bovenste grens te gebruiken - respectievelijk $c_{pi,min}$ en $c_{pi,max}$. U bent echter vrij om aan c_{pi} uw eigen waarde toe te kennen door deze in te vullen in de invulvelden.

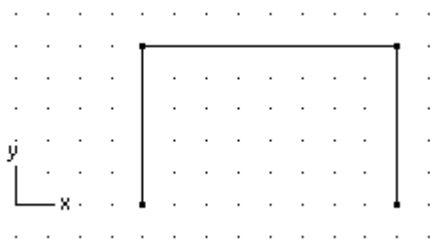
In het hoofdvenster vullen we de gegevens in zoals op het voorgaande beeld, alvorens die te bevestigen door op 'OK' te klikken.

Men bekomt volgende resultaten (uitgedrukt in kN/m) in het belastingsgeval 'Wind1':



1.1.10.2 Voorbeeld 2

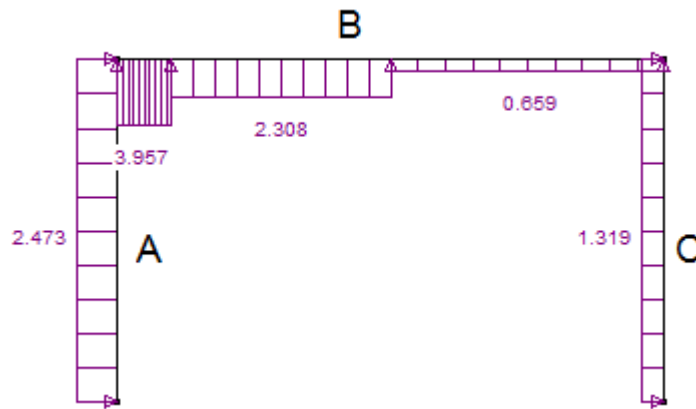
Genereer de windlasten op onderstaand portiek.



- Kolomhoogte : 5m
- Portiekbreedte : 8m
- Tussenafstand: 6m
- Totale lengte gebouw: 18m

We kiezen een terrein type III en veronderstellen het terrein vlak. De inwendige druk stellen we gelijk aan nul ($c_{pi} = 0$).

1•2•Build geeft de volgende resultaten voor een opwaartse wind van links naar rechts:



Een eenvoudige handberekening bevestigt deze resultaten.

- Bepalen van de blootstellingscoëfficiënt $c_e(z)$:

$$c_r(z) = 0,2154 \cdot \ln\left(\frac{5}{3}\right) = 0,606$$

$$c_e(z) = 1^2 \cdot 0,606^2 \cdot \left(1 + \frac{7}{1 \cdot \ln\left(\frac{5}{3}\right)}\right) = 1,281$$

- Bepalen van de winddruk op zijde A (loefzijde):

$$c_{pe,10} = 0,75 \quad (h/d = 0,625)$$

$$w = 429 \cdot 1,281 \cdot 0,75 = 412 \text{ N/m}^2 (\cdot 6 = 2,473 \text{ kN/m})$$

- Bepalen van de winddruk op zijde C (lijzijde):

$$c_{pe,10} = -0,4$$

$$w = 429 \cdot 1,281 \cdot -0,4 = -220 \text{ N/m}^2 (\cdot 6 = -1,319 \text{ kN/m})$$

- Bepalen van de winddruk op zijde B (dak):

- Zone G:

$$w = 429 \cdot 1,281 \cdot -1,2 = -659 \text{ N/m}^2 (\cdot 6 = -3,957 \text{ kN/m})$$

- Zone H:

$$w = 429 \cdot 1,281 \cdot -0,7 = -385 \text{ N/m}^2 (\cdot 6 = -2,308 \text{ kN/m})$$

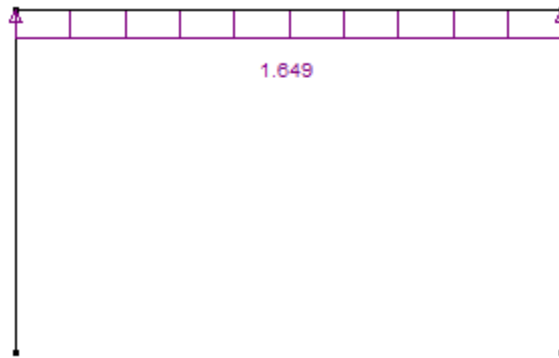
- Zone I:

$$w = 429 \cdot 1,281 \cdot -0,2 = -110 \text{ N/m}^2 (\cdot 6 = -0,659 \text{ kN/m})$$

1.1.10.3 Voorbeeld 3

We veronderstellen een constructie zonder verticale wanden, met dezelfde geometrische en topografische gegevens als het gebouw uit voorbeeld 2.

Voorts nemen we aan dat de wind vrij door het gebouw kan waaien ($\varphi = 0\%$). We berekenen de globale windbelasting op het dak:



Inderdaad:

$$w = 429 \cdot 1.281 \cdot c_{p,net} = 429 \cdot 1.281 \cdot (-0,5) = -275N/m^2 (\cdot 6 = -1,649N/m)$$

1.2 Volgens NEN 6702

1.2.1 Inleiding

Deze nota helpt u om de windlasten op een structuur aan te brengen veroorzaakt door de wind volgens de regels beschreven in NEN 6702.

Deze handleiding vervangt geenszins de norm. Het is dan ook ten zeerste aanbevolen de norm zelf ook door te nemen, om beter te begrijpen wat u precies kan doen met de windmodule in 1•2•Build.

Het dient gezegd dat de windgenerator in 1•2•Build nauw aanleunt bij de normen of regels, wat het begrip en het gebruik vergemakkelijkt. U kan zonder probleem de gang van de in te voeren gegevens volgen a.d.h.v. de normtekst NEN 6702.

1.2.2 Algemeen

1.2.2.1 Windrichting

De NEN brengt een methode naar voor om het effect van de wind te bepalen loodrecht op de gegevens. Daarom laat 1•2•Build u toe het windeffect te genereren in elk vlak dat evenwijdig is met één van de verticale vlakken XY of ZY.

1.2.2.2 De winddruk

De winddruk wordt als volgt bepaald :

$$p_{rep} = C_{dim} \cdot C_{index} \cdot C_{eq} \cdot \phi_1 \cdot p_w$$

Met

- p_{rep} de windbelasting door winddruk, windzuiging, windwrijving en over- of onderdruk
- C_{dim} dimensiefactor
- C_{eq} drukvereffeningsfactor
- C_{index} windvormfactoren
- ϕ_1 dynamische vergrotingsfactor
- p_w extreme waarde van de stuwruk

De windkracht F op een oppervlak wordt vervolgens bepaald door:

$$F = A \cdot p_{rep}$$

Met A de oppervlakte waarop de windbelasting werkt.

We behandelen hierna de verschillende coëfficiënten.

1.2.2.3 De dimensiefactor C_{dim}

De dimensiefactor C_{dim} is een factor die de afmetingen van een bouwwerk in rekening brengt.

Ze wordt als volgt gedefinieerd:

$$C_{dim} = \frac{1 + 7 \cdot I(h) \cdot \sqrt{B}}{1 + 7 \cdot I(h)}$$

$$I(h) = \frac{1}{\ln\left(\frac{h}{0,2}\right)}$$

Voor gebouwen mag voor de getalwaarden van h en b , de hoogte respectievelijk de breedte van het gebouw zijn aangenomen.

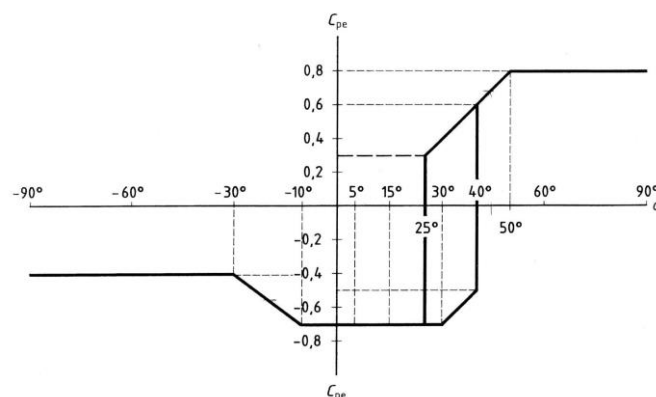
1.2.2.4 De drukvereffeningsfactor C_{eq}

Voor deze factor wordt de waarde 1 aangehouden.

1.2.2.5 De windvormfactor C_{index}

Voor courante daken is deze factor het verschil tussen de uitwendige drukcoëfficiënt C_{pe} en de inwendige drukcoëfficiënt C_{pi} .

Onderstaande figuur laat u toe C_{pe} te bepalen (α = helling van het dak):



Ingeval constructies zonder verticale wanden vervangt men C_{pe} door C_t en houdt men geen rekening met de inwendige drukcoëfficiënt. Voor de waarden van C_t verwijzen we naar Annex A.3 van de norm.

Voor vlakken evenwijdig aan de windrichting en voor vlakken die een hoek maken kleiner dan 10° met de windrichting dient men een windwrijving in rekening te brengen. $C_{index} = C_f$ hangt af van de ruwheid van het oppervlak:

- bij gladde oppervlakken: $C_f = 0,01$;
- bij oppervlakken bezet met uitsteeksels $\leq 40\text{mm}$: $C_f = 0,02$;

- bij oppervlakken bezet met uitsteeksels > 40mm: $C_f = 0,04$.

De windwrijving behoeft niet in rekening gebracht bij aanwezigheid van een opstand.

De inwendige drukcoëfficiënt C_{pi} voor gesloten gebouwen wordt gedefinieerd als volgt:

Let op: Indien meerdere waarden gelden voor C_{pi} , dan dient men de windlast te berekenen met de uiterste waarden.

Voor een gesloten gebouw bedraagt C_{pi} 0,3 en -0,3. Indien het gebouw openingen bevat (de som van de oppervlakten van de openingen is groter dan 5% van de totale oppervlakte), gebruikt men de volgende formules:

- Voor een positieve C_{pi} :

$$C_{pi} = 1 - 0,1 \cdot \log \frac{V}{A} \quad \text{met } 0,3 \leq C_{pi} \leq 0,8$$

- Voor een negatieve C_{pi} :

$$C_{pi} = - \left(0,44 - 0,02 \cdot \log \frac{V}{A} \right) \quad \text{met } -0,4 \leq C_{pi} \leq -0,3$$

Met

- A totale oppervlakte van de openingen in m^2
- V bruto-inhoud van het gebouw

1.2.2.6 De vergrotingsfactor ϕ_1

Deze factor brengt de dynamische effecten van de wind op een structuur in rekening en wordt bepaald via:

$$\phi_1 = \frac{1 + 7 \cdot I(h) \cdot \sqrt{B + E}}{1 + 7 \cdot I(h) \cdot \sqrt{B}}$$

$$B = \frac{1}{0,94 + 0,021 \cdot h^{\frac{2}{3}} + 0,029 \cdot b^{\frac{2}{3}}}$$

$$E = \frac{0,0394 \cdot f_e^{\frac{2}{3}}}{D \cdot (1 + 0,1 \cdot f_e \cdot h) \cdot (1 + 0,15 \cdot f_e \cdot b)}$$

Met

- h de hoogte van het gebouw [m]
- b de breedte van het gebouw loodrecht op de beschouwde windrichting [m]
- D de dempingsmaat [m]
- f_e de eigenfrequentie [Hz]

De vergrotingsfactor mag gelijk aan 1 genomen worden

- als de hoogte van het gebouw kleiner is dan 50m
- de verhouding h/b kleiner is dan 5.

1.2.2.7 De stuwdruk p_w

De stuwdruk is afhankelijk van de terreinparameters. Naast de gebieden I, II en III (zie kaart in bijlage), maakt men onderscheid tussen bouwwerken in onbebouwde omgeving en bouwwerken in bebouwde omgeving. Voor meer informatie verwijzen we naar §8.6.2.3 van de norm.

De volgende formule geeft u de referentiewinddruk in kN/m^2 .

$$p_w = (1 + 7 \cdot I(z)) \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$
$$I(z) = \frac{k}{\ln\left(\frac{z - d_w}{z_0}\right)}$$
$$v_m(z) = 2,5 \cdot u_0 \cdot \ln\left(\frac{z - d_w}{z_0}\right)$$

De waarden z_0 , d_w , u_0 en k volgen uit onderstaande tabel:

	onbebouwd			bebouwd		
Gebied	I	II	III	I	II	III
u_0	2.25	2.30	2.25	3.08	2.82	2.60
z_0	0.1	0.2	0.3	0.7	0.7	0.7
d_w	0	0	0	3.5	3.5	3.5
k	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9

- z de hoogte waarvoor men de winddruk wenst te bepalen
- ρ de luchtdensiteit [kg/m^3]. We nemen 1.25 kg/m^3 .

Opmerking: gebouwen die hoger zijn dan breed worden in verschillende delen opgesplitst.

2 Sneeuw generator

2.1 Volgens Eurocode 1

2.1.1 Inleiding

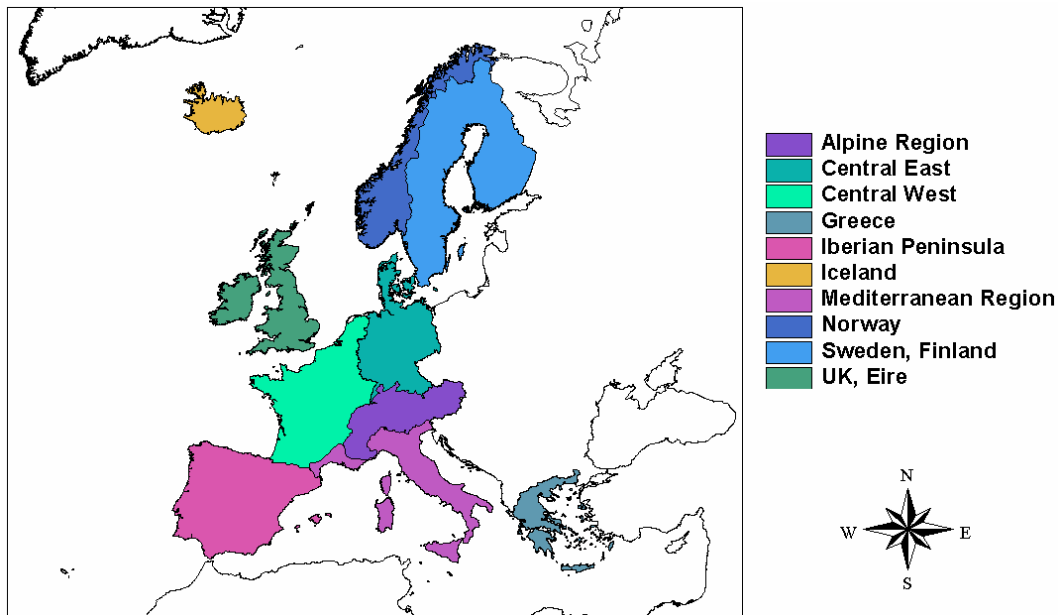
Dit deel van de handleiding helpt u om lasten op een structuur aan te brengen veroorzaakt door de sneeuw volgens de norm EN 1991-1-3. Deze handleiding vervangt geenszins de norm. Het is dan ook ten zeerste aanbevolen de norm zelf ook door te nemen, om beter te begrijpen wat u precies kan doen met de sneeuwlastmodule in 1•2•Build.

Het dient gezegd dat de sneeuwlastgenerator in 1•2•Build nauw aanleunt bij de norm, wat het begrip en het gebruik vergemakkelijken. U kan zonder probleem de gang van de in te voeren gegevens volgen a.d.h.v. de normteksten waarop zij betrekking hebben.

2.1.2 Sneeuwlast op de grond (s_k)

De sneeuwlast op de grond s_k is de karakteristieke waarde van de sneeuwbelasting op een horizontaal oppervlakte op de grond. Deze karakteristieke waarde is volgens de Europese norm gedefinieerd met een overschrijdingskans van 2% gedurende een referentietijd van 1 jaar.

De Eurocode voorziet een kaart en bijhorende tabel waaruit de karakteristieke waarde van de sneeuwlast voor de verschillende Europese lidstaten kan worden afgeleid (zie Annex C in EN 1991-1-3). In het bijzonder is voor iedere regio een formule voor s_k afgeleid welke afhangt van de hoogte boven de zeespiegel en de sneeuwbelasting op zeespiegelniveau.



In België en Nederland mag de sneeuwlast worden berekend a.d.h.v. volgende betrekking:

[BE]	[NL]
NBN EN1991-1-3 ANB	NEN EN1991-1-3 §4.1
$H_{zee} \leq 100m$ $s_k = 0,5 [kN/m^2]$ $100m \leq H_{zee} \leq 700m$ $s_k = 0,5 + \frac{0,007(H_{zee}-100)}{6} [kN/m^2]$	$s_k = 0,7kN/m^2$

2.1.3 Sneeuwbelasting op daken

De sneeuwbelasting s op het dak wordt aan de hand van volgende formule bepaald:

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

Hierin is:

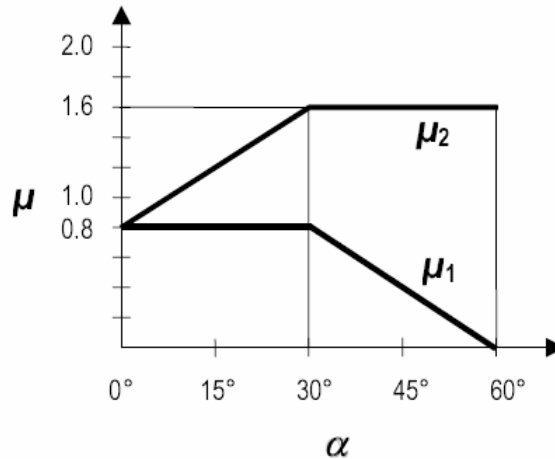
- μ_i een vormcoëfficiënt die rekening houdt met de helling en de vorm van het dak;
- C_e een blootstellingscoëfficiënt die toelaat rekening te houden met erosie-effecten van de wind. In België en Nederland is deze coëfficiënt gelijk aan 1;
- C_t een thermische coëfficiënt die toelaat rekening te houden met het effect van warmteverlies door het dak. In geval van een normale thermische isolatie van het dak wordt deze coëfficiënt gelijk gesteld aan 1;
- s_k de sneeuwbelasting op de grond

2.1.4 Vormcoëfficiënten van de sneeuwbelasting

De waarde van de vormcoëfficiënt μ wordt hoofdzakelijk bepaald door de vorm en de helling van het dak. Met deze vormcoëfficiënt laat de norm toe rekening te houden met een ganse reeks toestanden en bijzondere invloeden, zowel gunstige als ongunstige, die men in de praktijk

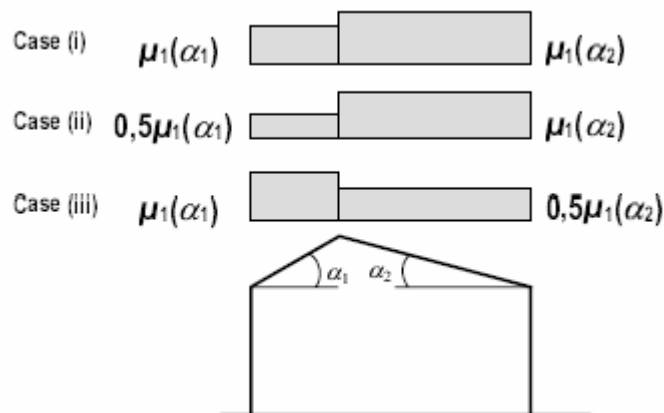
terugvindt: effecten van hellingen van daken, opeenstapeling van sneeuw in holten, asymmetrische lasten, het afvallen van sneeuw van hoger gelegen daken, opeenhoping van sneeuw in de dakgoten,...

Hieronder zijn de waarden voor de vormcoëfficiënt voorgesteld voor enkele veel voorkomende dakvormen in functie van de dakhelling α .



Figuur 6: Sneeuwbelastingsvormcoëfficiënt (EN 1991-1-3 Figuur 5.1)

Afhankelijk van de vorm van het dak worden nu een aantal belastingssituaties onderscheiden. Voor een zadeldak dienen bijvoorbeeld volgende belastingssituaties te worden beschouwd:



Figuur 7: Sneeuwbelastingsvormcoëfficiënt-zadeldaken (EN 1991-1-3 Figuur 5.3)

Het eerste geval betreft een belastingssituatie welke voortvloeit uit een gelijkmatig verdeelde sneeuwlaag over het volledige dak. Deze verdeling treedt meestal op wanneer de sneeuwval met weinig wind gepaard gaat. Het tweede en derde geval stemt overeen met een situatie waarbij een ongelijkmatige spreiding van de sneeuwval is veroorzaakt doordat bijvoorbeeld een groot pak sneeuw van de windzijde van een zadeldak naar de lijzijde wordt verplaatst.

Zo ook worden door de norm belastingssituaties opgelegd voor:

- Platte daken
- Lessenaars daken,
- Geschakelde daken.

De verschillende belastingssituaties met bijhorende vormfactoren zijn terug te vinden in de norm

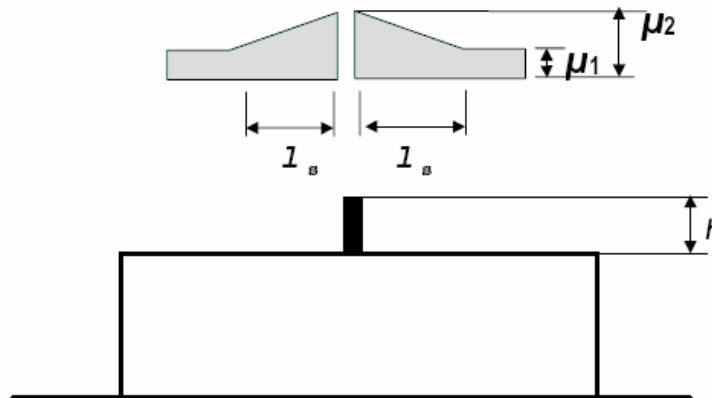
2.1.5 Lokale effecten

2.1.5.1 Driftsneeuw bij muuropstanden en obstakels

Door toedoen van de wind kan er zich sneeuw ophopen nabij muuropstanden en obstakels. De vormcoëfficiënten van de sneeuwbelasting en de driftlengtes moeten als volgt worden bepaald:

$$\mu_1 = 0,8 \text{ en } \mu_2 = \frac{\gamma \cdot h}{s_k} \text{ met } 0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0 \cdot l_s$$

Hierin is γ het soortelijk gewicht van sneeuw dat voor deze berekening met 2kN/m^3 kan worden gelijkgesteld.



Figuur 8: Sneeuwbelastingvormcoëfficiënt ter hoogte van uitspringende delen en obstakels (EN 1991-1-3 Figuur 6.1)

2.1.5.2 Overhangende sneeuw aan een dakrand

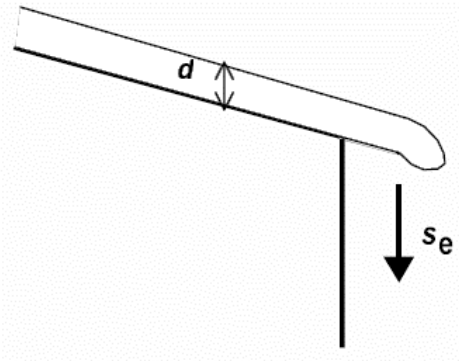
De belastingen die met overhangende sneeuw gepaard gaan, worden verondersteld om op de rand van het dak in te werken en dienen als volgt te worden berekend:

$$s_e = k \cdot \mu_i^2 \cdot \frac{s_k^2}{\gamma}$$

Hierin is:

- μ_i een vormcoëfficiënt die rekening houdt met de helling en de vorm van het dak
- k een coëfficiënt die de onregelmatige vorm van de overhangende sneeuw in rekening brengt
- s_e de sneeuwbelasting per meter breedte te wijten aan overhangende sneeuw [kN/m]
- s_k de sneeuwbelasting op de grond

De waarde voor k wordt gegeven in de nationale bijlage. Slechts voor die gebieden die hoger gelegen zijn dan 800m boven de zeespiegel, dient met overhangende sneeuw rekening gehouden te worden. Zo behoeft overhangende sneeuw in Nederland niet te worden beschouwd.



Figuur 9: Overhangende sneeuw aan een dakrand (EN 1991-1-3 Figuur 6.2)

Zoals uit bovenstaande tekening blijkt is de belasting ten gevolge van overhangende sneeuw een verticale belasting welke aangrijpt op de rand van het dak.

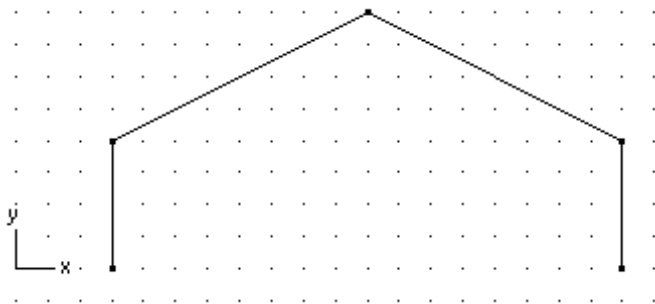
2.1.6 Voorbeelden

2.1.6.1 Voorbeeld 1

Aan de hand van onderstaand voorbeeld, doorloopt u de werking van de sneeuwlastgenerator. Op het einde vindt u tevens enkele speciale voorbeeldfiguren zodat u de mogelijkheden en de precisie kan zien van de sneeuwlastgenerator van 1•2•Build.

Vooreerst moet men weten dat de sneeuwlastgenerator maar beschikbaar is na het selecteren van een aantal staven die in een zelfde verticaal vlak liggen.

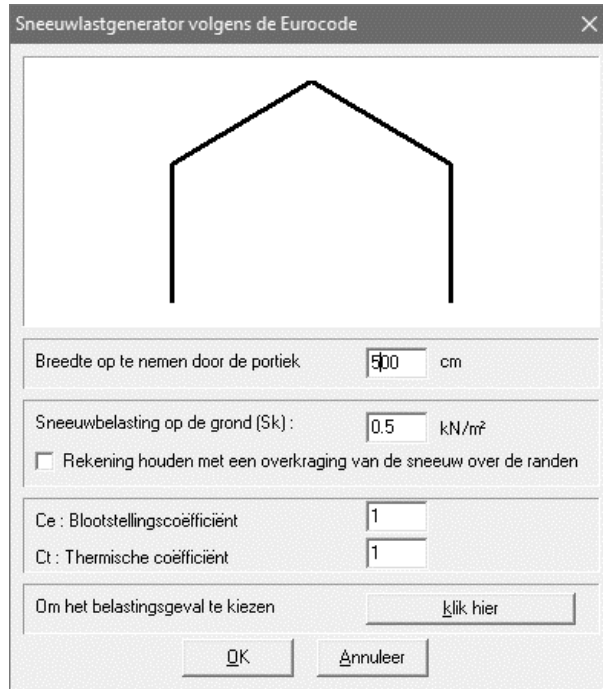
Teken dit onderstaand portiek.



- Kolomhoogte: 5m
- Totale hoogte: 8m
- Portiekbreedte: 10m
- Spantafstand: 5m

Activeer het Lastenpalet, plaats u in de groep van een der sneeuwlasten die voorzien werden en selecteer de volledige omtrek van de constructie.

Het icoontje  voor de sneeuw wordt geactiveerd. Klik het aan. Vervolgens verschijnt volgend dialoogvenster:



1•2•Build hertekent de omtrek die u geselecteerd heeft, zodat u er zich van kan vergewissen of dit de juiste omtrek is.

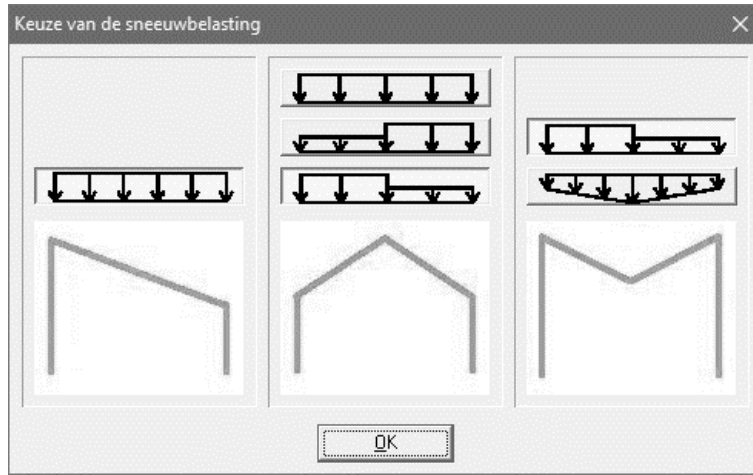
Op de eerste lijn geeft u op hoeveel de breedte van het besneeuwde oppervlak bedraagt (loodrecht op het vlak van de portiek) dat dient opgenomen te worden door de portiek. Normaal wordt voor een eindportiek de helft van de afstand tussen 2 portieken genomen en voor de andere portieken de volledige afstand ertussen. Bij verschillende tussenafstand met de vorige en de volgende portiek, wordt de gemiddelde tussenafstand genomen. **In dit voorbeeld gebruikt u een breedte van 5 meter.**

De sneeuwlast op de grond s_k moet manueel gekozen worden om toe te laten dat het gebruik van de sneeuwlastgenerator met de Eurocode toepasbaar is in zoveel mogelijk landen. We verwijzen hiervoor naar §2.1.2 van dit document of bijlage A van de Eurocode.

Eurocode 1 voorziet een extra last op de rand (zie §2.1.5.2) om rekening te houden met overhangende sneeuw. U bent vrij om al dan niet met deze last rekening te houden door de optie aan of uit te vinken. **We houden in dit voorbeeld geen rekening met deze extra last.**

De thermische en blootstellingscoëfficiënt worden normaal gelijk genomen aan 1. Om rekening te houden met bijzondere situaties, kan u deze waarden vrij invoeren.

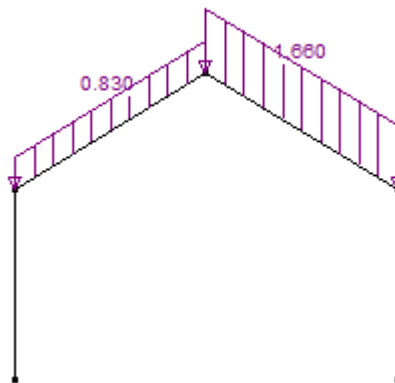
Tenslotte heeft u op de laatste lijn een knop die toelaat om het dialoogvenster te laten verschijnen voor de keuze van de belastingsituatie. Als u daarop klikt, krijgt u volgend dialoogvenster:



Kies voor elk type dakvorm de gewenste belastingssituatie. Voor meer complexere dakvormen bepaalt 1•2•Build aan de hand hiervan de belastingssituatie die het dichtst bij uw wensen ligt.

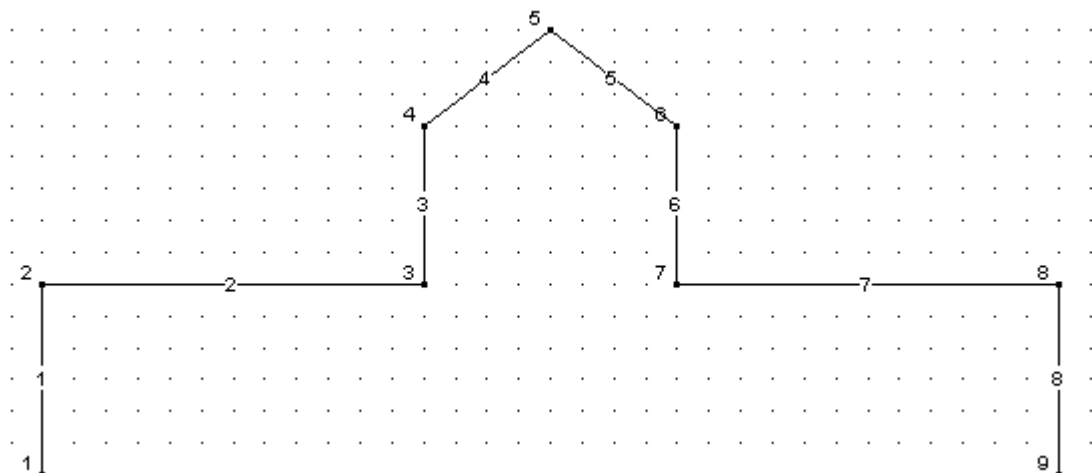
Enmaals de belastingssituaties gekozen zijn, klikt u op de knop 'OK'. U komt dan terug in het dialoogvenster van de sneeuwlastgenerator terecht waar u eveneens op de knop 'OK' drukt.

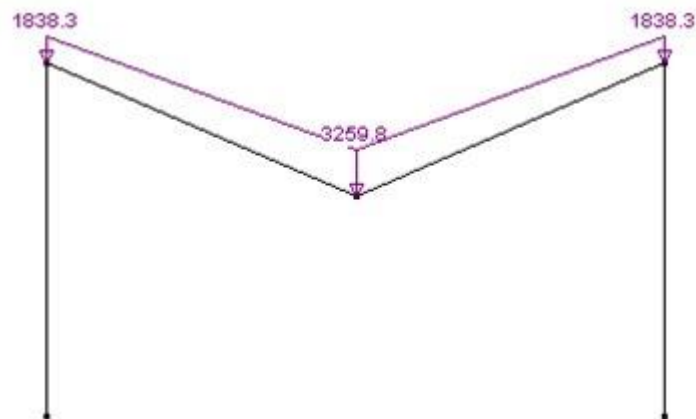
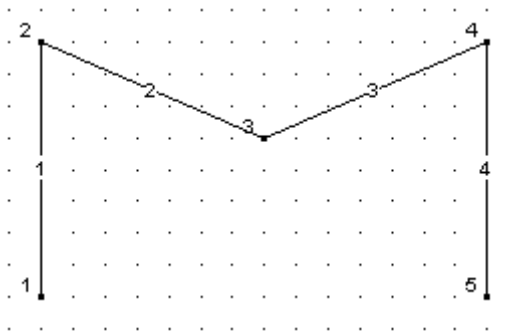
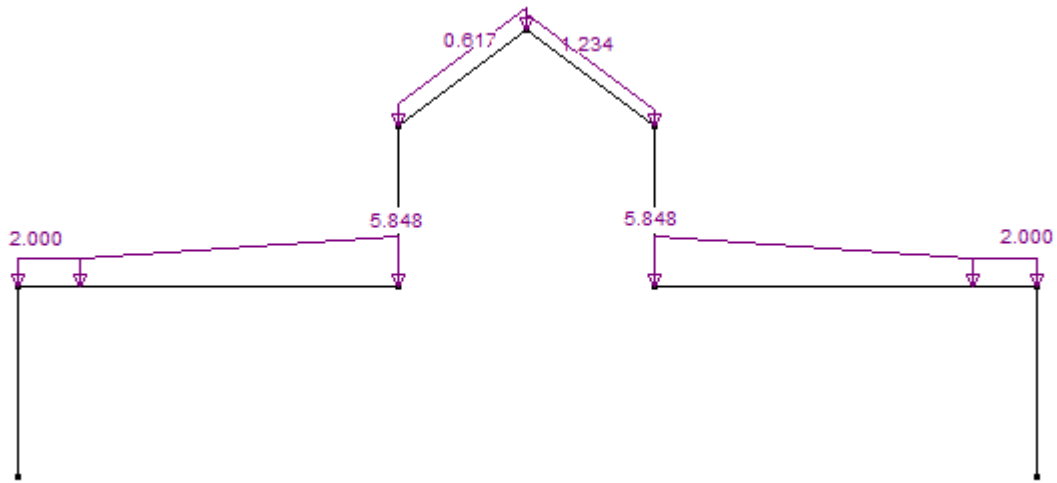
Als u de hierboven gegeven waarden gebruikt voor de parameters, dan bekomt u volgende resultaten (uitgedrukt in kN/m):



2.1.6.2 Andere voorbeelden

Hieronder vindt u de resultaten van andere omtrekken waarvoor de parameters op dezelfde manier ingesteld zijn als in het eerste voorbeeld.





2.2 Volgens NEN 6702

2.2.1 Inleiding

Deze nota helpt u om lasten op een structuur aan te brengen veroorzaakt door de sneeuw volgens de norm NEN 6702. Deze handleiding vervangt geenszins de norm. Het is dan ook ten zeerste aanbevolen de norm zelf ook door te nemen, om beter te begrijpen wat u precies kan doen met de sneeuwmodule in 1•2•Build.

Het dient gezegd dat de sneeuwlastgeneratoren in 1•2•Build nauw aanleunen bij de normen of regels, wat het begrip en het gebruik vergemakkelijken. U kan zonder probleem de gang van de in te voeren gegevens volgen a.d.h.v. de normteksten waarop zij betrekking hebben.

2.2.2 Algemeen

2.2.2.1 Sneeuwlast op de grond P_{sn}

De sneeuwlast op de grond P_{sn} is de referentiewaarde die genomen zal worden om de invloed van de sneeuw te bepalen op alle vlakken van een constructie.

De sneeuwlast op de grond wordt bepaald door de geografische ligging en de hoogte.

Voor Nederland bedraagt deze sneeuwlast op de grond $0,7\text{kN/m}^2$. Niettemin laat 1•2•Build u toe een andere waarde te specificeren.

2.2.2.2 De sneeuwlast op daken

De sneeuwbelasting op een dakoppervlak wordt gegeven door:

$$P_{rep} = C_i \cdot P_{sn}$$

De coëfficiënt C_i is afhankelijk van de vorm van het dak. 1•2•Build berekent deze factor geheel automatisch. We verwijzen hiervoor naar bijlage B van de norm NEN 6702.

2.2.2.3 Belastingsgevallen

De norm voorziet verschillende belastingsgevallen waaraan de constructie moet weerstaan. Deze belastingsgevallen zijn sterk afhankelijk van de windrichting. Zo kunnen sneeuwhoeveelheden zich eventueel verplaatsen op het dak bij aanwezigheid van wind. Het is bijgevolg niet onlogisch dat asymmetrische oplossingen worden bekomen bij het genereren van de sneeuwlast.

Bovendien voorziet de norm dat C_i in sommige gevallen mag gereduceerd worden.

2.2.2.4 Opmerking

De sneeuwlastgenerator is niet van toepassing voor gewelven of koepels. Voor dit type daken berekent 1•2•Build de sneeuwlast zonder rekening te houden met de windrichting.

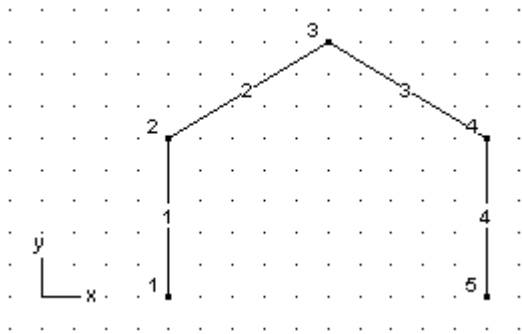
2.2.3 Voorbeelden

2.2.3.1 Voorbeeld 1

We overlopen de werking van de sneeuwlastgenerator aan de hand van een voorbeeld. De voorbeeldfiguren op het einde van de handleiding geven u een beeld over de mogelijkheden en de precisie van deze generator.

Vooreerst moet men weten dat de sneeuwlastgenerator slechts beschikbaar is na het selecteren van een aantal staven die in een zelfde verticaal vlak liggen.

Teken bijvoorbeeld. de volgende omtrek.



- Hoogte kolom: 5m
- Breedte spant: 10m
- Hoogte nok: 8m

Ga naar het venster Lasten en plaats u in de groep van een der sneeuwlasten die voorzien werden en selecteer de volledige omtrek van de constructie.

Het icoontje  voor de sneeuw wordt geactiveerd. Klik het aan. Vervolgens verschijnt volgend dialoogvenster:

1•2•Build hertekent de omtrek die u geselecteerd heeft, zodat u er zich van kan vergewissen of dit de juiste omtrek is.

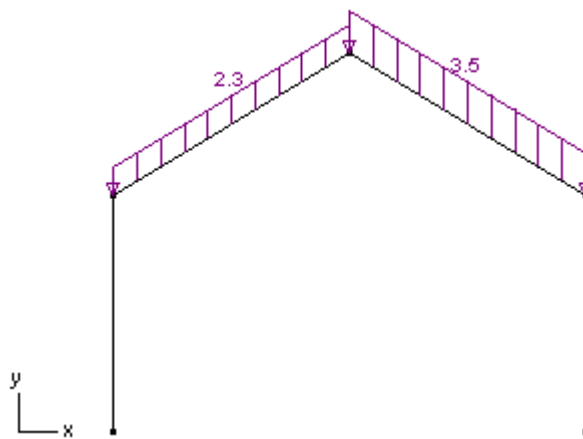
In de eerste lijn definieert u de sneeuwbelasting op de grond P_{sn} . Indien u niet beschikt over nauwkeuriger gegevens dan neemt u de default waarde aan.

Duidt al dan niet aan of de constructie is blootgesteld aan de wind.

Vervolgens noteert u de breedte van het besneeuwde oppervlak (loodrecht op het vlak van de portiek) dat dient opgenomen te worden door de portiek. In normale omstandigheden neemt men voor een eindportiek de helft van de afstand tussen 2 portieken en voor de andere portieken de volledige afstand ertussen. Bij verschillende tussenafstand met de vorige en de volgende portiek, wordt de gemiddelde tussenafstand genomen.

Kies tot slot de windrichting. Bedenk dat beide richtingen moeten worden geverifieerd. Indien u het dialoogvenster op identieke wijze hebt ingevuld, bekomt u de volgende resultaten in

kN/m:



2.2.3.2 Andere voorbeelden

Hieronder vindt u de resultaten van andere omtrekken waarvoor de parameters op dezelfde manier ingesteld zijn als in het eerste voorbeeld.

