

# Platte daken 'wateraccumulatie-proof' in 2009?

*Gemeenten en overheden blijken nog niet gereed met de controle van platte daken op het fenomeen wateraccumulatie. Het is zorgelijk dat de risico's op een dakinstorting door wateraccumulatie ernstig onderschat worden.*

Ing J.M. Bruins,  
DGI Dak & Gevel Ingenieurs

Mij is niet bekend waarop de berichten van VROM in de media zijn gebaseerd, waarin gesteld wordt dat men gereed is met de in 2003 begonnen controle van de gemeentelijk en publieke gebouwen op instortingsgevaar als gevolg van water- of sneeuwaccumulatie. Dagelijks stellen wij vast, op basis van de aanvragen voor de uitvoering van controleberekeningen voor constructieve wateraccumulatie, dat men verre van gereed is.

## Gemeente Dongen

De gemeente Dongen is een van eerste gemeenten die op adequate wijze invulling heeft gegeven aan het verzoek van de minister van VROM om de risicovolle daken te inventariseren en daadwerkelijk te laten onderzoeken.

Concreet zijn er 14 gebouwen onderzocht en constructief doorgekeurd. Uniek is dat zij ook gebouwen (met een belangrijke publieke functie) waarvan zij geen eigenaar is op haar kosten heeft laten onderzoeken. De resultaten van het onderzoek waren representatief: 2 gebouwen voldeden, op 10 gebouwen moest het noodoverloopsysteem worden aangepast en op 2 gebouwen moest naast plaatsing van een nieuw noodoverloopsysteem ook de staalconstructie worden aangepast.

## Onderzoeksresultaten instortingen

Bij de onderzochte door wateraccumulatie dakinstortingen blijkt er steeds sprake te zijn van ernstige constructiefouten. De constructiefouten ontstaan tijdens de ontwerp- en, in mindere mate, de uitvoeringsfase.

DGI Dak & Gevel Ingenieurs BV houdt vanaf 2003 de resultaten bij van de risico's die bij preventieve risico-inventarisatie wateraccumulatie worden vastgesteld.



Overzicht risico-analyse wateraccumulatie:

1. Slechts 5% van de geanalyseerde daken voldoet aan de wettelijke bouwvoorschriften.
2. Bij 15% van de gebouwen zal het dak bij de voorgeschreven hoeveelheid water niet bezwijken, maar voldoet zij niet aan de voorschriften.
3. Bij 70% van de gebouwen zal het dak vrijwel zeker bezwijken wanneer een serieuze stortbui het gebouw treft én het reguliere HWA-systeem faalt t.g.v. verstoppingen of tijdelijke overbelasting van het riolsysteem.
4. Bij 10% van de gebouwen blijkt het dak zeer gevoelig voor wateraccumulatie en er is grote kans op instorten tijdens een hevige regenbui.

## Onderzoeksresultaten dakinstorting

In de zomer van 2007 hebben wij onderzoek verricht naar de oorzaak van een dakinstorting van een bedrijfspand in Apeldoorn. Ter illustratie van de problematiek volgt hierna het verslag van het onderzoek.



### Toelichting kritieke stijfheidfactor dakvlak 1

De kritieke stijfheidfactor *n* is een maat voor de constructieve gevoeligheid voor wateraccumulatie. Bij constructies waar *n kleiner is dan of gelijk is aan 1* zal divergentie kunnen optreden. Of, anders gezegd: er wordt bij divergentie geen evenwichtsstand gevonden.

Bij constructies waar *n groter is dan 1* zal convergentie optreden en er zal dus een evenwichtstoestand worden gevonden.

Om inzicht te verkrijgen is de waarde van *n* bepaald voor de bestaande situatie door middel van de volgende betrekking.

$$n = \frac{\pi^4 EI}{d^3 \gamma_{rep} l^4}$$

waarin:

- n** is de kritieke stijfheidfactor (dimensieloos, indicatie indien  $n \leq 1$  instabiel;  $n > 1$  stabiel); -;
- d** is de onderlinge afstand van de liggers; mm;
- $\gamma_{rep}$**  is het volumiek gewicht van water; N/mm<sup>3</sup> ;
- l** is de overspanning van de ligger; mm;

- E** is de elasticiteitsmodulus van het materiaal van de ligger; N/mm<sup>2</sup>;
- I** is het axiaal kwadratisch oppervlaktemoment (traagheidsmoment) van de ligger; mm<sup>4</sup>.

De berekening van de *n*-factor voor de maatgevende liggerprofielen in de onderhavige situatie staat in de onderstaande tabel:

Kritieke stijfheidfactor n		
indien n kleiner dan of gelijk aan 1: kritisch		
indien n groter dan 1: veilig		
n	is de kritieke stijfheidsfactor;	0.68 -
d	is de onderlinge afstand van de ligger;	5000 mm
$\gamma_{rep}$	is het volumieke gewicht van water;	1.00E-05 N/mm <sup>3</sup>
l	is de overspanning van de ligger;	15000 mm
E	is de materiaal elasticiteitsmodulus (isotroop materiaal);	2.10E+05 N/mm <sup>2</sup>
$I_{yy}$	is het traagheidsmoment ten opzichte van de y-as.	8.36E+07 mm <sup>4</sup>

Kritieke stijfheidfactor IPE 300 van de bestaande toestand.

Conclusie: indien de *n*-factor  $\leq 1$  is de constructie is gevoelig voor wateraccumulatie. Geadviseerd wordt deze controle berekening altijd te maken bij de controle op wateraccumulatiegevoeligheid.

De gegevens van de staalconstructie van het gebouw zijn ter plaatse geïnventariseerd en vastgelegd.

De maximum hoogte van de dakrand t.o.v. het dakvlak 1 is circa 225 mm. Zeeg en afschot zijn ter plaatse ingemeten. Gestart is met de bepaling van de rekenbelasting werkzaam op de dakconstructie volgens de norm NEN 6702. Het onderzochte dak bestaat uit één dakvlak.

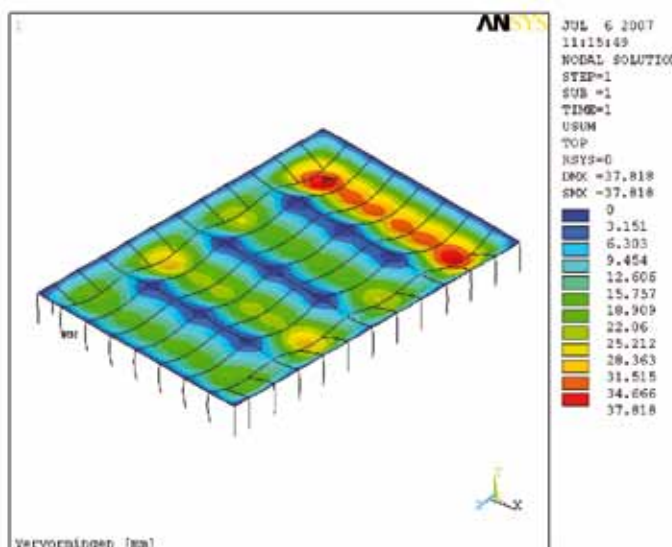
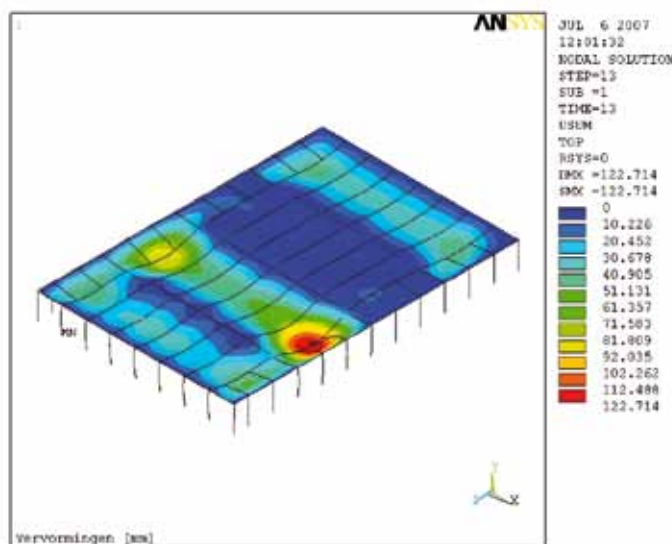
Na definiëring van de belastinggevallen voor het dakvlak is het dakvlak in een computersimulatie gemodelleerd, in overeenstemming met de praktijksituatie. De modellering is zodanig gekozen dat het praktisch optredende mechanisch gedrag nauwkeurig numeriek kan worden gesimuleerd.

Uit deze simulatie bleek dat het dak niet voldeed aan de eisen van de NEN 6702 met betrekking tot wateraccumulatie. De bestaande noodafvoeren hadden een onvoldoende waterafvoercapaciteit. Tevens bleek de constructie zeer gevoelig voor wateraccumulatie vanwege de kritieke stijfheidsfactor kleiner dan 1. Beide oorzaken hebben bijgedragen aan de instorting van het dakvlak ten gevolge van wateraccumulatie. De numeriek berekende locatie van de instorting blijkt overigens met de werkelijkheid overeen te komen.

### De berekeningen

De berekeningsresultaten zijn grafisch weergegeven. Het verloop van de vervormingen (verplaatsingen) en de spanningen wordt met kleuren in beeld gebracht. Er is vervolgens gezocht naar de initiële waterhoogte waarbij het dakvlak zou gaan bezwijken.

Uit de numerieke berekeningen is gebleken dat wanneer het waterniveau vanaf 10 mm ten opzichte van het laagste punt van het dakvlak stijgt, de dakconstructie constructief bezwijkt.





Het dak was voorzien van acht noodafvoeren in de dakrand: breedte noodafvoer 90 mm, hoogte noodafvoer 60 mm, drempelhoogte noodafvoer 0 mm. Het oppervlak van het dak is circa 2320 m<sup>2</sup>.

De resultaten van de berekening van de noodafvoer(en) in de dakrand zijn samengevat in de onderstaande tabel.

Initiële waterhoogte bij afvoeren in dakrand		
NEN 6702		
A =	2320 m <sup>2</sup>	dakoppervlak voor beschouwde noodafvoeren
b =	0.090 m	overlaatlengte noodafvoeren
j =	8	aantal noodafvoeren
h <sub>nd</sub> =	0.000 m	hoogte van de noodafvoer boven het dakvlak (drempel)
i =	4.70E-05 m/s	regenintensiteit
d <sub>nd</sub> =	0.199 m	stijghoogte boven rand noodafvoer
d <sub>max(0)</sub> =	0.199 m	Totale waterhoogte t.p.v. noodafvoer

**Conclusie: de noodafvoeren voldeden niet in de bestaande toestand.**

De noodafvoeren hebben onvoldoende waterafvoercapaciteit waardoor wateraccumulatie is opgetreden. De opgetreden initiële waterhoogte is groter dan de numeriek berekende initiële waterhoogte bij bezwijken. Geconcludeerd moet dan ook worden dat het dakvlak helaas is bezweken door wateraccumulatie.

### Schijnveiligheid nog steeds aanwezig

Graag hadden wij na bovenstaande bevindingen geconcludeerd dat na het bijplaatsen of plaatsen van noodoverlopen de daken als veilig beschouwd kunnen worden. Helaas is dit, blijkens onze controles, in de praktijk niet het geval. Tot op heden hebben wij moeten vaststellen dat wateraccumulatieberekeningen (te vaak) niet goed worden gemaakt.

Zo blijkt bij de constructieve controle van nieuwbouwprojecten dikwijls dat de wateraccumulatieberekeningen niet correct zijn gemaakt. Regelmatig worden berekeningen aangetroffen waaruit blijkt dat de constructeur het iteratieve wateraccumulatieproces niet heeft doorgrond. Met aannames van de maximaal toelaatbare waterbelasting wordt de afmeting van de noodoverloop op onjuiste wijze bepaald. Ons lijkt het van belang dat toezichthoudende instanties de tools aangereikt krijgen waarmee wateraccumulatieberekeningen kunnen worden gecontroleerd.