

## MEMO

To	[REDACTED]	Date	11-3-2025
From	[REDACTED]	Telephone	0591 646 246
Subject	Zonnepanelen Pakhuis, sneeuwophoping en posities noodoverstorten	Email	[REDACTED]@step-engineering.nl
Project	DOC Kaas Hoogeveen	Ref.nr.	4144.23.3839
Copies to	-		

### Zonnepanelen op dak Pakhuis

De opdrachtgever DOC Kaas heeft aangegeven dat alleen het dak van het Pakhuis in de toekomst zal worden voorzien van zonnepanelen. Echter, hier is op dit moment nog geen beslissing over genomen en de zonnepanelen zullen pas ergens in de toekomst worden aangebracht. Om die reden wordt het dak uitgerekend op 2 situaties:

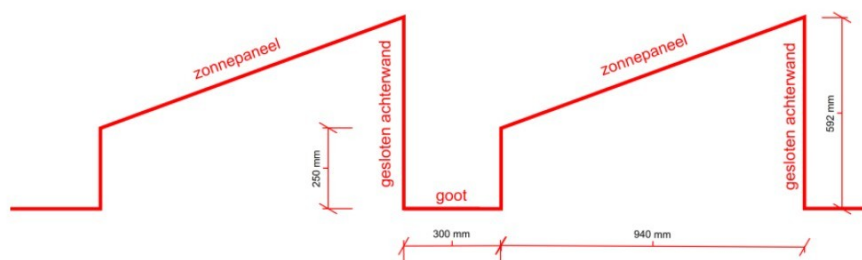
- 1) situatie zonder zonnepanelen, maatgevend voor de maximale opwaartse belastingen
- 2) situatie met zonnepanelen, maatgevend voor de maximale neerwaartse belastingen

De gehanteerde uitgangspunten m.b.t de zonnepanelen, de bepaling van de belastingen uit het eigen gewicht van het systeem (incl. ballast) en sneeuwbelastingen op en rondom de zonnepanelen zijn als volgt:

Aannames en uitgangspunten tbv zonnepanelen:  
Afmetingen zonnepanelen:

1,7 x 1,0 m (360Wp)  
Noord-Zuid opstelling, met achterwand (verticaal) aanname  
helling zonnepanelen met dakvlak 20°  
15,0 m  
III, onbebouwd →  $q_p = 0,82 \text{ kN/m}^2$   
CC1  
0,20  $\text{kN/m}^2$   
300mm  
250mm  
1500mm

Gebouwhoogte:  
Windgebied  
Gevolklasse zonnepanelen (niet van gebouw zelf):  
Eigen gewicht zonnepanelen  
Breedte goot tussen zonnepanelen  
Hoogte o.k zonnepanelen tpv goot  
Dakrandhoogte



Bepaling benodigde ballast:

hoogte systeem:  $1000 \cdot \sin(20) + 250 = 592 \text{ mm}$  ( $= h_s < 1,0 \text{ m} \rightarrow$  montagesysteem 3, NEN 7250)  
horizontale lengte:  $1000 \cdot \cos(20) = 940 \text{ mm}$  (incl. goot  $940 + 300 = 1240 \text{ mm}$ )

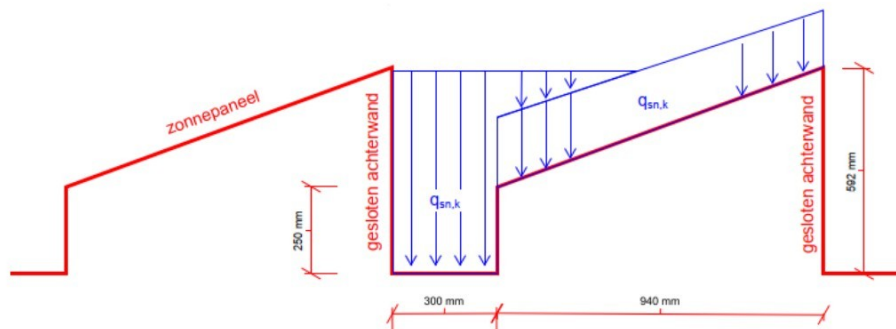
% oppervlakte bedekt met zonnepanelen  $940/1240 \cdot 100\% = 76\%$

Rekenwaarde min. gewicht zonnepanelen:  $q_{eg,k} = 0,2 \cdot 0,94 = 0,17 \text{ kN/m}$  (excl ballast)  
 Winddrukfactor:  $C_{p,net,gesloten} = -0,5$  (NEN7250, tabel 9, dakzone Z5)  
 Rekenwaarde uplift tgv wind:  $q_{wind,uplift,k} = 0,94 \cdot (-0,5) \cdot 0,82 = -0,385 \text{ kN/m}$

Benodigde ballast tegen uplift:  $Y_{q,k} \cdot q_{wind,uplift,k} + Y_{g,k,gunstig} \cdot q_{eg,k} / 0,9 = 1,35 \cdot -0,385 + (0,9 \cdot 0,17) / 0,9 = 0,41 \text{ kN/m}$

Totaal te rekenen eigen gewicht zonnepanelen + ballast (karakteristiek):  $q_k = 0,17 + 0,41 = 0,6 \text{ kN/m}^2$

Sneeuwophoping op en tussen zonnepanelen:



Sneeuwvormfactoren van sneeuw bovenop de zonnepanelen, (vlgs. NEN-EN 1991-1-3 art. 5.3.1 (3))  
 Helling zonnepaneel tov dakvlak  $\alpha = 20^\circ$

$\mu_1 = 0,8$   
 $\mu_{2,paneel} = 0,8$  (NEN-EN 1991-1-3, tabel 5.2)

laagdikte sneeuw op zonnepaneel:  $(s_k \cdot \mu_{2,paneel} / \gamma_{sn}) = 0,7 \cdot 0,8 / 2,0 = 0,28 \text{ m}$

Sneeuwvormfactor tpv goot (vlgs NEN-EN 1991-1-3, art 6.2)

$\mu_{2,goot} = 2,0 \cdot 0,592 / 0,7 = 1,69 < 2,0$  akkoord

stuiflengte 5m (NEN-EN 1991-1-3, vgl. (6.3))

Sneeuwbelastingsvormcoëfficiënt einde goot:

$\mu_1 + (\mu_{2,hoog} - \mu_1) \cdot (1 - b_{goot}/l_s) = 0,8 + (1,69 - 0,8) \cdot (1 - 0,3/5,0) = 1,64$

Gemiddelde sneeuwbelastingsvormcoëfficiënt goot:

$\mu_{gem} = (1,69 + 1,64) / 2 = 1,66$

Laagdikte sneeuw tpv goot:  $(s_k \cdot \mu_{2,goot} / \gamma_{sn}) = 0,7 \cdot 1,66 / 2,0 = 0,581 \text{ m}$

Bepaling snijpunt sneeuwtpijt goot met sneeuwtpijt op paneel:

$(h_{sneeuw,goot} - (h_{sneeuw,paneel} + h_{laag})) / \tan(\beta) = (0,581 - (0,28 + 0,25)) / \tan(20) = 0,14 \text{ m}$

Gemiddelde sneeuwdikte op zonnepaneel  $((0,28 + 0,14) + 0,28) / 2 = 0,35 \text{ m}$

$\mu_{2,gem,paneel} = (h \cdot \gamma_{sn} / s_k) = 0,35 \cdot 2 / 0,7 = 1,0$

Totale sneeuwbelasting tpv goot en zonnepaneel:

Gemiddelde sneeuwvormfactorcoëfficiënt:

$$\mu_{\text{gem}} = (L_H \cdot \mu_{2,\text{gem,paneel}} + b_{\text{goot}} \cdot \mu_{2,\text{goot}}) / L_{H,\text{tot}} = (0,94 \cdot 1,00 + 0,3 \cdot 1,66) / (0,3 + 0,94) = 1,16$$

Gemiddelde sneeuwbelasting (NEN-EN 1991-1-3, vgl. (5.1))

$$s_{\text{gem}} = \mu_{\text{gem}} \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,16 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = \underline{0,8 \text{ kN/m}^2}$$

## Sneeuwophoping tegen dakranden

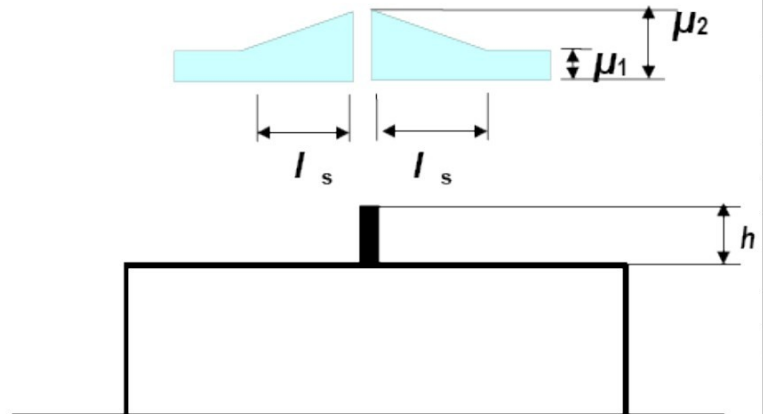
### Expeditie

De dakrand rondom het dakvlak heeft een hoogte van 1,2m (boven dakvlak)

Sneeuwbelastingvormcoëfficiënt en sneeuwbelasting tegen dakrand:

#### 6.2 Uitstekende obstakels

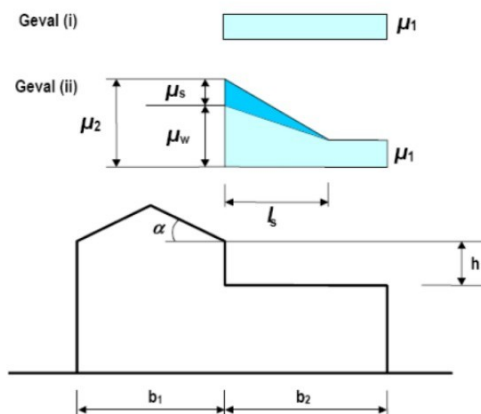
$\alpha_1$	0 °
$h$	1,2 m
$l_s$	5,0 m
$\mu_1$	0,80 [-]
$\mu_2$	2,00 [-]
$s_1$	0,56 kN/m <sup>2</sup>
$s_2$	1,40 kN/m <sup>2</sup>



Ter plaatse van de overgang naar de omboxruimte is een hoogteverschil aanwezig van ca. 5,0m

#### 5.3.6 Daken grenzend aan hogere bouwwerken

$\alpha_1$	0 °	(laag dak)
$\alpha_2$	0 °	(hoog dak)
$b_1$	5,2 m	
$b_2$	36,8 m	
$h$	5,0 m	
$l_s$	10,0 m	
$\mu_1$	0,80 [-]	
$\mu_s$	0,00 [-]	
$\mu_w$	4,00 [-]	
$\mu_2$	4,00 [-]	
$s_1$	0,56 kN/m <sup>2</sup>	
$s_2$	2,80 kN/m <sup>2</sup>	



Naast as 9 sluit het dak van de expeditie aan op de gevel van de omboxruimte (3 bouwlagen) Hier kan sneeuwophoping op het dak van de expeditie plaatsvinden:

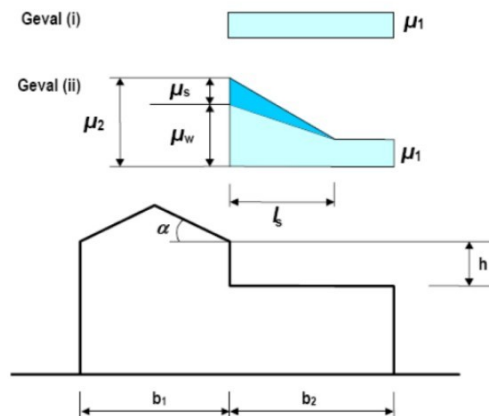
### Omboxruimte

Het gehele dak van de omboxruimte wordt berekend met een verhoogde sneeuwbelasting, ivm verschillende daknivo's en borstweringen:

#### 5.3.6 Daken grenzend aan hogere bouwwerken

$\alpha_1$	0 °	(laag dak)
$\alpha_2$	0 °	(hoog dak)
$b_1$	6,5 m	
$b_2$	50,0 m	
$h$	5,1 m	
$l_s$	10,2 m	
$\mu_1$	0,80 [-]	
$\mu_s$	0,00 [-]	
$\mu_w$	4,00 [-]	
$\mu_2$	4,00 [-]	

$s_1$	0,56 kN/m <sup>2</sup>
$s_2$	2,80 kN/m <sup>2</sup>



- ➔ Sneeuwophoping t.b.v. eenvoud ook op het dak gerekend i.v.m. hoge borstwering (hogere belasting dan t.p.v. de borstwering). ➔ het dak van de omboxruimte wordt berekend op sneeuwbelasting  $q_{sn} = 2,8 \text{ kN/m}^2$  (conservatief)

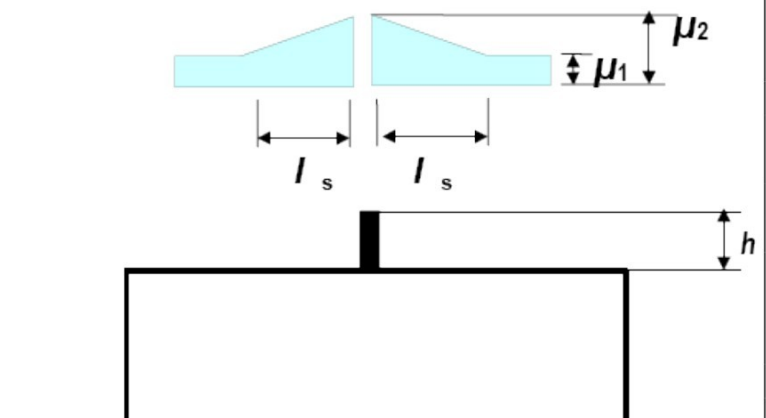
### Pakhuis

De dakrand rondom het dakvlak heeft een hoogte van 1,5m (boven dakvlak)

Sneeuwbelastingvormcoëfficiënt en sneeuwbelasting tegen dakrand:

#### 6.2 Uitstekende obstakels

$\alpha_1$	0°
$h$	1,5m
$l_s$	5,0m
$\mu_1$	0,80[-]
$\mu_2$	2,00[-]
$s_1$	0,56kN/m <sup>2</sup>
$s_2$	1,40kN/m <sup>2</sup>





## Posities en afmetingen noodoverstorten

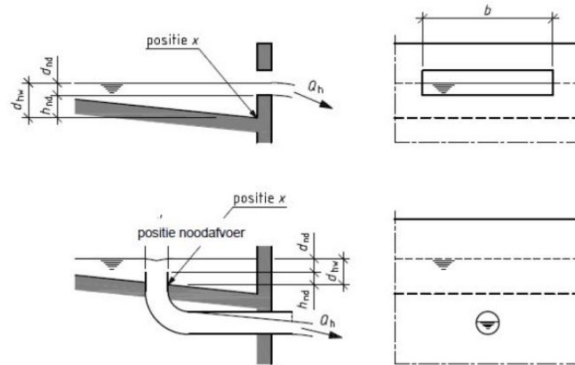
### Expeditie

De afmetingen van het dakvlak van de expeditie 25,5 x 31,5 m

**Belastinggeval regenwater vlgs NEN-EN1991-1-3 art 7.2**

#### Afmetingen dakvlak

lengte :	25,50 m
breedte :	31,50 m
oppervlakte :	803,25 m <sup>2</sup>
referentie periode :	50 jaar
Aantal noodafvoeren :	6 stuks
Type noodoverstort :	rechte vrije overlaat
Breedte of diameter :	300 mm <sup>1</sup>



#### formule 7.2

$$Q_h = A \times i_r$$

A	oppervlakte afvoergebied	133,88 m <sup>2</sup>
i <sub>r</sub>	regenintensiteit	0,0500 x10 <sup>-3</sup> m/s
Q <sub>h</sub>	debiet dat door een noodafvoer moet worden afgevoerd	0,00669375 m <sup>3</sup> /s

#### Controle uitdrukking (7.7) ronde steekafvoer

Q <sub>h;u</sub>	maximaal af te voeren debiet door een ronde steekafvoer	0,123237575 m/s
Controle	$Q_h \leq Q_{h;u}$	akkoord (7.6)

#### formule 7.8

$$d_{hw} = d_{nd} + h_{nd}$$

d <sub>nd</sub>	waterhoogte boven de noodafvoer of de dakrand vlgs (7.4)	55,5 mm
h <sub>nd</sub>	hoogte noodafvoer boven het dakvlak	50,0 mm
d <sub>hw</sub>	waterhoogte ter plaatse van de dakrand of de noodafvoer	105,5 mm

benodigde afmetingen rechte vrije overlaten: **6 stuks** **300x90 mm (b×h)**

\*) voorwaarden en minimale afmetingen en hoogtes zie bijlage

**Rechte vrije overlaat:** zijn horizontale 'brievenbussen' aan de zijkant van de dakconstructie

**Ronde steekafvoer:** verticale afvoeren in het dak, min 2x diameter uit de dakrand.

### Omboxruimte

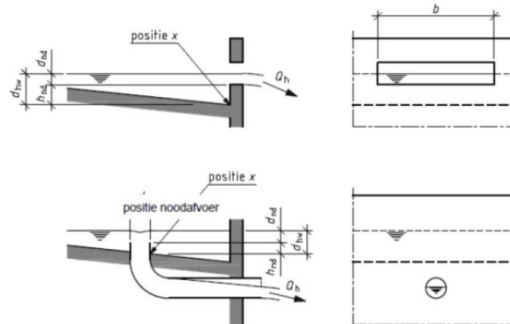
Het dak van de omboxruimte bevindt zich op verschillende nivo's. De noodoverstorten op hoger gelegen dakvlakken wateren af op ondergelegen dakvlakken, bij de bepaling van de afmetingen van de noodoverstorten is hier rekening mee gehouden.

### Dakniveau ca. 16200+P

Belastinggeval regenwater vlgs NEN-EN1991-1-3 art 7.2

#### Afmetingen dakvlak

lengte :	11,00 m
breedte :	34,70 m
oppervlakte :	381,70 m <sup>2</sup>
referentie periode :	50 jaar
Aantal noodafvoeren :	4 stuks
Type noodoverstort :	rechte vrije overlaat
Breedte of diameter :	300 mm



#### formule 7.2

$$Q_h = A \times i_r$$

A	oppervlakte afvoergebied	95,43 m <sup>2</sup>
$i_r$	regenintensiteit	0,0500 x10 <sup>-3</sup> m/s
$Q_h$	debiet dat door een noodafvoer moet worden afgevoerd	0,00477125 m <sup>3</sup> /s

#### Controle uitdrukking (7.7) ronde steekafvoer

$Q_{h,u}$	maximaal af te voeren debiet door een ronde steekafvoer	0,123237575 m/s
Controle	$Q_h \leq Q_{h,u}$	akkoord (7.6)

#### formule 7.8

$$d_{hw} = d_{nd} + h_{nd}$$

$d_{nd}$	waterhoogte boven de noodafvoer of de dakrand vlgs (7.4)	44,3 mm
$h_{nd}$	hoogte noodafvoer boven het dakvlak	50,0 mm
$d_{hw}$	waterhoogte ter plaatse van de dakrand of de noodafvoer	94,3 mm

benodigde afmetingen rechte vrije overlaten: **4 stuks 300x100 mm (b×h)**

\*) voorwaarden en minimale afmetingen en hoogtes zie bijlage

**Rechte vrije overlaat:** zijn horizontale 'brievenbussen' aan de zijkant van de dakconstructie

**Ronde steekafvoer:** verticale afvoeren in het dak, min 2x diameter uit de dakrand.

➔ Toepassen 4x noodoverstort b×h = 300x100 mm, drempelhoogte 50 mm

### Dak t.p.v. 2<sup>e</sup> verdiepingsvloer ca. 10800+P

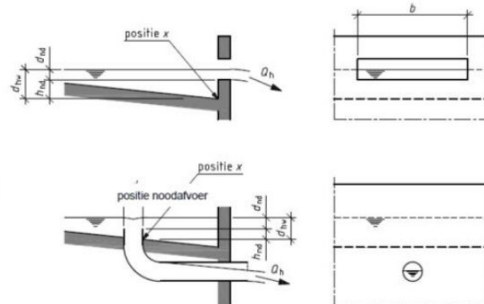
Bij het deel tussen stramien 3 en 7 geldt aanvullend dat het water vanaf het hoge dak hierop geloosd wordt. Om deze reden is bij de oppervlakte van dit deel de oppervlakte van het hoogste dak opgeteld.

#### Tussen stramien 1 en 3

Belastinggeval regenwater vlgs NEN-EN1991-1-3 art 7.2

#### Afmetingen dakvlak

lengte :	12,60 m
breedte :	6,40 m
oppervlakte :	80,64 m <sup>2</sup>
referentie periode :	50 jaar
Aantal noodafvoeren :	1 stuks
Type noodoverstort :	rechte vrije overlaat
Breedte of diameter :	300 mm <sup>1</sup>



#### formule 7.2

$$Q_h = A \times i_r$$

A	oppervlakte afvoergebied	80,64 m <sup>2</sup>
i <sub>r</sub>	regenintensiteit	0,0500 x10 <sup>-3</sup> m/s
Q <sub>h</sub>	debiet dat door een noodafvoer moet worden afgevoerd	0,004032 m <sup>3</sup> /s

#### Controle uitdrukking (7.7) ronde steekafvoer

Q <sub>h;u</sub>	maximaal af te voeren debiet door een ronde steekafvoer	0,123237575 m/s
Controle	Q <sub>h</sub> ≤ Q <sub>h;u</sub>	akkoord (7.6)

#### formule 7.8

$$d_{hw} = d_{nd} + h_{nd}$$

d <sub>nd</sub>	waterhoogte boven de noodafvoer of de dakrand vlgs (7.4)	39,6 mm
h <sub>nd</sub>	hoogte noodafvoer boven het dakvlak	50,0 mm
d <sub>hw</sub>	waterhoogte ter plaatse van de dakrand of de noodafvoer	89,6 mm

benodigde afmetingen rechte vrije overlaten: 1 stuks 300×100 mm (b×h)

\*) voorwaarden en minimale afmetingen en hoogtes zie bijlage

Rechte vrije overlaat: zijn horizontale 'brievenbussen' aan de zijkant van de dakconstructie

Ronde steekafvoer: verticale afvoeren in het dak, min 2x diameter uit de dakrand.

→ Toepassen 1x noodoverstort b×h = 300x100 mm, drempelhoogte 50 mm

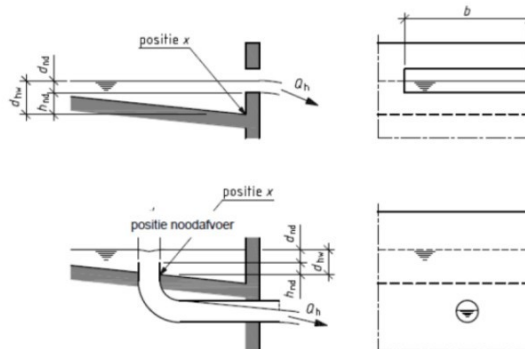


**Tussen stramien 3 en 7 ca. 10800+P**

**Belastinggeval regenwater vlgs NEN-EN1991-1-3 art 7.2**

**Afmetingen dakvlak**

lengte :	28,30	m
breedte :	4,40	m
oppervlakte :	504,52	m <sup>2</sup>
referentie periode :	50	jaar
Aantal noodafvoeren :	4	stuks
Type noodoverstort :	rechte vrije overlaat	
Breedte of diameter :	300	mm <sup>1</sup>



**formule 7.2**

$$Q_h = A \times i_r$$

A	oppervlakte afvoergebied	126,13	m <sup>2</sup>
$i_r$	regenintensiteit	0,0500	x10 <sup>-3</sup> m/s
$Q_h$	debiet dat door een noodafvoer moet worden afgevoerd	0,0063065	m <sup>3</sup> /s

**Controle uitdrukking (7.7) ronde steekafvoer**

$Q_{h,u}$	maximaal af te voeren debiet door een ronde steekafvoer	0,123237575	m/s
Controle	$Q_h \leq Q_{h,u}$	akkoord	(7.6)

**formule 7.8**

$$d_{hw} = d_{nd} + h_{nd}$$

$d_{nd}$	waterhoogte boven de noodafvoer of de dakrand vlgs (7.4)	53,3	mm
$h_{nd}$	hoogte noodafvoer boven het dakvlak	50,0	mm
$d_{hw}$	waterhoogte ter plaatse van de dakrand of de noodafvoer	103,3	mm

benodigde afmetingen rechte vrije overlaten: **4 stuks 300x100 mm (b×h)**

\*) voorwaarden en minimale afmetingen en hoogtes zie bijlage

**Rechte vrije overlaat:** zijn horizontale 'brievenbussen' aan de zijkant van de dakconstructie

**Ronde steekafvoer:** verticale afvoeren in het dak, min 2x diameter uit de dakrand.

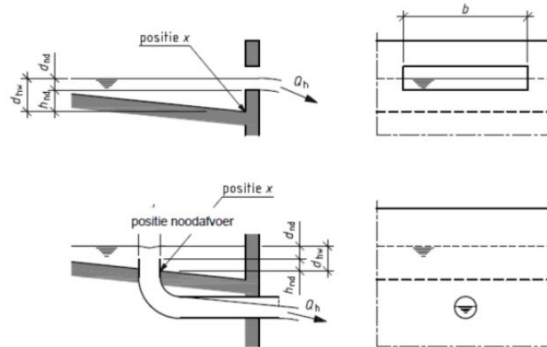
➔ Toepassen 4x noodoverstort b×h = 300x100 mm, drempelhoogte 50 mm

**Tussen stramien 7 en 8 ca. 10800+P**

*Belastinggeval regenwater vlgs NEN-EN1991-1-3 art 7.2*

**Afmetingen dakvlak**

lengte :	16,60	m
breedte :	3,10	m
oppervlakte :	51,46	m <sup>2</sup>
referentie periode :	50	jaar
Aantal noodafvoeren :	1	stuks
Type noodoverstort :	rechte vrije overlaat	
Breedte of diameter :	300	mm <sup>1</sup>



**formule 7.2**

$$Q_h = A \times i_r$$

A	oppervlakte afvoergebied	51,46	m <sup>2</sup>
$i_r$	regenintensiteit	0,0500	x10 <sup>-3</sup> m/s
$Q_h$	debiet dat door een noodafvoer moet worden afgevoerd	0,002573	m <sup>3</sup> /s

**Controle uitdrukking (7.7) ronde steekafvoer**

$Q_{h,u}$	maximaal af te voeren debiet door een ronde steekafvoer	0,123237575	m/s
Controle	$Q_h \leq Q_{h,u}$	akkoord	(7.6)

**formule 7.8**

$$d_{hw} = d_{nd} + h_{nd}$$

$d_{nd}$	waterhoogte boven de noodafvoer of de dakrand vlgs (7.4)	29,3	mm
$h_{nd}$	hoogte noodafvoer boven het dakvlak	50,0	mm
$d_{hw}$	waterhoogte ter plaatse van de dakrand of de noodafvoer	79,3	mm

benodigde afmetingen rechte vrije overlaten: **1 stuks 300x100 mm (b×h)**

\*) voorwaarden en minimale afmetingen en hoogtes zie bijlage

**Rechte vrije overlaat:** zijn horizontale 'brievenbussen' aan de zijkant van de dakconstructie

**Ronde steekafvoer:** verticale afvoeren in het dak, min 2x diameter uit de dakrand.

→ Toepassen 1x noodoverstort b×h = 300x100 mm, drempelhoogte 50 mm

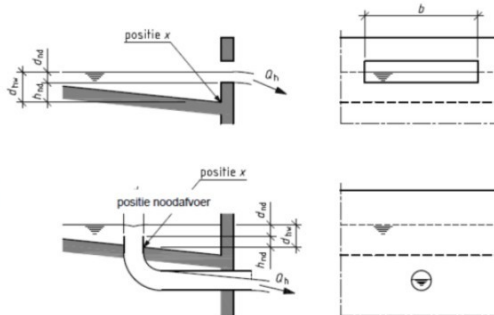
### Dak t.p.v. 1<sup>e</sup> verdiepingsvloer ca. 5400+P

Op dit dak geldt aanvullend dat het water vanaf hoger gelegen daken hierop geloosd wordt. Om deze reden is bij de oppervlakte van dit dak de oppervlakte van de hoger gelegen daken opgeteld.

**Belastinggeval regenwater vlgs NEN-EN1991-1-3 art 7.2**

#### Afmetingen dakvlak

lengte :	8,20 m
breedte :	31,40 m
oppervlakte :	907,48 m <sup>2</sup>
referentie periode :	50 jaar
Aantal noodafvoeren :	5 stuks
Type noodoverstort :	rechte vrije overlaat
Breedte of diameter :	300 mm



#### formule 7.2

$$Q_h = A \times i_r$$

A	oppervlakte afvoergebied	181,50 m <sup>2</sup>
i <sub>r</sub>	regenintensiteit	0,0500 x10 <sup>-3</sup> m/s
Q <sub>h</sub>	debiet dat door een noodafvoer moet worden afgevoerd	0,0090748 m <sup>3</sup> /s

#### Controle uitdrukking (7.7) ronde steekafvoer

Q <sub>h;u</sub>	maximaal af te voeren debiet door een ronde steekafvoer	0,123237575 m/s
Controle	Q <sub>h</sub> ≤ Q <sub>h;u</sub>	akkoord (7-6)

#### formule 7.8

$$d_{hw} = d_{nd} + h_{nd}$$

d <sub>nd</sub>	waterhoogte boven de noodafvoer of de dakrand vlgs (7.4)	68,0 mm
h <sub>nd</sub>	hoogte noodafvoer boven het dakvlak	50,0 mm
d <sub>hw</sub>	waterhoogte ter plaatse van de dakrand of de noodafvoer	118,0 mm
benodigde afmetingen rechte vrije overlaten:		5 stuks 300x100 mm (b×h)

\*) voorwaarden en minimale afmetingen en hoogtes zie bijlage

**Rechte vrije overlaat:** zijn horizontale 'brievenbussen' aan de zijkant van de dakconstructie

**Ronde steekafvoer:** verticale afvoeren in het dak, min 2x diameter uit de dakrand.

➔ Toepassen 5x noodoverstort b×h = 300x100 mm, drempelhoogte 50 mm

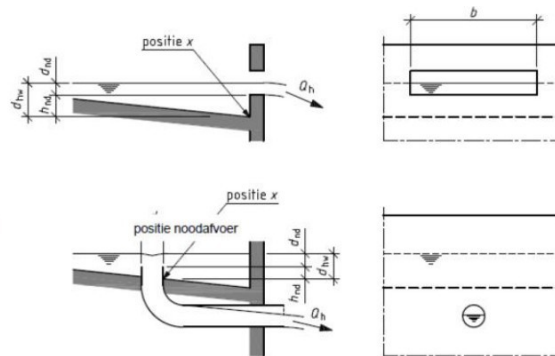
## Pakhuis

De afmetingen van het dakvlak van het pakhuis 63,5 x 24,5 m

**Belastinggeval regenwater vlgs NEN-EN1991-1-3 art 7.2**

### Afmetingen dakvlak

lengte :	63,50 m
breedte :	24,50 m
oppervlakte :	1555,75 m <sup>2</sup>
referentie periode :	50 jaar
Aantal noodafvoeren :	9 stuks
Type noodoverstort :	rechte vrije overlaat
Breedte of diameter :	300 mm <sup>1</sup>



### formule 7.2

$$Q_h = A \times i_r$$

A	oppervlakte afvoergebied	172,86 m <sup>2</sup>
i <sub>r</sub>	regenintensiteit	0,0500 x10 <sup>-3</sup> m/s
Q <sub>h</sub>	debiet dat door een noodafvoer moet worden afgevoerd	0,008643056 m <sup>3</sup> /s

### Controle uitdrukking (7.7) ronde steekafvoer

Q <sub>h;u</sub>	maximaal af te voeren debiet door een ronde steekafvoer	0,123237575 m/s
Controle	Q <sub>h</sub> ≤ Q <sub>h;u</sub>	akkoord (7-6)

### formule 7.8

$$d_{hw} = d_{nd} + h_{nd}$$

d <sub>nd</sub>	waterhoogte boven de noodafvoer of de dakrand vlgs (7.4)	65,8 mm
h <sub>nd</sub>	hoogte noodafvoer boven het dakvlak	30,0 mm
d <sub>hw</sub>	waterhoogte ter plaatse van de dakrand of de noodafvoer	95,8 mm

benodigde afmetingen rechte vrije overlaten:

**9 stuks 300x100 mm (b×h)**

\*) voorwaarden en minimale afmetingen en hoogtes zie bijlage

**Rechte vrije overlaat:** zijn horizontale 'brievenbussen' aan de zijkant van de dakconstructie

**Ronde steekafvoer:** verticale afvoeren in het dak, min 2x diameter uit de dakrand.

**Bijlage: overzicht dakvlak met gerekende belastingen tgv zonnepanelen, sneeuwophoping en posities en noodoverstorten**



