

# De windbelasting

## van zonne-energiesystemen op platte daken

NEN 7250 introduceert een nieuwe bepaling van dakzoning bij het toepassen van zonne-energiesystemen op platte daken.

*Dr. ir. Chris C.P.W. Geurts, TNO Delft*

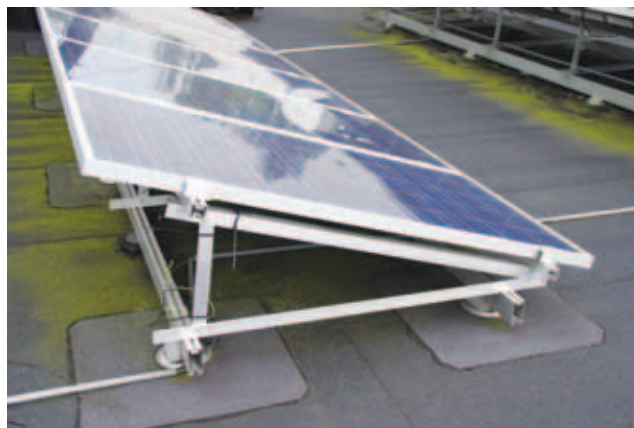
*ir. Chris W. van der Meijden, BDA Dak- en Geveladvies B.V.*

In de Nederlandse dakenmarkt is een duidelijke groei in interesse voor zonne-energiesystemen op daken waarneembaar. Dit geldt voor hellende daken en platte daken, als ook voor nieuwbouw en bestaande bouw. De montagesystemen zijn zeer divers en de 'markt' is dynamisch. Vrij frequent komen er nieuwe systemen maar ook regelmatig verdwijnen er systemen of worden bestaande systemen gewijzigd. Een belangrijk beoordelingsaspect is constructieve veiligheid. De weerstand tegen windbelasting op het zonne-energiesysteem is daarbij relevant. NEN 7250 geeft factoren die hiervoor moeten worden toegepast, deze factoren hangen af van de positie van de zonne-energiesystemen op het dak. Hiervoor introduceert NEN 7250 een dakzoning, die in dit artikel nader wordt toegelicht. In een vervolgartikel zal de windbelasting in de verschillende dakzones worden behandeld.

### NEN 7250

NEN 7250 geeft prestatie-eisen en (verwijzingen naar) beproevingsmethoden van de bouwkundige aspecten van zonne-energiesystemen als geïntegreerd onderdeel van, of als los element op, dak- en gevelconstructies van gebouwen. NEN 7250 definieert vijf montagewijzen. Bij alle zonne-energiesystemen waarbij de zonne-elementen parallel aan het dak worden gemonteerd, kan de dakzoning rechtstreeks worden bepaald volgens de Eurocode windbelasting NEN-EN 1991-1-4. Bij toepassing van zonne-energiesystemen op platte daken waarbij de zonne-elementen niet parallel aan het dak worden gemonteerd, is in NEN 7250 een methode

gegeven voor het bepalen van de dakzones. Deze systemen vallen onder montagewijze 2 en montagewijze 3. Bij montagewijze 2 wordt het zonne-energiesysteem mechanisch bevestigd aan de onderconstructie. Bij montagewijze 3 wordt de zonne-energie losgeplaatst en wordt de windweerstand gevonden uit het eigen gewicht, al dan niet geballast.



*Een voorbeeld van montagewijze 2; zonne-energiesysteem mechanisch bevestigd.*

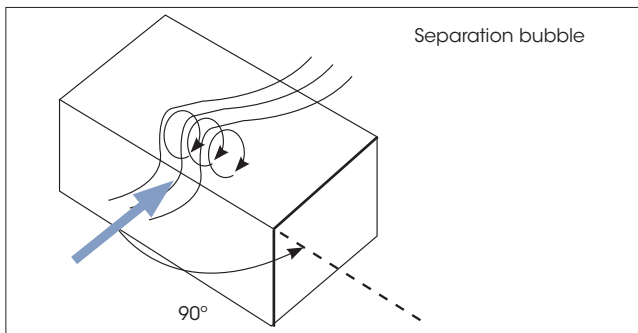


*Voorbeeld van montagewijze 3; zonne-energiesysteem losgeplaatst en geballast.*

### Windbelasting op platte daken

De windbelasting op platte daken is afhankelijk van hoe het gebouw van invloed is op de wind (luchtstroom) die langs

en over het gebouw stroomt. Deze verstoorte luchtstroom veroorzaakt drukken en krachten op het oppervlak van het platte dak. Bij platte daken ontstaat er een onderdruk boven het dakvlak dat vaak wordt aangeduid als windzuiging. Bij een windrichting tussen de 30° en 60° ten opzichte van het gebouw ontstaat er een conisch gevormde wervel boven het platte dak, beginnende in de hoek, welke doorgaat langs beide dakranden. Door deze wervel ontstaan sterk fluctuerende en extreme krachten op het dakvlak. Deze krachten bepalen de belasting in de hoeken, waarvoor hoekzones zijn gedefinieerd. Als de windrichting haaks staat op het gebouw (gevel), dan wordt de wind over de rand van het gebouw geleid. Achter de dakrand laat de luchtstroom los en verderop daalt de luchtstroom weer neer op het dakvlak waarbij ook verhoogde windzuiging optreedt. De randzone wordt bepaald door dit effect.



Figuur 1, illustratie van de windeffecten uit verschillende richting op een plat dak.

- a) randzone (vertaal separation bubble in 'stroming laat los'),
- b) hoekzone, met conische wervelvorming langs de dakranden

De afmetingen van de hoek- en randzone zijn afhankelijk van de hoogte, de lengte en de breedte van het gebouw.

### Windbelasting op zonne-energiesystemen op platte daken

De windbelasting op objecten die op een plat dak worden geplaatst wordt ook bepaald door bovenomschreven fenomenen. Echter, omdat deze op enige afstand van het dakvlak zijn aangebracht, verschilt de belasting van karakter van die op het platte dakoppervlak. De optredende wervels zullen tot op een grotere afstand van de dakrand een groot effect kunnen hebben op de belasting op deze objecten. TNO heeft in een uitgebreide windtunnelstudie onder meer onderzocht wat het effect is van de afstand tot de dakrand op zonne-energiesystemen die op een plat dak zijn geplaatst. Op basis van dat onderzoek is een aangepaste dakzoning bij het plaatsen van PV-systemen op platte daken bepaald. In dit windtunnelonderzoek zijn ook de lokale drukfactoren afgeleid voor veel voorkomende vormen en afmetingen van zonne-energiesystemen. De onderzoeksresultaten zijn gebruikt om de rekenregels van NEN 7250 te bepalen.

### Dakzoning

Voor het bepalen van de dakzoning is in NEN 7250 een tweestappenbenadering opgenomen. In de eerste stap

worden de rand- en hoekzones bepaald, gerelateerd aan de afmetingen van het gebouw zelf. Bij de tweede stap worden aanvullende zones bepaald welke zijn gerelateerd aan het bedekte oppervlak van het dak met het zonne-energiesysteem. Deze zijn afhankelijk van zowel de afmetingen van het gebouw als de hoogte van het zonne-energiesysteem boven de bovenzijde van de dakbedekking.

### Stap 1: bepaling afmeting dakzones

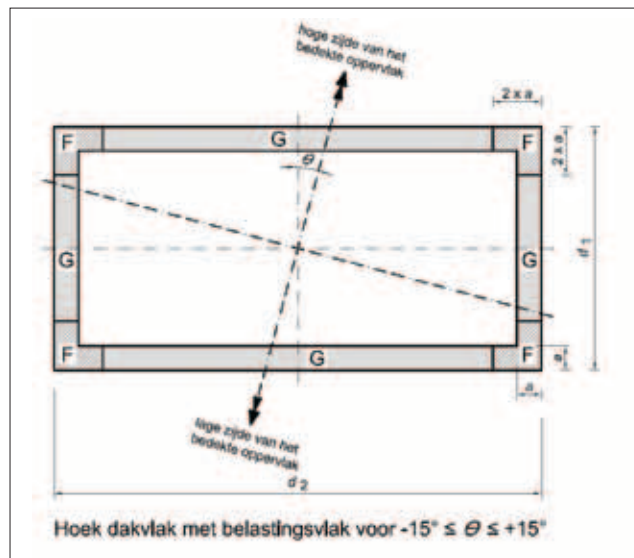
Voor de afmetingen van de rand- en hoekzones is in NEN 7250 een andere methode toegepast dan in NEN-EN 1991-1-4. Deze methode, die overeenkomt met de methode uit NEN 6702, levert in de meeste gevallen afmetingen van de rand- en hoekzones op die groter zullen zijn dan volgens NEN-EN 1991-1-4. Dit geldt met name voor lage gebouwen met een groot dakoppervlak.

NEN 7250 maakt ook onderscheid in hoe de PV-panelen zijn geplaatst op het dak. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in of de PV-panelen min of meer evenwijdig met de dakrand zijn geplaatst (maximale afwijking 15°) of dat de PV-panelen meer diagonaal over het dakvlak worden geplaatst (met een hoek tussen de 15° en 45°). Daarnaast hebben de PV-panelen altijd een hoge zijde en een lage zijde. In NEN 7250 wordt hierbij steeds gesproken over het bedekte oppervlak van het zonne-energiesysteem. Dit wordt gedefinieerd als het belastingsvlak.

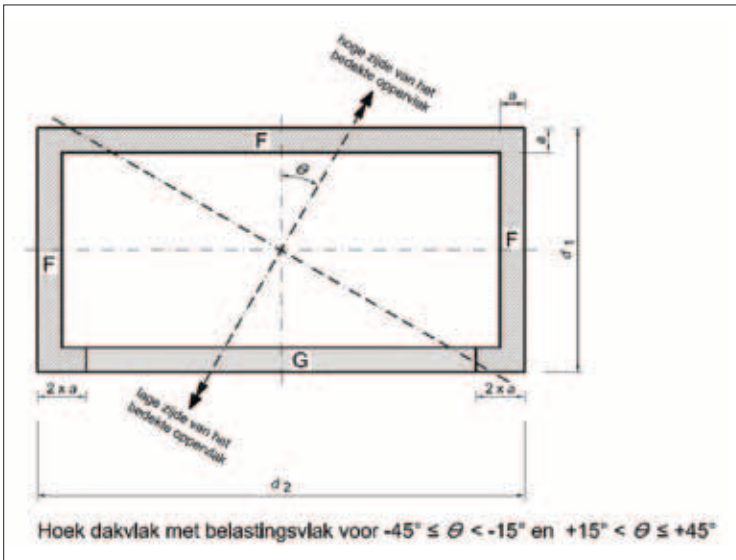
In figuur 2 is dit schematisch weergegeven voor:

F = zonne-elementen geplaatst in de hoekzone van het dak  
G = zonne-elementen geplaatst in de randzone van het dak

$d1 \leq 3h$	$\alpha = 0,15 d1$ $\alpha \geq 1 \text{ m}$
$d1 > 3h$	$\alpha = 0,45 h$ $\alpha = 0,04 d1$ $\alpha \geq 1 \text{ m}$



Figuur 2, indeling dakzones.

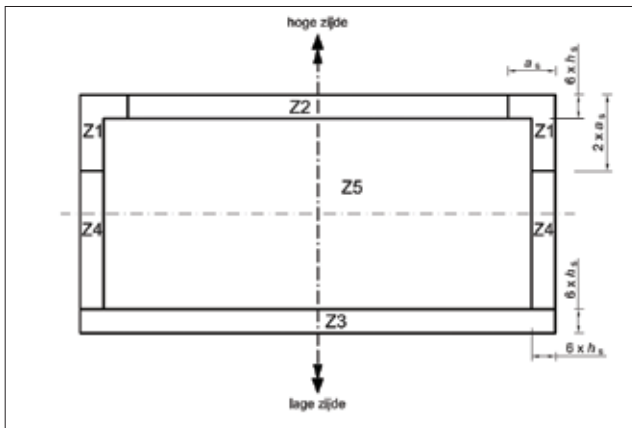


Figuur 2, indeling dakzones.

Als op het dak een dakopbouw aanwezig is, ontstaat ook een zonestrook langs deze opbouw. Hiervoor wordt verwezen naar NEN 7250.

**Stap 2: afmetingen zones voor het bedekte oppervlak**

Omdat de zonne-energiesystemen gevoeliger zijn voor de wind, kunnen systemen die verder van de dakrand staan toch een hoge belasting ondervinden. Er is daarom een tweede zonering vastgesteld, die is gekoppeld aan het door zonne-energiesystemen bedekte oppervlak. Deze zones (Zi) zijn schematisch weergegeven in figuur 3.



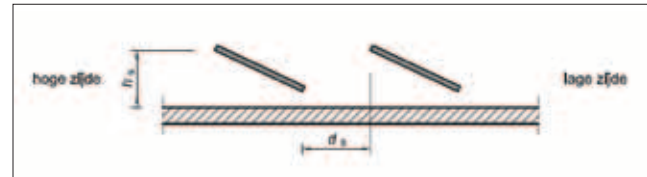
Figuur 3: belastingzones voor het door zonne-energiesystemen bedekte oppervlak (Z1 t/m Z5).

waarbij:

$a_s = 0,25 \times d_1$  waarbij  $a_s$  niet groter mag zijn dan  $a$ , zoals gedefinieerd bij figuur 2, waarin:

$d_1$  = de kortste zijde van het gebouw

$h_s$  = de afstand tussen de bovenzijde van het zonne-element aan de hoge zijde en de bovenzijde dakbedekking volgens figuur 4



Figuur 4, definitie  $h_s$  en  $d_s$

Het bedekte oppervlak wordt beschouwd als één gesloten gebied wanneer nergens in het gebied de afstand tussen de zonne-energiesystemen,  $d_s$  volgens figuur 4, groter is dan  $2 \times h_s$ . Als deze afstand groter is, dan moeten meerdere bedekte oppervlakten worden beschouwd.

**Voorbeeld**

In onderstaand voorbeeld wordt de procedure voor de bepaling van de zones toegelicht. In dit voorbeeld wordt uitgegaan van een simpel referentiegebouw met afmetingen:

$h = 10$  m

$d_1 = 25$  m

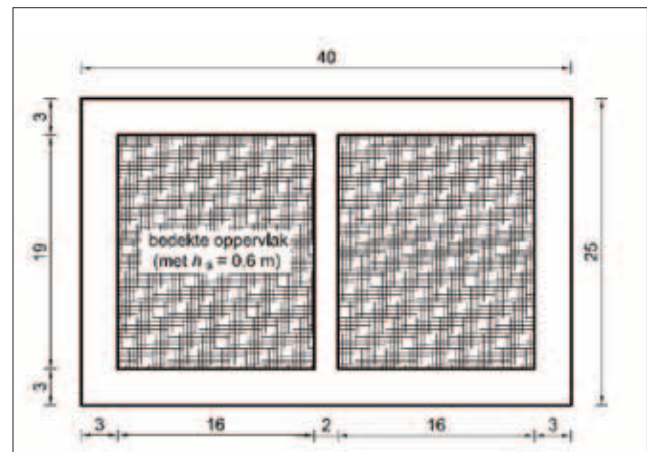
$d_2 = 40$  m

$d_1 \leq 3 \times h$  dus  $a = 0,15 \times d_1 = 0,15 \times 25$

$a = 3,75$  m

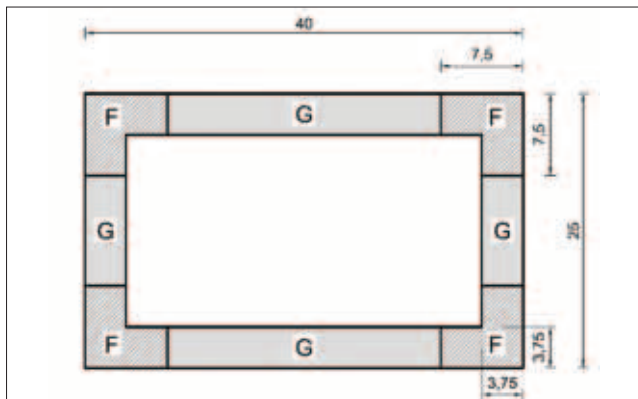
De afmetingen van de randzones zijn 3,75 m en de afmetingen van de beide lengten van de hoekzones zijn 7,5 m.

In figuur 5 is een schema van het dak gegeven met daarin aangebracht twee velden met een zonne-energiesysteem (bedekt oppervlak).



Figuur 5: schema van het dak, met gearceerd het oppervlak dat bedekt is met zonne-energiesystemen

In figuur 6 is het schema van de bijbehorende dakzoning gegeven.



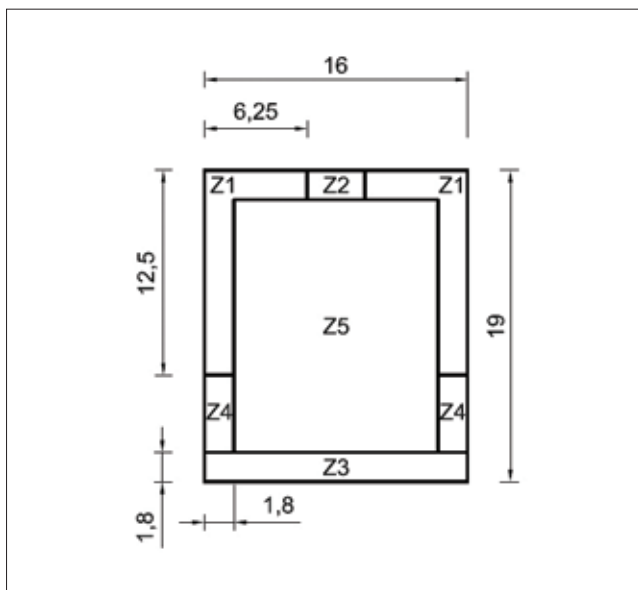
Figuur 6, schema dakzoning.

### Zones voor het bedekte oppervlak

Op het dak worden twee bedekte oppervlakten aangebracht. Eerst moet worden gecontroleerd of bij de gegeven tussenafstand er sprake is van één of twee beschouwde oppervlakten. In het voorbeeld is de tussenafstand  $d_s = 2$  m. In dit voorbeeld is uitgegaan van  $h_s = 0,6$  m. Hieruit volgt dat  $d_s > 2 \times h_s$ . Er moet dus worden uitgegaan van twee bedekte oppervlakten.

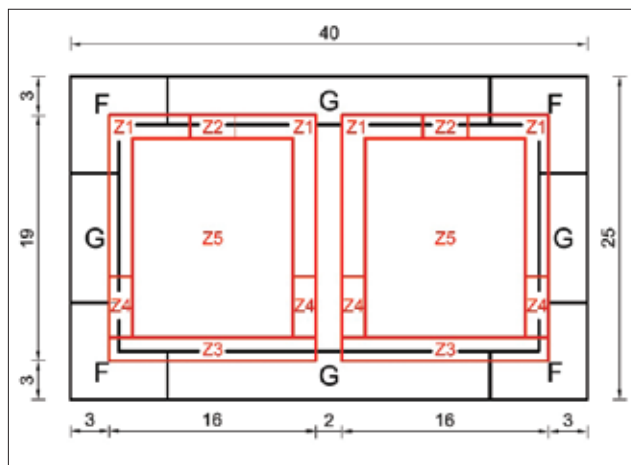
De afmetingen van de belastingzones worden bepaald met de formule  $a_s = 0,25 \times d_1$ , waarbij  $a_s$  niet groter mag zijn dan  $h$ . Hieruit volgt  $a_s = 0,25 \times 25 = 6,25$  m.

In figuur 7 zijn de afmetingen van de belastingzones gegeven.



Figuur 7, afmetingen belastingzones

Het schema van de belastingzones moet over het schema van de dakzones worden geprojecteerd zoals dat in figuur 8 is weergegeven.



Figuur 8, combinatie dakzones en belastingzones

In NEN 7250 zijn voor de dakzones en belastingzones netto drukcoëfficiënten gegeven. Voor iedere zone op het dakvlak moet de hoogste waarde worden aangehouden. In het vervolgartikel zal nader worden ingegaan op het bepalen van de rekenwaarde van de windbelasting per betreffende zone. ●

### Literatuur

- NEN-EN 1991-1-4 Eurocode 1, belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – windbelasting;
- NEN 7250 zonne-energiesystemen – Integratie in daken en gevels – bouwkundige eisen;
- Geurts, C.P.W. en Benthum C.A. van 'A novel guideline for windloads on solar energy systems' ICBEST 2014, June-12, 2014, Aachen, Germany;
- ISSO Handboek HBZE Bouwkundige- en installatietechnische richtlijnen voor zonne-energiesystemen, januari 2012.

Zie voor meer informatie over NEN 7250 [www.dakweb.nl](http://www.dakweb.nl)