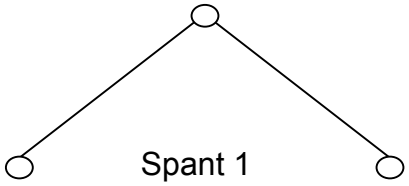
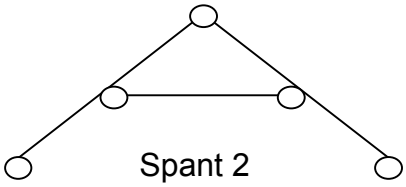
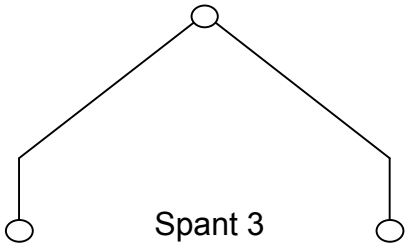
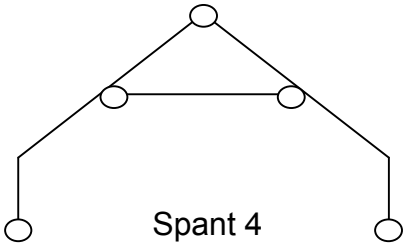
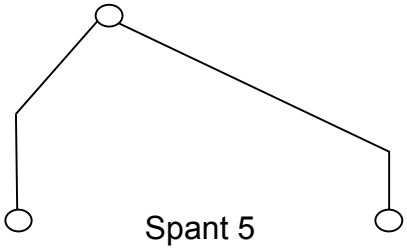
Kapspanten-uitgangspunten

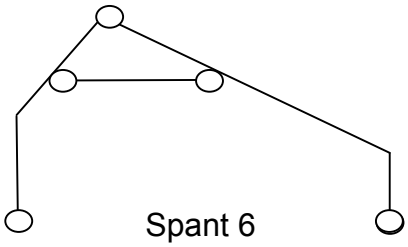












ir J.P. den Hollander
januari 2008

Inhoudsopgave

1 Inleiding & disclaimer 3
2 Geometrie & profielen 4
3 Constructieve randvoorwaarden & uitgangspunten 6
3.1 Onderbouw & fundering 6
3.2 Spatkracht ter plaatse van oplegging 7
3.3 Gevelconstructies tussen de spanten 9
3.4 Stabiliteit & evenwicht 11
3.5 Kniklengten en kiplengten 12
4 Belastingen & belastingcombinaties 16
4.1 Eigen gewicht 16
4.2 Permanente belasting dak 16
4.2.1 Houten sandwichpanelen 16
4.2.2 Stalen sandwichpaneel 17
4.2.3 Rieten dak 18
4.3 Permanente belasting tussenvloer 18
4.4 Veranderlijke belasting tussenvloer 18
4.5 Veranderlijke belasting sneeuw 19
4.6 Veranderlijke belasting wind 19
4.7 Veranderlijke belasting personen op het dak 20
4.8 Belastingcombinaties 21
5 Kostenbepaling 24
5.1 Details 24
5.2 Kostenmethodiek 26
6 Berekeningsblad 27
7 Webpagina's 31
Bijlage: Bepaling van de krachten in een driescharnierspant 33

1 Inleiding & disclaimer

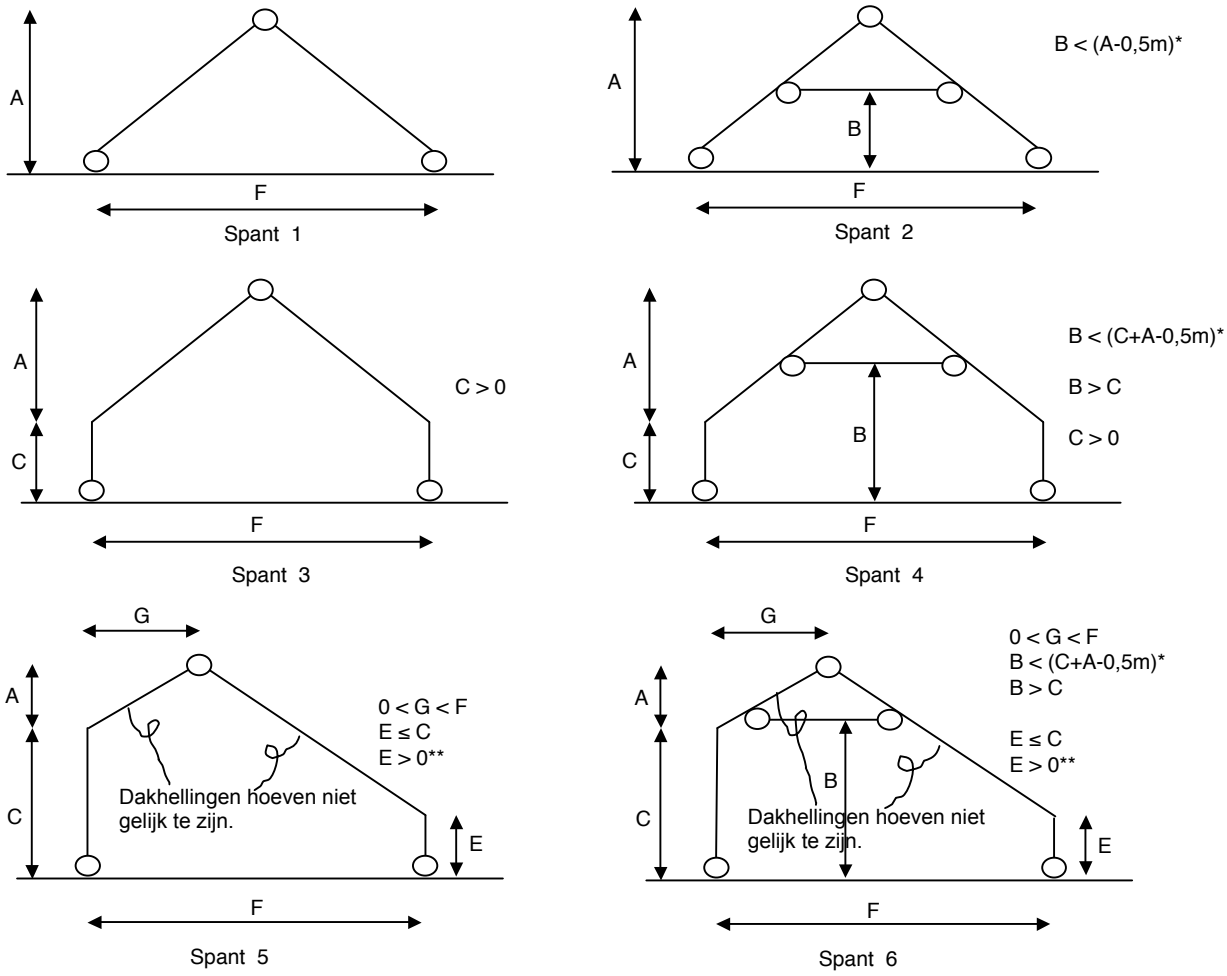
Het project kapspanten levert een website op die bezoekers op basis van een aantal invoerparameters (o.a. geometrie, windgebied en opbouw dak) de staalprofielen van het kapspant geeft inclusief de kosten van het spant en een berekening. Daarbij is de site gericht op spanten die in de woningbouw worden toegepast.

Dit document bevat de uitgangspunten en randvoorwaarden voor de site. De site geeft indicatieve resultaten op basis van een aantal specifieke uitgangspunten. Die worden in dit document vastgelegd. Het document is tot stand gekomen in samenwerking met ir H.M.G.M. Steenbergen van TNO (B&O) en vooraf beoordeeld en van commentaar voorzien door de volgende leden van BmS/TC8: prof. ir H.H. Snijder (TU/e) en de heer ing. A.D. van den Dool (IV-bouw en Industrie bv).

Disclaimer
Aan de totstandkoming van deze website is de uiterste zorg besteed. Desondanks zijn eventuele fouten en onvolkomenheden niet uit te sluiten. Bouwen met Staal sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze website hebben meegewerkt, elke aansprakelijkheid uit voor directe en indirecte schade, ontstaan door of verband houdende met de toepassing van deze website.
Doel van de website is de gebruiker een indicatie te geven van de kosten van de staalconstructie van het spant. Daarbij hoort een indicatieve constructieberekening van de staalconstructie. De gebruiker zal altijd zelf een constructeur in dienst moeten nemen die nauwkeurig de constructieve randvoorwaarden en uitgangspunten van het specifieke project bekijkt.

2 Geometrie & profielen

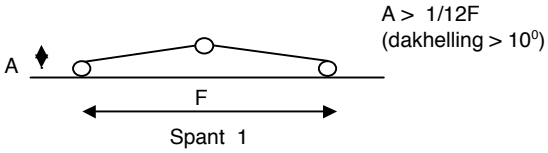
De geometrie is in principe niet gebonden aan maximale afmetingen. Het programma bepaalt een profiel voor de gevraagde afmetingen. Als de afmetingen te groot zijn en het zwaarste profiel de belasting niet kan dragen volgt de aanbeveling om de hart-op-hart afstand te verkleinen.
Een aantal maten mag elkaar niet overlappen. De site geeft dan een foutmelding tijdens de invoer. (zie onderstaande afbeelding).
Bij de symmetrische kapspanten 1 t/m 4 zijn de dakhellingen links en rechts gelijk omdat het programma de top altijd middenin legt. Bij de asymmetrische spanten 5 en 6 kan de dakhelling links en rechts verschillend zijn. In principe zijn er ook asymmetrische varianten van de spanten 1 en 2 mogelijk. Daar deze minder voorkomen focussed de site op de symmetrische spanten 1 en 2.



* Een zolder met een kleinere hoogte dan 0,5 m is niet realistisch
** Als E=0 ontstaat een nieuw spanttype; omdat deze minder voorkomen focussed de site op de spanttypen 5 en 6.

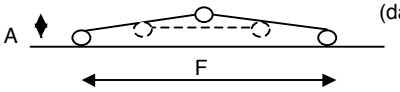
Afb. Geometrie met maten die elkaar niet mogen overlappen.

Verder wordt het toepassingsgebied beperkt tot hellende daken.



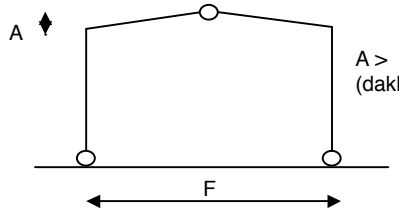
A > 1/12F
(dakhelling > 10^0)

Spant 1



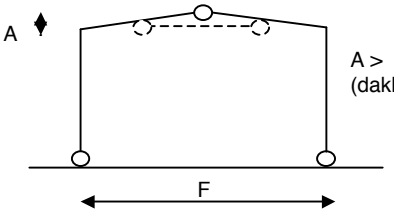
A > 1/12F
(dakhelling > 10^0)*

Spant 2



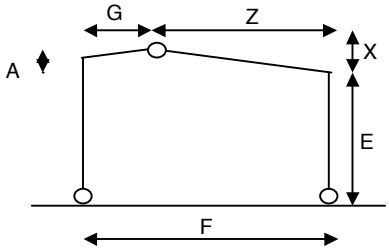
A > 1/12F
(dakhelling > 10^0)

Spant 3



A > 1/12F
(dakhelling > 10^0)*

Spant 4

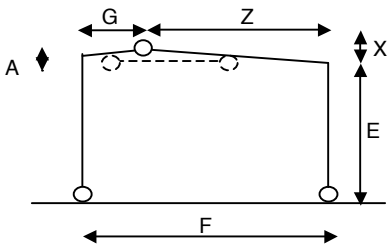


A > 1/6G
(dakhelling > 10^0)

<u>en</u>

Z > 1/6X
(dakhelling > 10^0)

Spant 5



A > 1/6G
(dakhelling > 10^0)*

<u>en</u>

Z > 1/6X
(dakhelling > 10^0)*

Spant 6

* Als de zolderhoogte te klein wordt (lager dan 0,5 m) dan zijn de gevallen voor spant 2,4 en 6 niet realistisch.

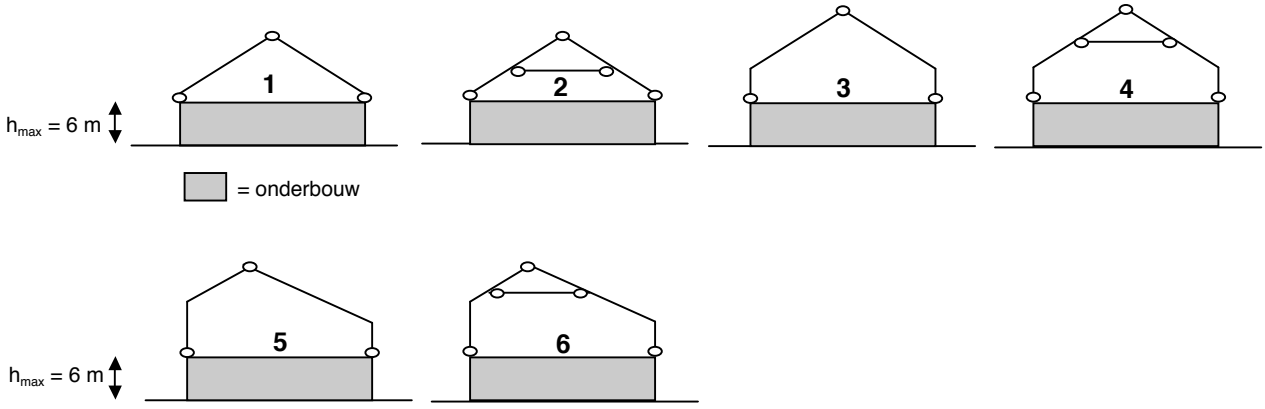
Afb. Een plat dak invoeren is niet mogelijk.

De profielen voor het kapspant zijn een IPE, HEA of een HEB profiel in staalsoort S235. De gebruiker kan zelf een voorkeur aangeven. Als de gebruiker geen voorkeur heeft voor een profieltype wordt een IPE profiel gekozen.
De gebruiker kan de hart-op-hart afstanden van de spanten zelf ingeven. De maximale hart-op-hart afstand is afhankelijk van het gekozen daksysteem (zie paragraaf 4.2).

3 Constructieve randvoorwaarden & uitgangspunten

3.1 Onderbouw & fundering

Het spant kan op een onderbouw staan of direct op de fundering. Uitgangspunt is dat de fundering en de onderbouw de krachten uit het kapspant over kunnen dragen. De site geeft de oplegreacties van het kapspant op de onderbouw en/of fundering. De gebruiker van deze site zal er zelf zorg voor moeten dragen dat deze belastingen door de onderbouw/fundering kunnen worden afgedragen.
De gebruiker kan een hoogte van de onderbouw opgeven. De hoogte van de onderbouw is maximaal 6 m. Zo kan een woning met twee lagen voorzien worden van een kap. De site is specifiek bedoeld voor woningbouw en vandaar de beperking in de hoogte van de onderbouw.



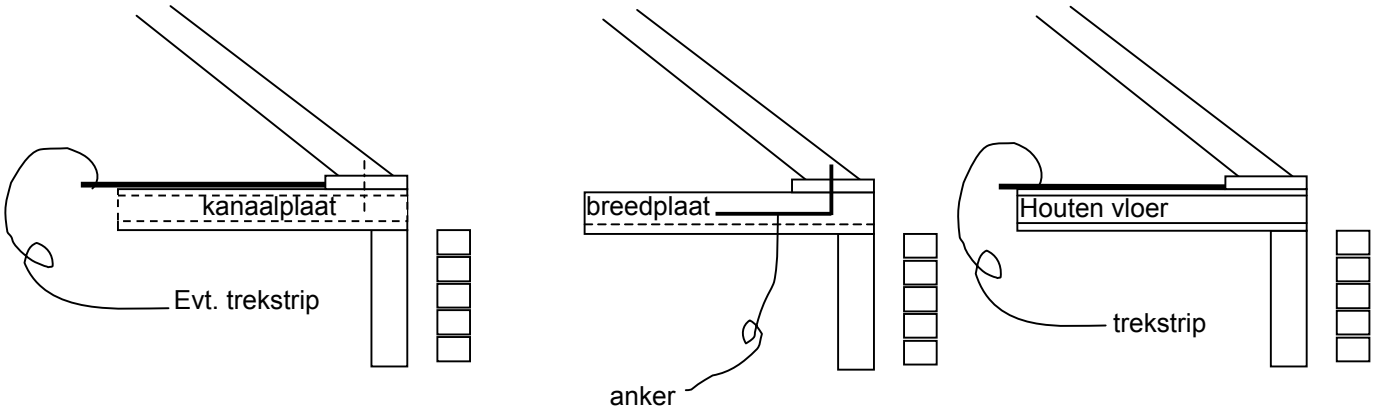
Afb. Kapspant op onderbouw of fundering



Afb. Gebouw Castalia in Den Haag. Kapspant op toren van 80 m. Dit kapspant valt buiten het bereik van de website kapspanten. Daarnaast typische voorbeelden van kapspanten die met de website kunnen worden berekend.

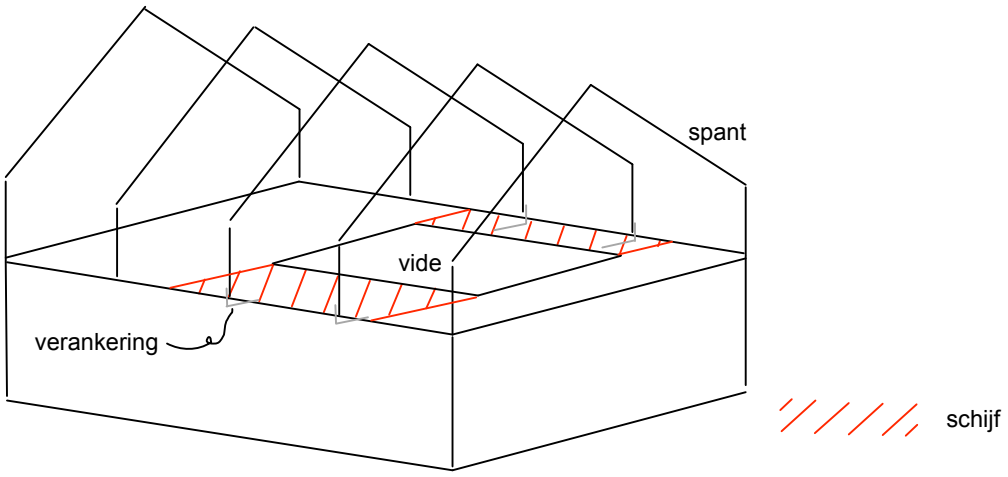
3.2 Spatkracht ter plaatse van oplegging

Het dakspant heeft spantbenen die (deels) schuin lopen. Dit resulteert in een horizontale reactie ter plaatse van de oplegging. Ook bij de geometrieën met een verticaal spantbeen ontstaan spatkrachten ten gevolge van de verticale belasting. Verder geeft windbelasting een horizontale reactie aan de voet van het spantbeen.
Uitgangspunt is dat het spant op de verdiepingsvloer staat. Hoe de spatkracht in het voetdetail wordt overgedragen is afhankelijk van het type vloer (zie afbeelding).



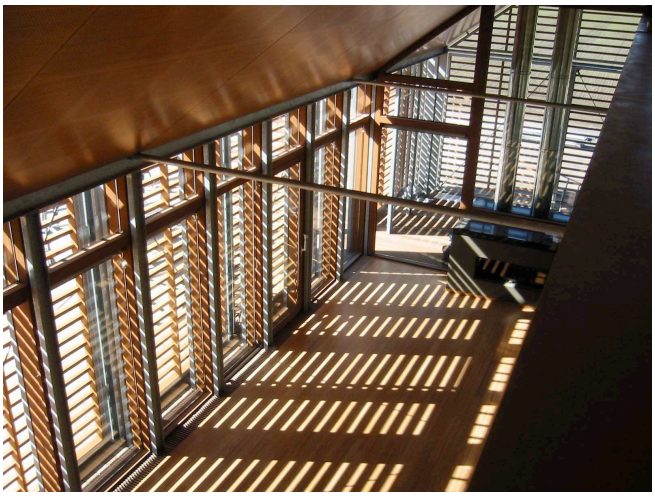
Afb. Voorbeelden van opname horizontaalkracht aan de voet van het spantbeen.

De gebruiker moet aan de leverancier van de kanaalplaten vragen of de kanaalplaat de horizontale reactie kan opnemen. Als dit niet het geval is moet een trekstrip die beide spantbenen koppelt zorgen voor de opname van de horizontale belasting.
Het plaatsen van een stalen spant op een houten vloer wordt afgeraden omdat de vloer zelf de horizontale reactie niet kan opnemen. Als het huis een vide heeft moet de horizontale reactie door schijfwerking in de vloer worden opgenomen (zie onderstaande afbeelding). De vloervelden tussen vide en gevel vormen dan een horizontale ligger die de kracht afdraagt naar de dichte vloervelden aan de zijkant. Bij de spanten ter plaatse van volledig dichte vloervelden kan de vloer de horizontale reactie opnemen al dan niet met een trekstrip (afhankelijk van het vloersysteem).



Afb. De horizontale reactie (als gevolg van verticale belasting) bij de spanten ter plaatse van de vide wordt opgenomen door schijfwerking in de vloer.

Als het vloerveld tussen vide en gevel de horizontaalkracht niet op kan nemen kan een trekstang tussen de opleggingen worden aangebracht (zie foto).



Afb. Een trekstang door de vide als de vloer de horizontale reactie niet op kan nemen.

3.3 Gevelconstructies tussen de spanten

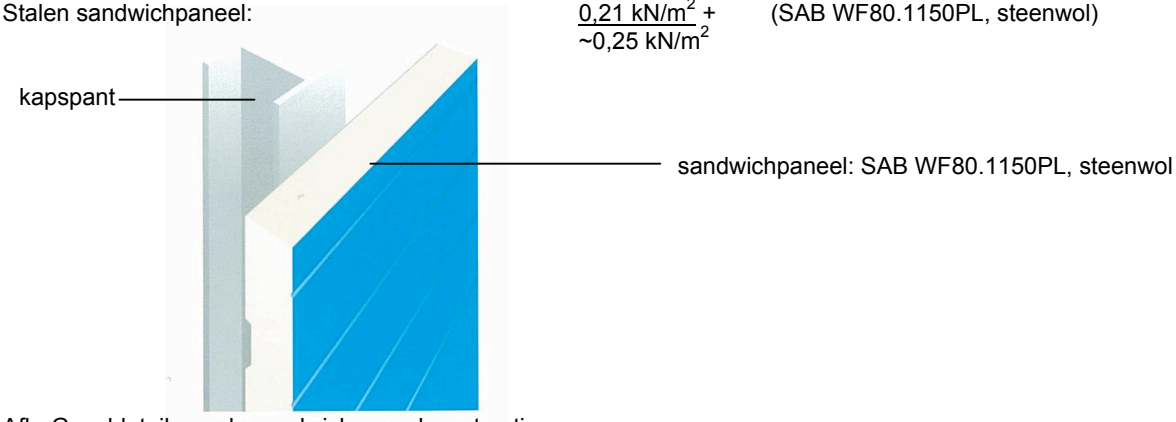
Deze paragraaf geldt alleen voor de spanttypen drie, vier, vijf en zes omdat deze een verticaal spantbeen hebben. De gebruiker kan kiezen uit verschillende opbouwen van de gevel tussen de spanten. Afhankelijk van de opbouw van de gevel zal er wel of geen verticale belasting op het spantbeen komen.

Gevelopbouw zonder verticale belasting op het spantbeen
Aangenomen wordt dat steenachtige constructies als metselwerk en gasbeton blokken tussen het verticale deel van de spantbenen staan, die niet aan de spanten hangen of op de spanten rusten. Ditzelfde geldt voor houten wandjes. De belasting wordt afgedragen op de onderliggende constructie.

Gevelopbouw met verticale belasting op het spantbeen
De ontwerper kan ook kiezen voor een opbouw met een binnendoosconstructie of een sandwichpaneel. Dan draagt de gevel op het verticale spantbeen. Hieronder volgt de belasting per vierkante meter op het spantbeen.

Belasting gevel met sandwichpanelen
Permanente belasting

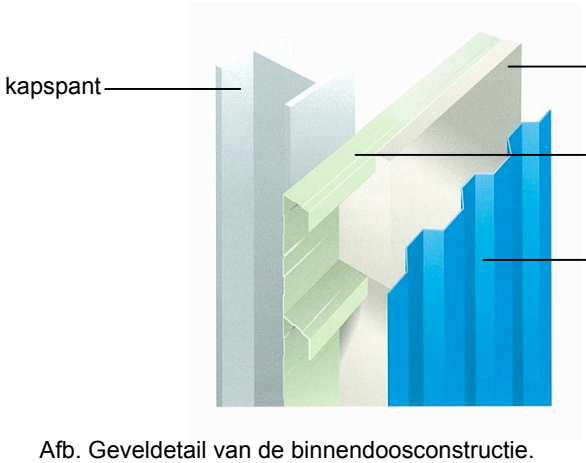
Stalen sandwichpaneel:	0,21 kN/m^2 +	(SAB WF80.1150PL, steenwol)
	~0,25 kN/m^2	



Afb. Geveldetail van de sandwichpaneelconstructie.

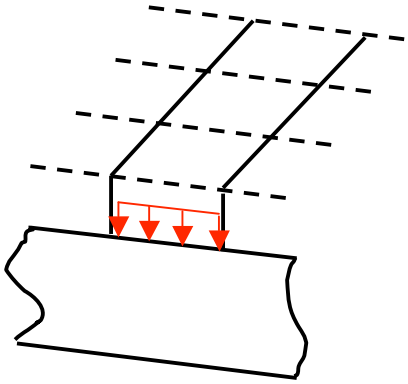
Belasting gevel met binnendoosconstructie
Permanente belasting

binnendoos:	0,088 kN/m^2	(SAB B90/500 met t=0,75 mm)
isolatie:	0,065 kN/m^2	(Rockwool 209DUO, t=130mm. 50 kg/m^3)
omegaprofiel:	0,01 kN/m^2	(zie opmerking)
buitenplaat:	0,07 kN/m^2 +	(SAB 30KD 1050 met t=0,75 mm)
	~0,25 kN/m^2	

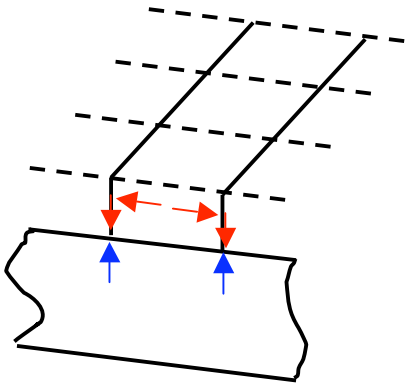


Afb. Geveldetail van de binnendoosconstructie.

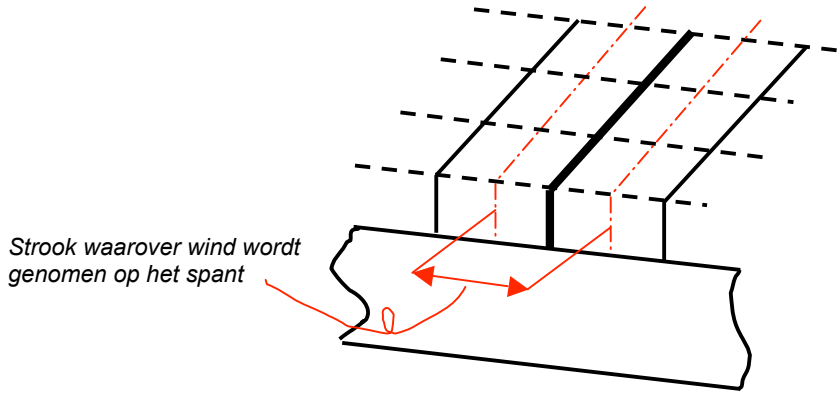
Opmerking omegaprofiel:
Standaard wordt bij deze constructie geen omegaprofiel meegenomen. De buitenbeplating zit dan direct op de binnendoos en loopt verticaal. Als de architect vanwege esthetische redenen toch horizontale buitenbeplating wil kan hij verticale omegaprofielen op de binnendozen monteren en daarop de buitenbeplating horizontaal bevestigen.



Verticaal
Gevelconstructies tussen de spanten;
bijvoorbeeld metselwerk, gasbetonblokken



Verticaal
Gevelconstructies bevestigd aan de spanten;
sandwichpanelen en binnendoosconstructies



Wind

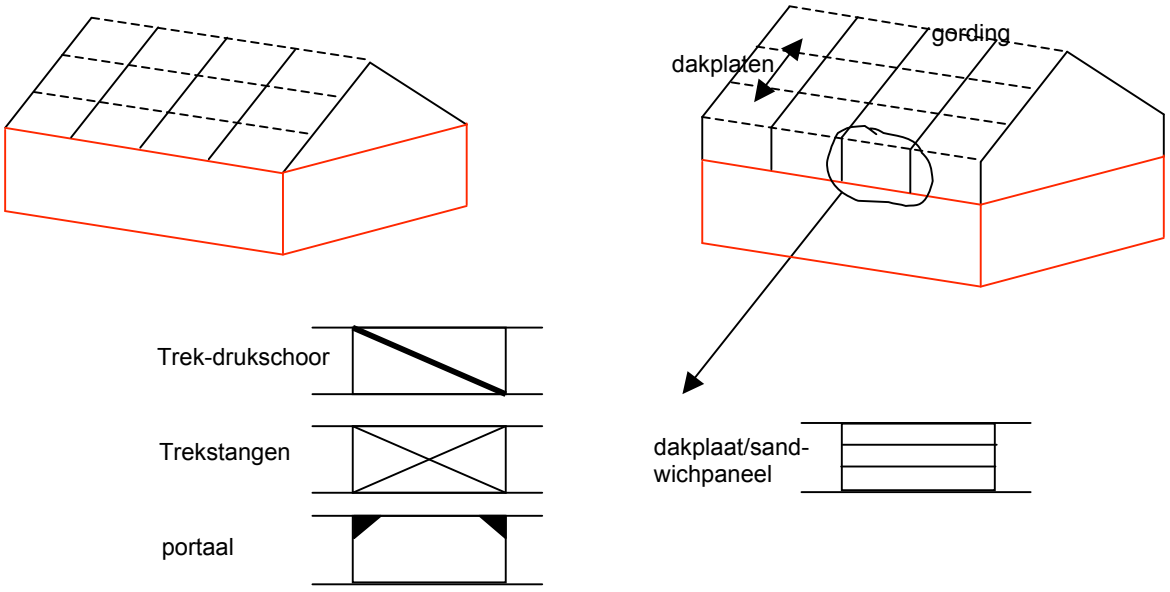
Afb. Afdracht belasting gevelconstructies: verticaal en wind.

De horizontale belasting loodrecht op het geveloppervlak wordt in alle gevallen afgedragen op het rechte spantbeen van het spant. Omdat een middenspant wordt berekend, krijgt het spant de windbelasting van één volledig stramien (= twee halve stramienen).

3.4 Stabiliteit & evenwicht

Uitgangspunt is dat in de onderbouw (rood) voldoende stabiliteitselementen aanwezig zijn. De kapspanten zijn in hun vlak stabiel en hebben bij de voetoplegging scharnierende verbindingen die de horizontale krachten overdragen op de vloerconstructie. Deze scharnierende verbinding kan tegelijk de spatkracht uit de verticale belasting van het kapspant afdragen op de vloer. Eventueel kan een trekstang deze functie vervullen. Dan draagt de verbinding alleen de horizontale krachten af.

De sandwichpanelen/dakplaten vormen een dakschijf die de kapspanten in het schuine vlak steunt. De kapspanten met een verticale kolom hebben hier een aandachtspunt. Tussen de verticalen zal een schijfvormig element (bijv. een windverband) de kapspanten moeten schoren. Het is ook mogelijk om de sandwichpanelen/dakplaten door te zetten op het verticale gedeelte. Ook daar kunnen ze als stabiliteitselement dienen. Wel moet aandacht besteed worden aan de bevestiging van de sandwichpanelen/dakplaten, onderling en aan de kapspanten, als ze als schijf moeten werken.



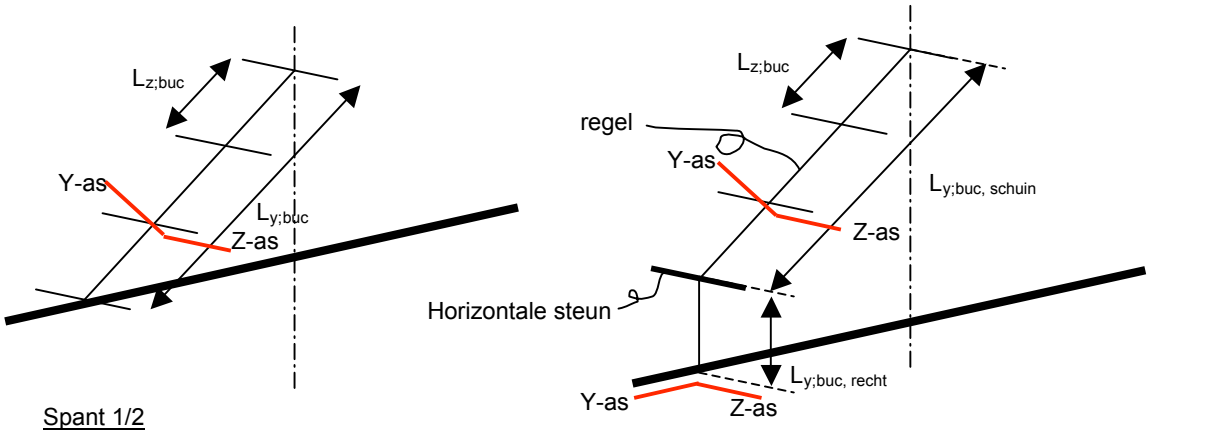
Afb. Standzekerheid kapspanten

3.5 Kniklengten en kiplengten

Kniklengten

De kniklengten in het vlak van het spant zijn voor de spanten met en zonder tussenvloer gelijk omdat het spant niet zijdelings gesteund wordt. De kniklengte $L_{y;buc}$ is gelijk aan de lengte van het spantbeen voor de spanten 1 en 2. De berekening van de kniklengte $L_{y;buc}$ voor de spanten 3/4/5/6 wordt bepaald volgens onderstaande publicatie:

Knicklängenbeiwerte für Zweigelenkrahmen met Druckkräften im Riegel
Der Stahlbau 2, 1982, blz 41-43
Rieckmann, H-P



Spant 1/2
$L_{y;buc}$ = lengte spantbeen
$L_{z;buc}$ = 2 m

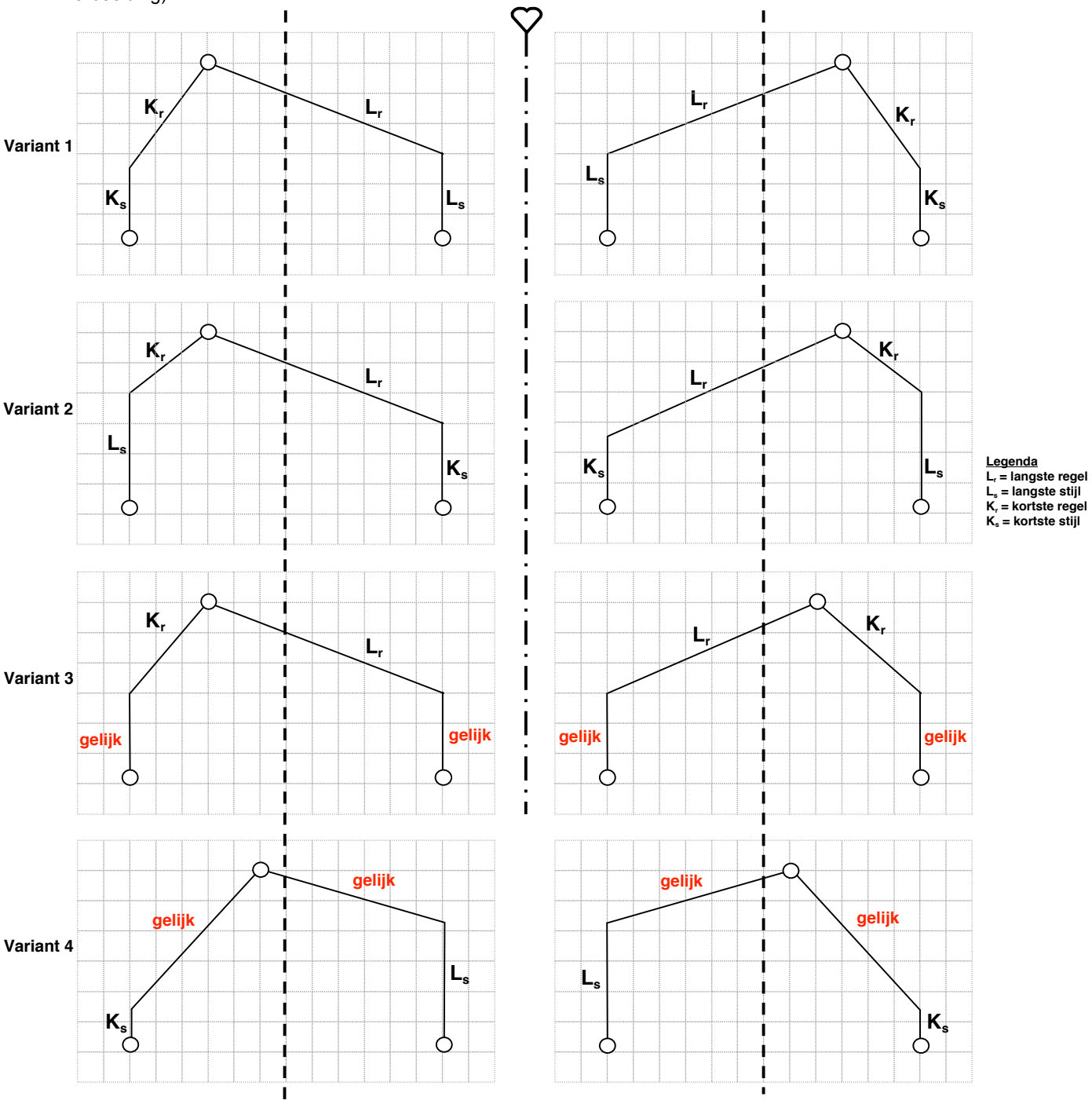
Spant 3/4/5/6
$L_{y;buc, schuin}$ en $L_{y;buc, recht}$ = volgens Duitse publicatie
$L_{z;buc}$ = 2 m

Afb. Overzicht van de kniklengten van de spanten.

De kniklengte $L_{z;buc}$ wordt door het programma altijd 2 m genomen. Dit houdt in dat de gordingen maximaal 2 m uit elkaar mogen liggen (zie §4.2.1, §4.2.2, §4.2.3).

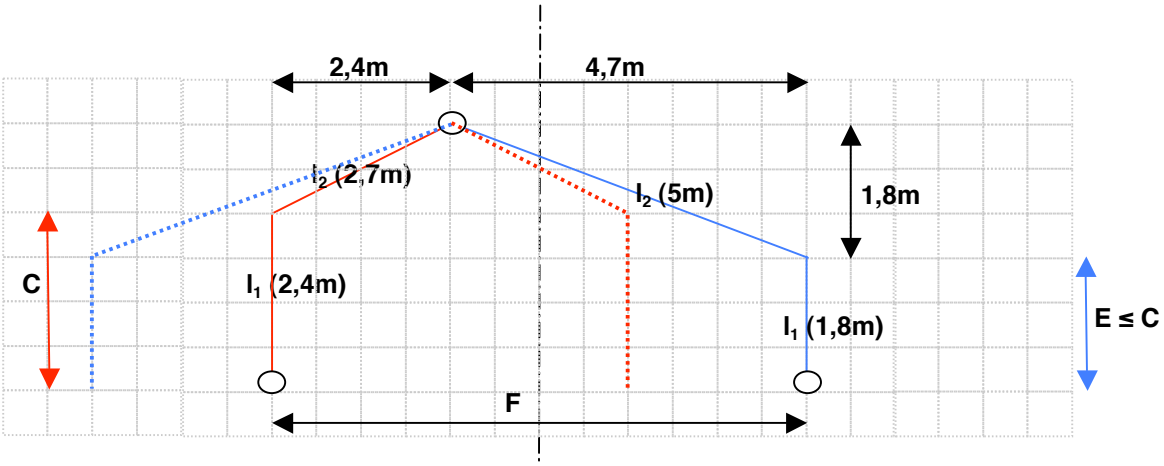
Spanten 5 en 6

Spanten 5 en 6 hebben een asymmetrische doorsnede. De methode van Rieckmann is in principe niet voor deze spanten bedoeld. Beschreven wordt de aanpak voor spant 5 maar het principe is bij spant 6 hetzelfde. Bekeken wordt wat de langste stijl is (L_s) en de langste regel (L_R). Daarnaast is er een variant mogelijk waarbij de stijlen even lang zijn en een variant waarbij de regels even lang zijn. Rekening houdend met de uitgangspunten voor de invoer van de geometrie (hoofdstuk 2) zijn er in principe 8 vormen van het spant waarbij vier varianten in feite hetzelfde zijn omdat ze gespiegeld zijn (zie afbeelding).



Afb. De verschillende vormen van spant 5 voor de knikberekening in het vlak van het spant.

Hierna een voorbeeldberekening van de bepaling van de kniklengte van variant 2. Bij de andere varianten werkt de kniklengteberekening hetzelfde. De kniklengte wordt benaderd door elke helft symmetrisch te spiegelen (blauw gestippeld en rood gestippeld). Vervolgens rekent het programma twee keer twee kniklengtes uit voor het spant. Daaruit bepaalt het programma dan de maatgevende kniklengte voor het schuine en voor het rechte spantbeen als de grootste van de twee berekende waarden.
Omdat de Duitse publicatie de kniklengte bepaalt op basis van de verhoudingen van lengten en krachten is het mogelijk een vergelijking te maken door met een belasting q te werken. Zie voor de bepaling van de krachten de bijlage.



Afb. Spant 5, variant 2, geschematiseerd voor knikbepaling met maten l_1 en l_2

Blauwe spant volgens Duitse publicatie:

$$\delta = \frac{I_1}{I_2}\frac{l_2}{l_1} = \frac{l_2}{l_1} = \frac{5}{1{,}8} = 2{,}8$$ ($I_1 = I_2$ want het profiel voor stijl en regel is hetzelfde)

$$\gamma = \sqrt{\delta \frac{N_2}{N_1}\frac{l_2}{l_1}} = \sqrt{2{,}8\,\frac{4{,}6}{4{,}7}\,\frac{5}{1{,}8}} = 2{,}8$$

Voor de bepaling van N_1 en N_2 zie de bijlage. De vermenigvuldigingsfactoren worden nu (zie bijlage):

Stijl: 4,345*1,8 = 7,82 m (maatgevend ten opzichte van het rode spant)
Regel: 1,649*5 = 8,25 m

Rode spant volgens Duitse publicatie:

$$\delta = \frac{I_1}{I_2}\frac{l_2}{l_1} = \frac{l_2}{l_1} = \frac{2{,}7}{2{,}4} = 1{,}1$$ ($I_1 = I_2$ want het profiel voor stijl en regel is hetzelfde)

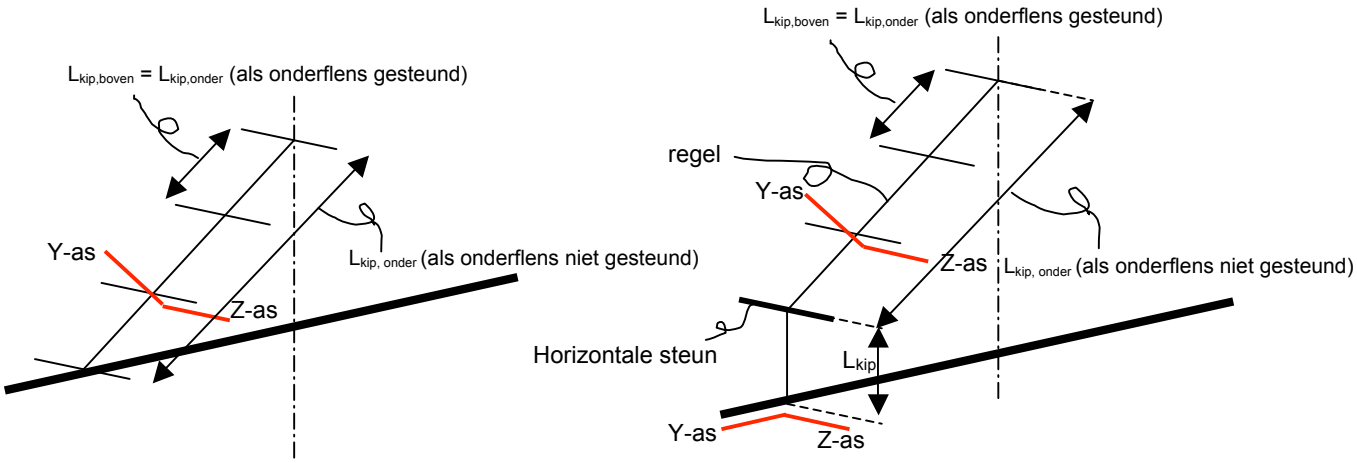
$$\gamma = \sqrt{\delta \frac{N_2}{N_1}\frac{l_2}{l_1}} = \sqrt{1{,}1\,\frac{1{,}8}{2{,}4}\,\frac{2{,}7}{2{,}4}} = 0{,}96$$

Voor de bepaling van N_1 en N_2 zie de bijlage. De vermenigvuldigingsfactoren worden nu (zie bijlage):

Stijl: 2,984*2,4 = 7,16 m
Regel: 2,984*2,7 = 8,06 m (maatgevend ten opzichte van het blauwe spant)

Kiplengten

Voor de kiplengte (L_{kip}) van de regel wordt door het programma standaard 2 m aangehouden voor zowel de bovenflens als de onderflens. Dit houdt in dat de gordingen maximaal 2 m uit elkaar mogen liggen (zie §4.2.1, §4.2.2 en §4.2.3). Bij een dak met stalen sandwichpanelen en koudgevormde gordingen (zie §4.2.1) wordt de onderflens van het spant niet gesteund door de gordingen. Bij opwaartse belasting wordt de onderflens echter wel op druk belast. Het programma houdt dan de lengte van de regel aan als kiplengte. Voor de spanten 3/4/5/6 is het uitgangspunt dat het spant ter plaatse van de knik een horizontale steun heeft (zie de afbeelding hieronder).



Spant 1/2

$L_{kip,boven}$ = 2 m (bovenflens)
$L_{kip,onder}$ = 2 m (onderflens, indien gesteund)
$L_{kip,\ onder}$ = lengte regel (onderflens, indien ongesteund)

Spant 3/4/5/6

$L_{kip,boven}$ = 2 m (bovenflens)
$L_{kip,onder}$ = 2 m (onderflens, indien gesteund)
$L_{kip,\ onder}$ = lengte regel (onderflens, indien ongesteund)

Afb. Overzicht van de kiplengten van de spanten.

De kiplengte van de stijl (L_{kip}) is altijd gelijk aan de lengte. Dit geldt voor zowel boven- als onderflens.

4 Belastingen & belastingcombinaties

4.1 Eigen gewicht

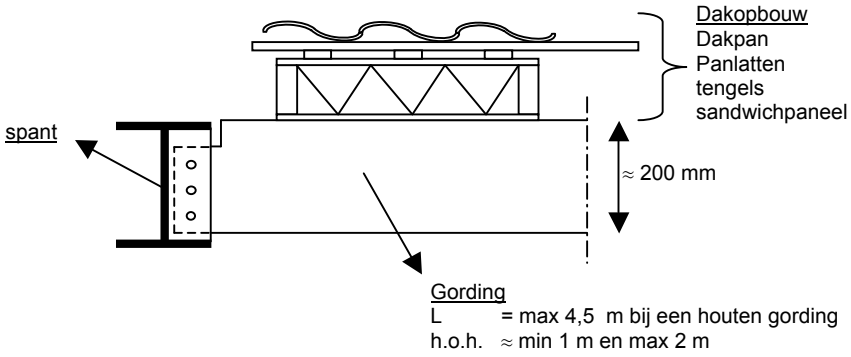
Het eigen gewicht van het spant wordt berekend door het programma.

4.2 Permanente belasting dak

Het principe is een gordingenkap waarbij tussen de spanten horizontaal gordingen lopen. Voor het dakpakket zijn verschillende opties. De gegeven opbouw van het dak in de volgende paragrafen is bedoeld om de permanente belasting op het spant te bepalen.

4.2.1 Houten sandwichpanelen

Bij een dakopbouw van pannen op sandwichpanelen wordt uitgegaan van houten gordingen (zie afbeelding).



Afb. Dakopbouw met houten sandwichpanelen.

Belasting dak met houten sandwichpanelen

Permanente belasting

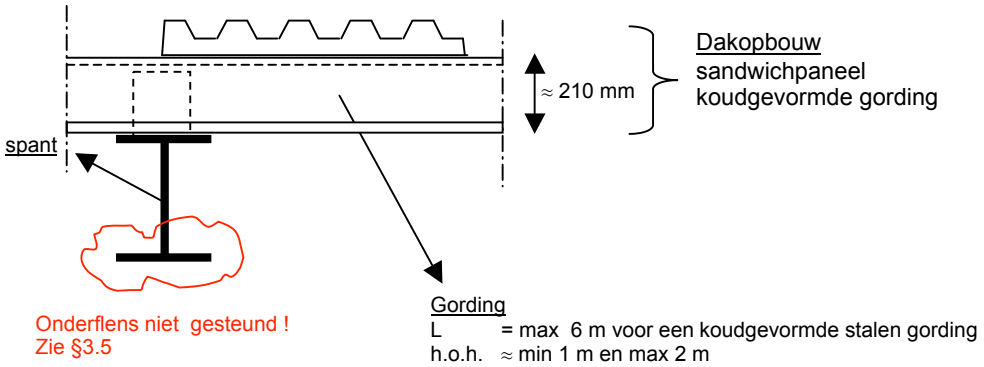
Gewone pannen:	0,48 kN/m^2	(gewone pannen NEN6702:2001, Tabel C.2)
Houten sandwichpaneel:	0,23 kN/m^2	(Unidek)
Houten gordingen:	0,12 kN/m^2	(219x69 mm en 800 kg/m^3)
	0,83 kN/m^2	



Afb. Kapspanten met houten gordingen tussen de spanten (restaurant Roosendaal).

4.2.2 Stalen sandwichpaneel

Bij een dakopbouw met stalen sandwichpanelen wordt uitgegaan van koudgevormde gordingen.



Afb. Dakopbouw stalen sandwichpanelen.

Belasting dak met stalen sandwichpanelen

Permanente belasting

Stalen sandwichpaneel:	0,12 kN/m^2	(SAB D65.1000TL, PUR)
Koudgevormde gordingen:	0,08 kN/m^2	(Z210, t=2,5 = 7,28 kg/m^1)
	0,2 kN/m^2	

Opgemerkt dient te worden dat deze belastingopbouw ook zal voldoen voor een stalen dak met trapeziumvormige dakplaten zonder isolatie. In het geval van een woonhuis zal dit zelden voorkomen.

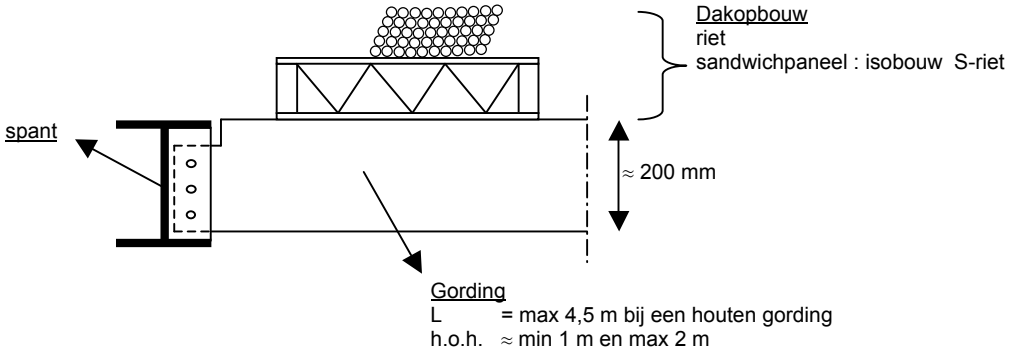


Afb. Kapspant met koudgevormde gordingen voor een boerenschuur.

Bovenstaande foto laat specifiek een schuur zien met een spant dat in de hoeken voorzien is van een coupe. De spanten berekend door de site zien er anders uit en dienen voor een andere functie (wonen). Het positioneren van de gordingen is echter gelijk.

4.2.3 Rieten dak

Bij een rieten dak wordt uitgegaan van sandwichpanelen op houten gordingen.



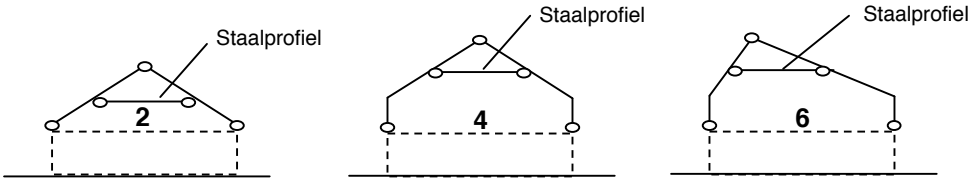
Afb. Dakopbouw met h.o.h. afstand spanten en h.o.h. afstand gordingen.

Belasting dak met rietbedekking
Permanente belasting

riet:	0,45 kN/m^2	(www.riet.nl)
Houten sandwichpaneel:	0,12 kN/m^2	(Isobouw S-riet en 12 kg/m^2)
Houten gordingen:	0,12 kN/m^2	(219x69 mm en 800 kg/m^3)
	0,69 kN/m^2	

4.3 Permanente belasting tussenvloer

Kapspanten 2,4 en 6 hebben een tussenvloer. De tussenvloer wordt gedragen door het staalprofiel dat tussen de spantbenen loopt. Een houten balklaag spant tussen de kapspanten en rust op dit staalprofiel.



Afb. Positie van de tussenvloer bij kapspanten 2, 4 en 6

Belasting tussenvloer
Permanent

Belasting voor lichte scheidingswanden	:	0,5
Houten balklaag + beschot + plafond	:	0,6 +
		1,1 kN/m^2

4.4 Veranderlijke belasting tussenvloer

Er kunnen twee belastingen optreden. Welke is afhankelijk van de randvoorwaarden. Als de hoogte tot in de nok > 2,2 m is en de tussenvloer is met een trap bereikbaar, dan geldt ‘woonhuis’, anders ‘zolder’.

woonhuis:	:	1,75 +	
		1,75 kN/m^2	met ψ = 0,4
zolder:	:	0,7 +	
		0,7 kN/m^2	met ψ = 0,7

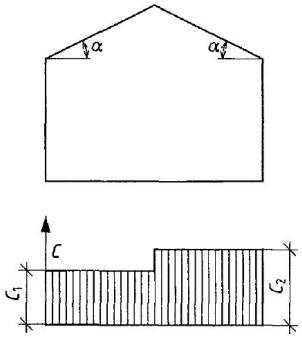
Deze veranderlijke belasting is conform NEN6702:2001, tabel 7.

4.5 Veranderlijke belasting sneeuw

De veranderlijke belasting sneeuw die op het dak aangrijpt wordt bepaald volgens NEN6702:2001. De softwaremodule rekent een hoek α uit op basis van de ingegeven geometrie. Met deze hoek bepaalt de rekenmodule de sneeuwbelasting.

b) Zadeldak

$0° < \alpha \leq 15°$	$C_1 = C_2 = 0{,}8$
$15° < \alpha < 30°$	$C_1 = 0{,}8$
	$C_2 = 0{,}8 + 0{,}4 \left(\frac{\alpha - 15}{15} \right)$
$30° < \alpha < 60°$	$C_1 = 0{,}8 \left(\frac{60 - \alpha}{30} \right)$
	$C_2 = 1{,}2 \left(\frac{60 - \alpha}{30} \right)$
$\alpha \geq 60°$	$C_1 = C_2 = 0$



Afb. Bepaling van C_1 en C_2 afhankelijk van de dakhelling α volgens NEN6702:2001

Aangenomen wordt dat er geen aangrenzende bebouwing is waardoor sneeuwophoping plaats kan vinden.

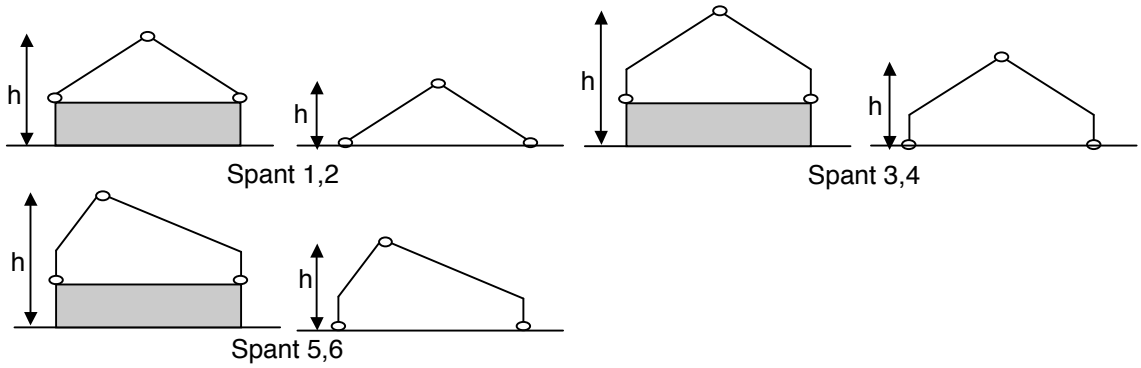
4.6 Veranderlijke belasting wind

Bepaling stuwdruk

De waarde van de stuwdruk p_w wordt bepaald volgens de formules uit bijlage A1 van NEN6702 omdat dit eenvoudiger is in een computerberekening.
Daarbij zijn twee invoerparameters nodig:

- De hoogte (h)
- De omgeving: bebouwd of onbebouwd

De hoogte (h) berekent het programma op basis van de ingevoerde geometrie volgens de wijze uit onderstaande afbeelding.



Afb. Principe bepaling hoogte (h) voor het berekenen van de stuwdruk.

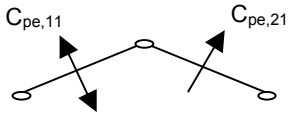
Het computerprogramma houdt rekening met de voorwaarden gegeven aan het eind van Bijlage A.1 na bepaling van de stuwdruk volgens de formules uit bijlage A1 van NEN6702. Dit houdt in dat voor bebouwde omgeving de stuwdruk voor h<9 m gelijk is aan de stuwdruk voor h=9 m en dat de stuwdruk voor onbebouwde omgeving voor h<9 m tenminste gelijk is aan de stuwdruk bij bebouwd.
Verder geldt dat, als de waarde voor de stuwdruk bij hoogte h voor bebouwd hoger is dan voor onbebouwd, de waarde van onbebouwd wordt aangehouden.
De tweede ingangsparameter voor de formules is de omgeving: onbebouwd of bebouwd. Als de gebruiker het niet precies weet dan geeft de site aan dat de veilige optie is om onbebouwd te kiezen.

Windvormfactoren
De windvormfactoren worden bepaald volgens figuur A.7 van NEN6702. Afhankelijk van de hoek α berekent het programma C_{pe}. Als $25 \leq \alpha \leq 40$ dan worden twee situaties bekeken: *druk* + *zuiging* en *druk* + *druk*. Daarbuiten geldt één situatie.

$0 < \alpha < 25$ en $\alpha > 40$

Druk/zuiging

$0 < \alpha < 25$	->	$C_{pe,11} = -0{,}7$
$40 < \alpha < 50$	->	$C_{pe,11} = 0{,}02\alpha - 0{,}2$
$\alpha > 50$	->	$C_{pe,11} = 0{,}8$



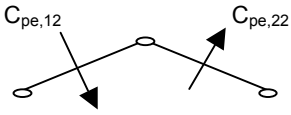
zuiging

$0 < \alpha \leq 10$	->	$C_{pe,21} = -0{,}7$
$10 < \alpha < 25$	->	$C_{pe,21} = 0{,}015\alpha - 0{,}85$
$\alpha > 40$	->	$C_{pe,21} = -0{,}4$

$25 \leq \alpha \leq 40$

druk

$25 \leq \alpha \leq 40$	->	$C_{pe,12} = 0{,}02\alpha - 0{,}2$



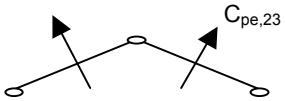
zuiging

$25 \leq \alpha \leq 30$	->	$C_{pe,22} = 0{,}015\alpha - 0{,}85$
$30 < \alpha \leq 40$	->	$C_{pe,22} = -0{,}4$

en

zuiging

$25 \leq \alpha \leq 30$	->	$C_{pe,13} = -0{,}7$
$30 < \alpha \leq 40$	->	$C_{pe,13} = 0{,}02\alpha - 1{,}3$



zuiging

$25 \leq \alpha \leq 30$	->	$C_{pe,23} = 0{,}015\alpha - 0{,}85$
$30 < \alpha \leq 40$	->	$C_{pe,23} = -0{,}4$

Afb. Bepaling van de windvormfactor C_{pe} afhankelijk van de dakhelling α.

Bij de factor C_{pe} wordt overdruk (+0,3) opgeteld of onderdruk afgetrokken (-0,3). De kap wordt namelijk beschouwd als gesloten en heeft geen dominante openingen. Dit is conform NEN6702:2001; 8.6.4.4.

Overige windfactoren
De bepaling van de representatieve windbelasting is volgens onderstaande formule:

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

De factoren C_{dim}, C_{eq} en $Ø_1$ worden allemaal op 1 gesteld. De bepaling van p_w en C_t ($=C_{pe,xx}$) is hierboven beschreven.

4.7 Veranderlijke belasting personen op het dak

Volgens NEN6702:2007 §8.2.5 moet lokaal rekening gehouden worden met een belasting op daken van personen. Dit is een belasting die bedoeld is om in beperkte mate opslag van materialen voor onderhoud en reparatie van het dak mogelijk te maken. Deze belasting is volgens de toelichting op 8.2.5.2 van NEN6702:2007 in het algemeen niet maatgevend voor de onderconstructie (lees: het kapspant) omdat het oppervlak waarover deze belasting werkt beperkt wordt. De gebruiker zal voor met name kleine spanten een eigen toetsing moeten (laten) maken voor dit specifieke belastinggeval.

4.8 Belastingcombinaties

De belastingcombinaties worden in het programma ingegeven. Het programma berekent altijd deze belastingcombinaties en genereert zelf geen combinaties. Daarbij is de referentieperiode 50 jaar en geldt veiligheidsklasse 3 zodat de veiligheidsfactor voor de veranderlijke belasting 1,5 bedraagt. Woningbouw kan ook in veiligheidsklasse 2 vallen. Veiligheidshalve is voor deze ontwerpberekening uitgegaan van veiligheidsklasse 3 en een momentaan factor 1 voor alle veranderlijke belastinggevallen omdat het een ontwerpberekening betreft. De basis wordt gevormd door de onderstaande belastinggevallen:

Belastinggevallen:

EG	= eigen gewicht spant	§4.1
PB_{dak}	= permanente belasting uit dakopbouw	§4.2
PB_{vloer}	= permanente belasting uit tussenvloer	§4.3
VB_{vloer}	= veranderlijke belasting op de tussenvloer	§4.4
VB_{sneeuw}	= veranderlijke belasting uit sneeuw	§4.5
VB_{wind}	= veranderlijke belasting uit wind	§4.6

Afhankelijk van de hellingshoek α van het dak levert windbelasting 1 of 2 combinaties. In onderstaande combinaties is dat dan of variant a of variant b + c. Belastingcombinaties zijn inclusief belastingfactoren:

Uiterste grenstoestand

zonder tussenvloer

FC1	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$	+	$1,5VB_{sneeuw}$				
FC2a*	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$	+	$1,5VB_{wind,\ d/z+z}$				
FC2b*	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$	+	$1,5VB_{wind,\ d+z}$				
FC2c*	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$	+	$1,5VB_{wind,\ z+z}$				
FC3a*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$	+	$1,5VB_{wind,\ d/z+z}$				
FC3b*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$	+	$1,5VB_{wind,\ d+z}$				
FC3c*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$	+	$1,5VB_{wind,\ z+z}$				
FC4	:	1,35EG	+	$1,35PB_{dak}$						

* deze combinatie wordt berekend met overdruk en wordt berekend met onderdruk

met tussenvloer

FC5.1	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$	+	$1,2PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$				
FC5.2	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$	+	$1,2PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{sneeuw}$		
FC5.3	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$	+	$1,2PB_{vloer}$	+		+	$1,5VB_{sneeuw}$		
FC5.4	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$	+	$0,9PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$				
FC5.5	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$	+	$0,9PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{sneeuw}$		
FC5.6	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$	+	$0,9PB_{vloer}$	+		+	$1,5VB_{sneeuw}$		
FC6a*	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$	+	$1,2PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{wind,\ d/z+z}$		
FC6b*	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$	+	$1,2PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{wind,\ d+z}$		
FC6c*	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$	+	$1,2PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{wind,\ z+z}$		
FC7a*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$	+	$0,9PB_{vloer}$			+	$1,5VB_{wind,\ d/z+z}$		
FC7b*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$	+	$0,9PB_{vloer}$			+	$1,5VB_{wind,\ d+z}$		
FC7c*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$	+	$0,9PB_{vloer}$			+	$1,5VB_{wind,\ z+z}$		
FC8a*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$	+	$0,9PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{wind,\ d/z+z}$		
FC8b*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$	+	$0,9PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{wind,\ d+z}$		
FC8c*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$	+	$0,9PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{wind,\ z+z}$		
FC9	:	1,35EG	+	$1,35PB_{dak}$	+	$1,35PB_{vloer}$						

* deze combinatie wordt berekend met overdruk en wordt berekend met onderdruk

De windbelasting $VB_{wind,\ xxxx}$ wordt bepaald volgens §4.6. Afhankelijk van de dakhelling α geldt combinatie a ($0<\alpha<25$ en $\alpha>40$) of combinatie b en combinatie c ($25\leq\alpha\leq40$). Dit geldt voor alle combinaties met windbelasting.

NEN6702:2007, artikel 8.2.5.2.: Belasting ten gevolge van reparatie en onderhoud
Deze belasting is volgens de toelichting op 8.2.5.2 van NEN6702:2007 in het algemeen niet maatgevend voor de onderconstructie. De gebruiker zal voor met name kleine spanten een eigen toetsing moeten (laten) maken voor dit specifieke belastinggeval (zie ook §4.7).

Bruikbaarheidsgrenstoestand
zonder tussenvloer

IC1	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$ +	$1,0VB_{sneeuw}$	
IC2a	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$ +	$1,0VB_{wind,d/z+z}$	
IC2b	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$ +	$1,0VB_{wind,d+z}$	
IC2c	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$ +	$1,0VB_{wind,z+z}$	
IC3	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$		

* deze combinatie wordt berekend met overdruk en wordt berekend met onderdruk

met tussenvloer

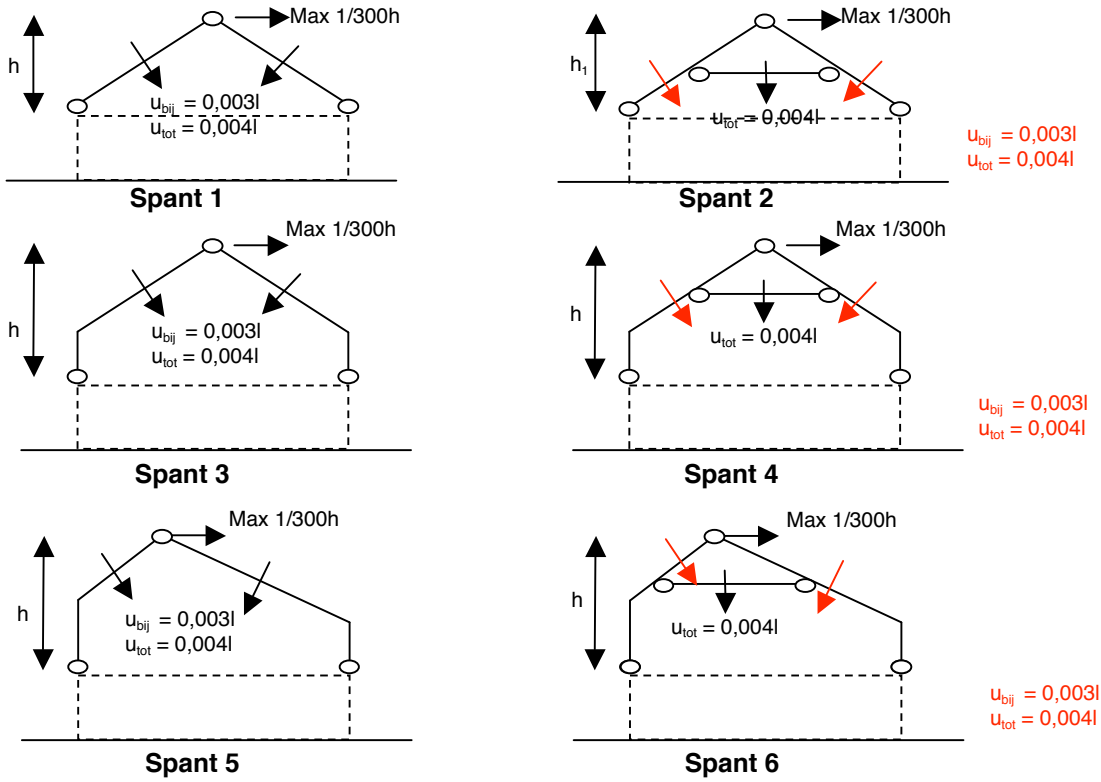
IC1	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$ +	$1,0PB_{vloer}$	+	$1,0VB_{vloer}$	+	$1,0VB_{sneeuw}$
IC2	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$ +	$1,0PB_{vloer}$	+		+	$1,0VB_{sneeuw}$
IC2a*	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$ +	$1,0PB_{vloer}$	+	$1,0VB_{vloer}$	+	$1,0VB_{wind,d/z+z}$
IC2b*	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$ +	$1,0PB_{vloer}$	+	$1,0VB_{vloer}$	+	$1,0VB_{wind,d+z}$
IC2c*	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$ +	$1,0PB_{vloer}$	+	$1,0VB_{vloer}$	+	$1,0VB_{wind,z+z}$
IC3a*	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$ +	$1,0PB_{vloer}$	+		+	$1,0VB_{wind,d/z+z}$
IC3b*	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$ +	$1,0PB_{vloer}$	+		+	$1,0VB_{wind,d+z}$
IC3c*	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$ +	$1,0PB_{vloer}$	+		+	$1,0VB_{wind,z+z}$
IC4	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$ +	$1,0PB_{vloer}$				

* deze combinatie wordt berekend met overdruk en wordt berekend met onderdruk

Toetsingscriteria vervorming

De spanten 2,4 en 6 bestaan strikt genomen uit twee bouwlagen. Dan geldt, volgens NEN6702;artikel 10.3, dat de horizontale doorbuiging voor het geheel 1/500 mag bedragen en per bouwlaag 1/300. In deze berekening wordt de vervorming van de spanten 2,4 en 6, net als de vervorming van de spanten 1,3 en 5, getoetst aan 1/300 van hoogte h.

Voor de verticale doorbuiging van de verdiepingsvloer wordt aangenomen dat de vloer geen zeeg krijgt. In de volgende afbeelding een overzicht van de vervormingseisen voor de spanten.

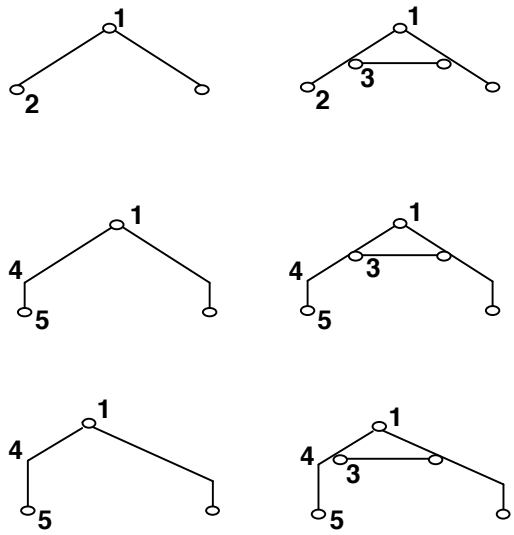


Afb. Toetsingscriteria vervorming horizontaal en verticaal.

5 Kostenbepaling

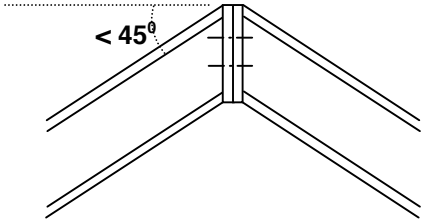
5.1 Details

Bij het bepalen van de kosten is het type detail van belang. De zes verschillende spanten hebben in principe vijf kenmerkende details. Deze staan aangegeven in onderstaande afbeelding.

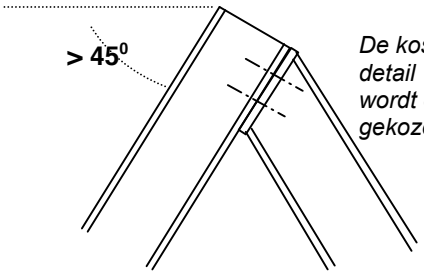


Afb. Overzicht van kapspanten met positie 5 details voor kostenbepaling.

De details in de volgende afbeelding worden in de praktijk veel toegepast voor een spant. Uiteraard zijn er projecten waar anders wordt gedetailleerd omwille van bijvoorbeeld esthetische redenen. Dat kan resulteren in hogere kosten. Ook kan het zijn dat een extreme geometrie of afmeting een specifiek of complex detail verlangt. Ook dan kunnen de kosten hoger zijn. In het algemeen kan gesteld worden dat de site een kostenindicatie geeft van het stalen spant op basis van onderstaande veel toegepaste details.

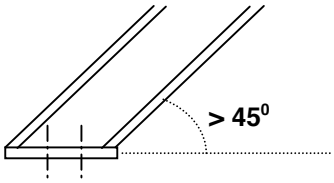


Detail 1a

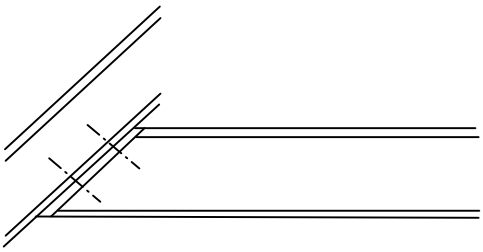


Detail 1b

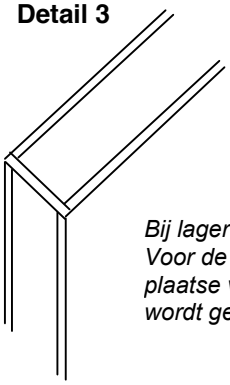
De kosten zijn gebaseerd op detail 1a. Als de hoek groter wordt dan 45^0 wordt vaak gekozen voor oplossing 1b.



Detail 2

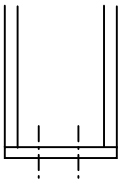


Detail 3



Bij lagere belasting is vaak geen plaat nodig tpv de knie. Voor de kostenberekening is uitgegaan van een plaat ter plaatse van de knie. Dit is conservatief. De kopplaat wordt gelast aan de beide spantbenen.

Detail 4



Detail 5

Afb. 5 principedetails van de spanten voor het bepalen van de kosten.

5.2 Kostenmethodiek

De kostenindicatie wordt bepaald met het “Australisch model” dat door Bouwen met Staal aangepast is op de Nederlandse markt. Daarbij bestaat de kostprijs van het spant uit materiaalkosten, fabricagekosten, montagekosten en kosten van de afwerking.

Uitgangspunten materiaalkosten
De profielen kunnen een IPE, HEA of HEB zijn. De prijs per kg van het profiel zelf is afhankelijk van het type profiel. Voor een volledige tabel met (actuele) kg prijzen wordt verwezen naar www.bouwenmetstaal.nl/kosten waar deze informatie is te downloaden.
De korting wordt gesteld op €350 per ton en de schroottoeslag op €111 per ton (prijspeil 1 november 2006). Voor de zaagkosten geldt een korting van 55%.
Gerekend wordt met het handelsgewicht van staal (de G8). Dit is 8000 kg/m^3 in plaats van de 7850 kg/m^3 die voor constructieve berekeningen wordt aangehouden. Voor bouten en moeren wordt €15 per ton constructie gerekend. Verder is de toeslag voor het materiaal van de kop- en voetplaten gesteld op 3% van het gewicht.

Uitgangspunten fabricagekosten
Het uurloon is €35 per uur. De fabricagekosten zijn afhankelijk van het gewicht van het profiel en het type detail (zie §5.1).

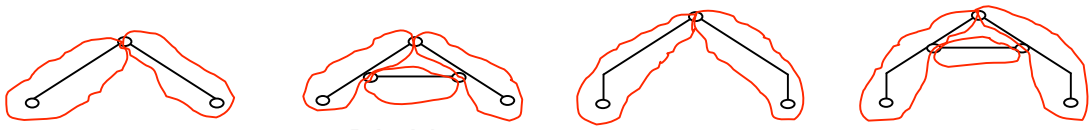
Uitgangspunten kosten van de afwerking
Het kapspant krijgt een 2-laags verfsysteem. Het spant wordt in een spuiterij gespoten. De afstand tot de bouwplaats is 100 km. Daarbij kan de vrachtwagen 20 ton laden en kost één vracht €350.

Uitgangspunten montagekosten
De montageploeg bestaat uit drie monteurs met een 30 tons kraan en twee hoogwerkers. Onderstaande tabel geeft de kosten van de montageploeg als deze één dag monteert.

	aantal	uur	Eenheidsprijs €/uur	Totaal
Monteurs	3	24	35	€840
Hoogwerker	2	16	15	€240
Kraan (30 ton)	1	8	55	€440
				€1520/dag

Tabel: Kosten van de montageploeg van het kapspant.

Deze ploeg kan een specifiek aantal delen per dag monteren afhankelijk van het gewicht. Hoe zwaarder het spant hoe minder delen per dag gemonteerd kunnen worden. Aangenomen wordt dat het spant in twee of drie delen gemonteerd wordt (zie afbeelding). Bepaald worden de montagekosten die bij 1 spant horen. Stel dat de montageploeg van het betreffende spant met bijbehorend gewicht er 15 kan monteren per dag dan zijn de montagekosten voor het spant ongeveer €100. Voor een volledige tabel met spantgewichten versus montageaantallen wordt verwezen naar www.bouwenmetstaal.nl/kosten waar deze achtergrondinformatie is te downloaden.



Afb. Het spant wordt in twee of drie delen gemonteerd.

Basis voor de kostprijsberekening is het gewicht van het profiel per m^1 en de lengte van het profiel.
Uit het rekenhart volgt het type profiel met bijbehorend gewicht per m^1. Dit leest Bouwen met Staal in, in een spreadsheet die vervolgens voor het spant de kostprijs bepaalt en dit bedrag teruggeeft aan de uitvoerpagina.

6 Berekeningsblad

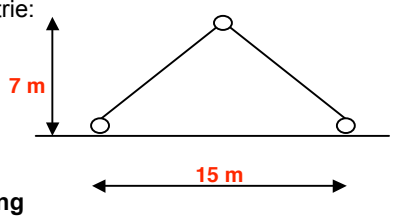
De inhoud van het berekeningsblad wordt aangegeven voor spantgeometrie 1. De toelichting is cursief. Het idee is om een minimale hoeveelheid informatie te laten zien maar wel dusdanig dat de berekening te volgen c.q. na te rekenen is.

Uitgangspunten en randvoorwaarden
Hier wordt verwezen naar dit rapport. Verder bevat het de disclaimer.

Invoer & geometrie
Het programma laat de ingevoerde gegevens kort en bondig zien:

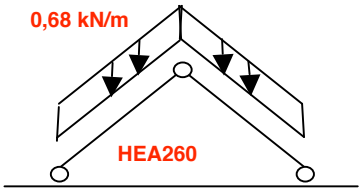
Invoer: Spantgeometrie 1
Windgebied II
Onbebouwd
Rieten dak
Hart-op-hart 2,41 m
Profiel: HEA serie

Geometrie:

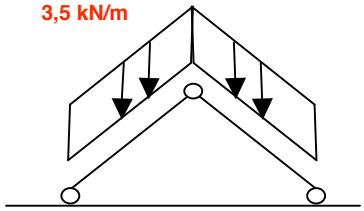


Belasting
Het programma geeft grafisch weer welke belastinggevallen zijn bepaald en wat de belasting is (zonder belastingfactoren) aan de hand van de geometrie en invoer. Daarmee kan de gebruiker snel zelf de berekening controleren. De waarden bij de plaatjes zijn niet berekend maar bedoeld ter illustratie. Zie ook paragraaf 4.7:

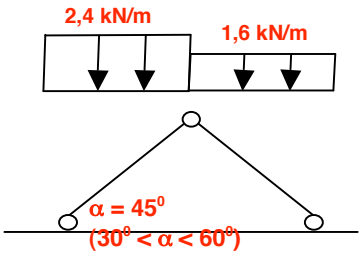
Eigen gewicht (EG):



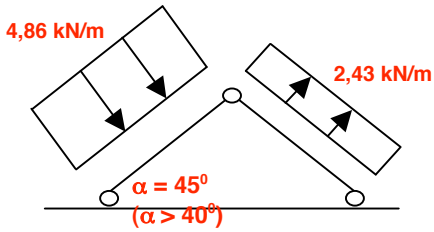
Permanente belasting dakopbouw: (PB_{dak})



Veranderlijke belasting sneeuw (VB_{sneeuw}):



Veranderlijke belasting wind (VB_{wind}):



Krachten

Laat voor alle belastinggevallen de normaalkrachten-, dwarskrachten- en momentenlijn zien zonder belastingfactoren zodat de gebruiker inzicht krijgt in het krachtenspel. Dit zijn onderstaande 5 belastinggevallen. De permanente belasting van het dak en de tussenvloer worden namelijk samengenomen in één plaatje.

Belastinggevallen

- Eigengewicht (EG)
- Permanente belasting dak (PB_{dak}) PLUS permanente belasting tussenvloer (PB_{vloer}) indien aanwezig.
- Vloerbelasting (VB_{vloer}); alleen als de tussenvloer aanwezig is.
- Sneeuw (VB_{sneeuw})
- Wind (VB_{wind})

Geef de combinaties voor de uiterste grenstoestand (zie paragraaf 4.7)
Combinaties uiterste grenstoestand (UGT)

zonder tussenvloer

FC1	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$	+	$1,5VB_{sneeuw}$				
FC2a*	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$	+	$1,5VB_{wind,\ d/z+z}$				
FC2b*	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$	+	$1,5VB_{wind,\ d+z}$				
FC2c*	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$	+	$1,5VB_{wind,\ z+z}$				
FC3a*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$	+	$1,5VB_{wind,\ d/z+z}$				
FC3b*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$	+	$1,5VB_{wind,\ d+z}$				
FC3c*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$	+	$1,5VB_{wind,\ z+z}$				
FC4	:	1,35EG	+	$1,35PB_{dak}$						

* deze combinatie wordt berekend met overdruk en wordt berekend met onderdruk

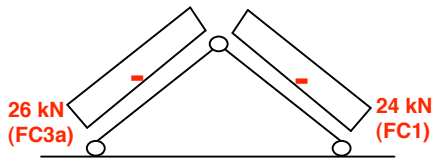
met tussenvloer

FC5.1	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$ +	$1,2PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$			
FC5.2	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$ +	$1,2PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{sneeuw}$	
FC5.3	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$ +	$1,2PB_{vloer}$	+		+	$1,5VB_{sneeuw}$	
FC5.4	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$ +	$0,9PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$			
FC5.5	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$ +	$0,9PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{sneeuw}$	
FC5.6	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$ +	$0,9PB_{vloer}$	+		+	$1,5VB_{sneeuw}$	
FC6a*	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$ +	$1,2PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{wind,\ d/z+z}$	
FC6b*	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$ +	$1,2PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{wind,\ d+z}$	
FC6c*	:	1,2EG	+	$1,2PB_{dak}$ +	$1,2PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{wind,\ z+z}$	
FC7a*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$ +	$0,9PB_{vloer}$			+	$1,5VB_{wind,\ d/z+z}$	
FC7b*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$ +	$0,9PB_{vloer}$			+	$1,5VB_{wind,\ d+z}$	
FC7c*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$ +	$0,9PB_{vloer}$			+	$1,5VB_{wind,\ z+z}$	
FC8a*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$ +	$0,9PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{wind,\ d/z+z}$	
FC8b*	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$ +	$0,9PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{wind,\ d+z}$	
FC8c8	:	0,9EG	+	$0,9PB_{dak}$ +	$0,9PB_{vloer}$	+	$1,5VB_{vloer}$	+	$1,5VB_{wind,\ z+z}$	
FC9	:	1,35EG	+	$1,35PB_{dak}$+	$1,35PB_{vloer}$					

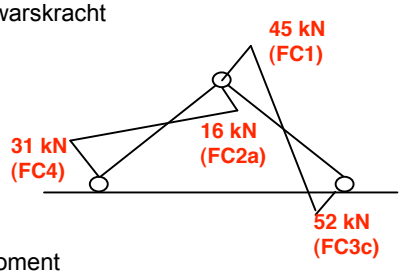
* deze combinatie wordt berekend met overdruk en wordt berekend met onderdruk

Het rekenhart geeft de (omhullende) normaalkrachten- en dwarskrachtenlijn. Ditzelfde geldt voor de momentenlijn in het kapspant.

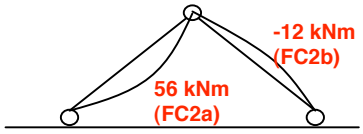
Normaalkracht



Dwarskracht

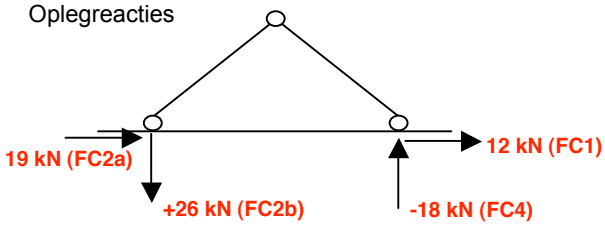


Moment



Tot slot rapporteert het programma de maximale oplegreacties horizontaal en verticaal met de bijbehorende belastingcombinatie. Daarmee kan de gebruiker zijn verankering kiezen.

Oplegreacties



Toetsing

De toetsing is volgens NEN6770 en NEN6771. Het programma drukt de toetsing(en) af. Welke toetsing worden uitgevoerd is te zien in het berekeningsblad dat op de site is te downloaden.

Kniklengte en kiplengte

Het programma laat zien welke knik- en kiplengte aangehouden wordt in de toetsing. Voor de spanten 3 en 4,5,6 laat het programma zien dat de kniklengte volgens de Duitse literatuur is berekend.

Vervormingen
Het programma tekent de vervormingslijn van het spant en geeft de maatgevende vervorming plus belastingcombinatie. Verder geeft het programma de vervormingseis en laat het de toetsing zien inclusief combinatie.

Geef de combinaties voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (zie paragraaf 4.7)

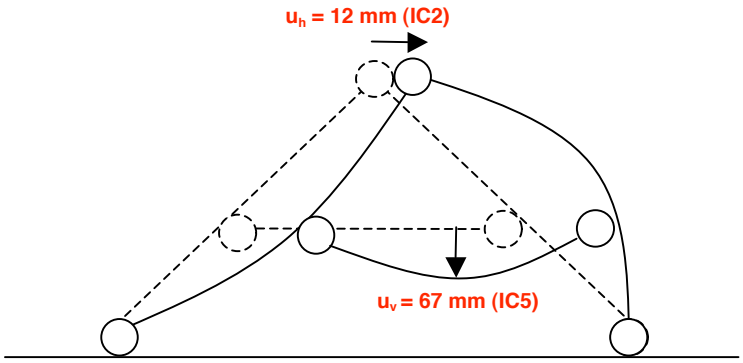
Combinaties bruikbaarheids grenstoestand (BGT)

zonder tussenvloer

IC1	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$	+	$1,0VB_{sneeuw}$				
IC2	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$	+	$1,0VB_{wind}$				
IC3	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$						

met tussenvloer

IC1	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$	+	$1,0PB_{vloer}$	+	$1,0VB_{vloer}$	+	$1,0VB_{sneeuw}$		
IC2	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$	+	$1,0PB_{vloer}$	+	$1,0VB_{vloer}$	+	$1,0VB_{wind}$		
IC3	:	1,0EG	+	$1,0PB_{dak}$	+	$1,0PB_{vloer}$						

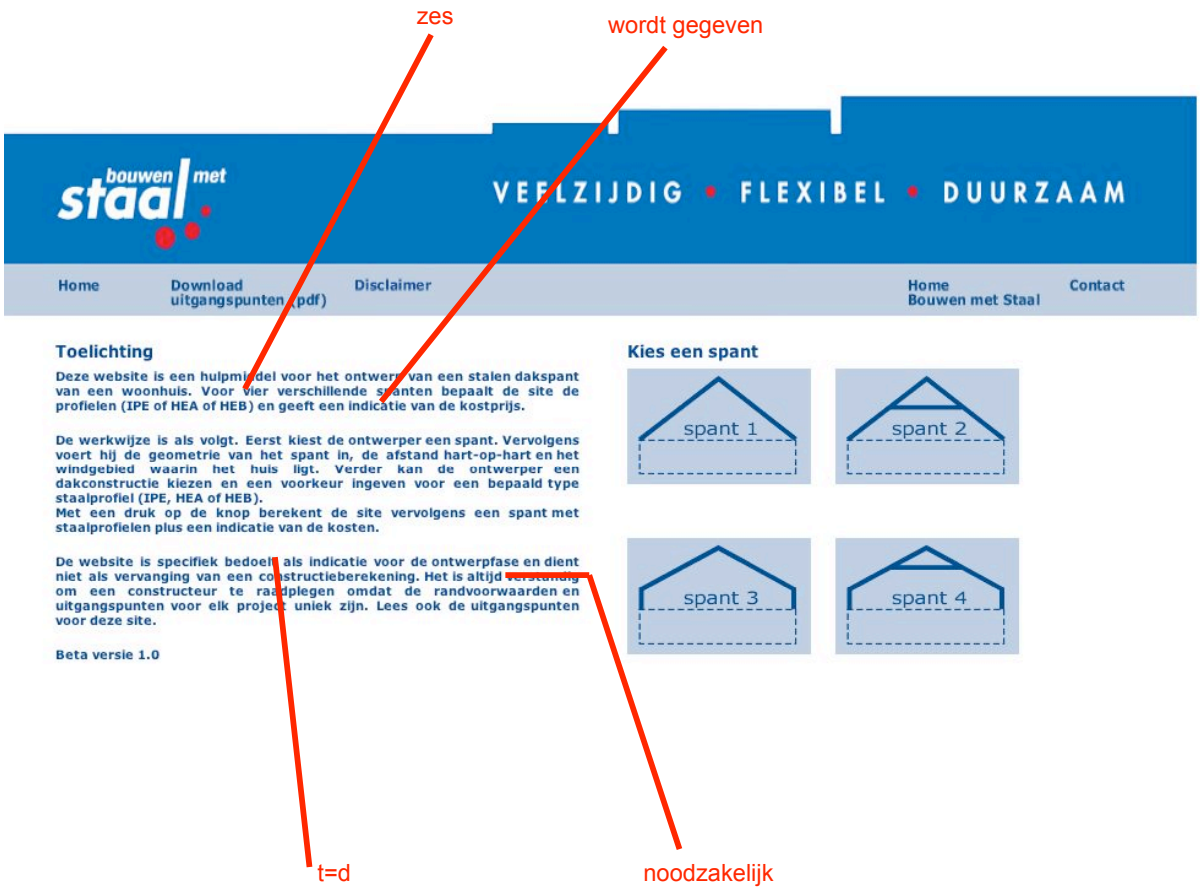


Toetsing

u_h = 12 mm, u_{max} = 1/300 x 5.000 = 16,7 mm	→	UC = 0,72
u_v = 12 mm, u_{tot} = 0,004 x 4.000 = 16 mm	→	UC = 0,75

7 Webpagina's

Homepage



Toevoegen:
Onervaren gebruikers wordt aangeraden om 'Windgebied I' te kiezen en 'Onbebouwd'. Dit is een conservatieve en veilige aanname.

Onervaren gebruikers wordt aangeraden voor de zekerheid voor windgebied I, onbebouwd te kiezen

Vervolgpagina met invoer en resultaat

De maximale hart-op-hart afstand is afhankelijk van de opbouw van het dak.

- bebouwd
- onbebouwd



windgebied I

Omgeving

Opbouw dak

Opbouw gevel

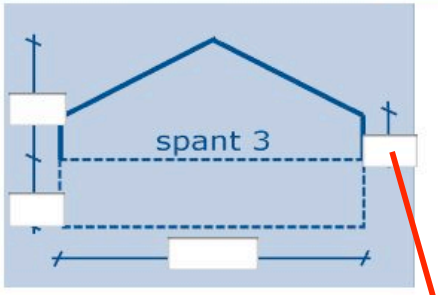
klik voor vergroting

- houten dak
- stalen dakplaten
- rieten dak

hart-op-hart m

profielvoorkeur IPE

IPE / HEA / HEB
Default is IPE



bereken

profiel

gewicht kg/spant

prijs euro/spant

ander spant

Berekening

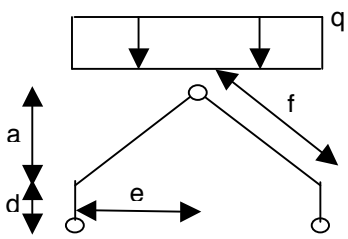
Volledige berekening incl. toetsing voor elk spant toevoegen met disclaimer

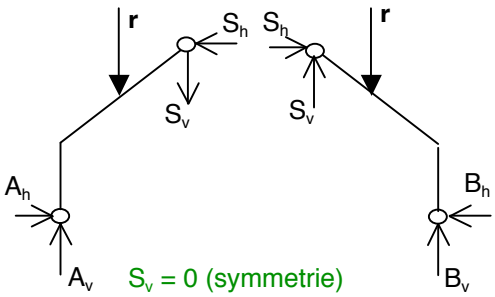
Beperking geometrie:
maximale breedte = 40 m
maximale hoogte = 25 m
(dit is de hoogte boven de basis)
Het grootste profiel is een HEA400, HEB400 of IPE400. De site geeft de aanwijzing om de hart-op-hart afstand van de spanten te verkleinen.

- gasbeton/metselwerk
- sandwichpanelen
- binnendoos

Bijlage: Bepaling van de krachten in een driescharnierspant

			Rood	Blauw
In:	q	[kN/m]	q	q
	e	[m]	2,4	4,7
	r = q*e		2,4q	4,7q
uit:	r	[kN]	2,4q	4,7q
In:	a	[m]	1,2	1,8
	e	[m]	2,4	4,7
	d	[m]	2,4	1,8
	r	[kN]	2,4q	4,7q
	$S_h = (0,5e*r)/(a+d)$	$\Sigma M_A = 0$	0,8q	3,1q
uit:	S_h	[kN]	0,8q	3,1q
in:	e	[m]	2,4	4,7
	f	[m]	2,7	5
	r	[kN]	2,4q	4,7q
	S_h	[kN]	0,8q	3,1q
	$N_{p1} = S_h*(e/f)$		0,7q	2,9q
	$N_{p2} = r\sin\alpha = r*a/f$		1,1q	1,7q
	$N_{ps} = N_{p1} + N_{p2}$		1,8q	4,6q
uit:	$N_{ps} = N_2$	[kN]	**1,8q**	**4,6q**
in:	r	[kN]	2,4q	4,7q
	$N_{pr} = A_v = r$		2,4q	4,7q
uit:	$N_{pr} = N_1$	[kN]	**2,4q**	**4,7q**





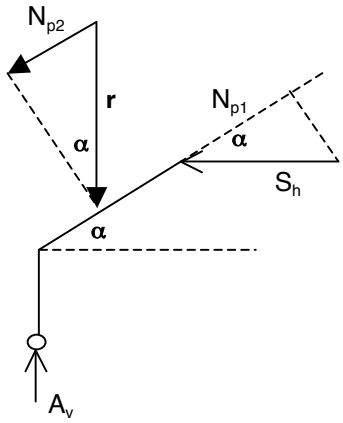


Tabelle 1. Knicklängenbeiwerte für Zweigelenkrahmen.
Oberer Wert: β_1 für den Stiel,
unterer Wert: β_2 für den Riegel

δ \ γ	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	4.000	6.000	8.000
0.200	2.133	2.138 4.276	2.156 2.156	2.205 1.470	2.347 1.174	2.672 1.069	3.109 1.036	4.064 1.016	6.037 1.006	8.026 1.003
0.600	2.391	2.402 4.805	2.440 2.440	2.522 1.681	2.680 1.340	2.949 1.179	3.316 1.105	4.194 1.048	6.112 1.019	8.080 1.010
1.000	2.635	2.649 5.298	2.695 2.695	2.786 1.858	2.943 1.471	3.185 1.274	3.511 1.170	4.325 1.081	6.188 1.031	8.134 1.017
1.500	2.917	2.933 5.867	2.984 2.984	3.078 2.052	3.229 1.614	3.448 1.379	3.740 1.247	4.489 1.122	6.284 1.047	8.202 1.025
2.000	3.179	3.196 6.391	3.247 3.247	3.341 2.227	3.485 1.742	3.689 1.475	3.956 1.319	4.651 1.163	6.382 1.064	8.271 1.034
2.500	3.423	3.439 6.879	3.491 3.491	3.583 2.388	3.720 1.860	3.912 1.565	4.160 1.387	4.811 1.203	6.481 1.080	8.340 1.043
3.000	3.652	3.668 7.336	3.719 3.719	3.808 2.539	3.940 1.970	4.121 1.649	4.354 1.451	4.968 1.242	6.580 1.097	8.411 1.051
3.500	3.868	3.884 7.768	3.934 3.934	4.020 2.680	4.147 2.074	4.320 1.728	4.540 1.513	5.122 1.281	6.680 1.113	8.481 1.060
4.000	4.073	4.089 8.178	4.137 4.137	4.221 2.814	4.344 2.172	4.509 1.804	4.719 1.573	5.273 1.318	6.781 1.130	8.553 1.069
4.500	4.268	4.284 8.568	4.332 4.332	4.413 2.942	4.531 2.266	4.690 1.876	4.891 1.630	5.421 1.355	6.881 1.147	8.625 1.078
5.000	4.456	4.471 8.942	4.517 4.517	4.597 3.064	4.711 2.356	4.864 1.945	5.057 1.686	5.565 1.391	6.982 1.164	8.697 1.087
5.500	4.636	4.651 9.301	4.696 4.696	4.773 3.182	4.884 2.442	5.031 2.013	5.217 1.739	5.707 1.427	7.082 1.180	8.769 1.096
6.000	4.809	4.824 9.647	4.868 4.868	4.943 3.295	5.051 2.525	5.193 2.077	5.373 1.791	5.846 1.461	7.183 1.197	8.842 1.105
6.500	4.976	4.991 9.981	5.034 5.034	5.107 3.405	5.212 2.606	5.351 2.140	5.525 1.842	5.982 1.495	7.283 1.214	8.915 1.114
7.000	5.138	5.152 10.305	5.195 5.195	5.266 3.511	5.368 2.684	5.503 2.201	5.672 1.891	6.115 1.529	7.382 1.230	8.989 1.124
7.500	5.296	5.309 10.619	5.351 5.351	5.420 3.614	5.520 2.760	5.651 2.260	5.815 1.938	6.246 1.561	7.481 1.247	9.062 1.133
8.000	5.448	5.462 10.923	5.502 5.502	5.570 3.714	5.668 2.834	5.796 2.318	5.955 1.985	6.374 1.593	7.580 1.263	9.136 1.142

Voor deze indicatieve berekening worden (conservatief) de factoren afgelezen in de tabel. Het programma interpoleert en bepaalt zo de exacte waarden voor β_1 en β_2.

Rode spant:
δ = 1,1; lees af bij 1,5
γ = 0,96; lees af bij 1,0

Blauwe spant:
<u>stijl</u>
δ = 2,8; lees af bij 3,0
γ = 2,8; lees af bij 3,0

<u>regel</u>
δ = 2,8; lees af bij 3,0
γ = 2,8; lees af bij 2,5