

# Natuurlijk geventileerde hoogbouw

*De natuurlijke ventilatiemogelijkheden in hoogbouw staan wereldwijd op dit moment steeds meer in de belangstelling. Het heeft te maken met de volgende aspecten:*

- voldoen aan de wens bij gebruikers om contact met buiten te ervaren;
- correctiemogelijkheden voor het binnenklimaat als airconditioning niet volledig voldoet;
- een toenemende interesse in het gebruik van natuurkrachten om energie op te wekken en het klimaat te beheersen;
- reductie van het ventilatorenergiegebruik. Bij grote en hoge gebouwen (> 25.000 m<sup>2</sup> b.v.o) kan het ventilatorenergiegebruik oplopen tot meer dan een miljoen kilowattuur per jaar;
- reductie op het koelenergiegebruik door het toepassen van vrije koeling.

*-door dr.ir. P. van den Engel\**

**A**l jaren worden kunstenaars en architecten geïnspireerd door hoogbouw (figuur 1). Vorm en techniek kunnen in elkaar overlopen. De zoektocht naar nieuwe mogelijke vormen is nog lang niet afgelopen. Het ventilatiesysteem zou een aanvullende vorm van inspiratie kunnen worden.



Een hoogbouwplastic van Kasimir Malevitch (St. Petersburg, 1926).

- FIGUUR 1 -

Bij diverse hoge gebouwen worden op dit moment al te openen ramen opgenomen, waarbij het tweede huidraam ("Kastenfenster") of de tweede tweede-huidgevel/façade al het meest worden toegepast. Bij het Swiss RE-gebouw is het gebouw opgedeeld in segmenten, gestapelde atria, die op gunstige momenten via de tweede huid, natuurlijk kunnen worden geventileerd (figuur 2).

Bij hoge gebouwen hebben hybride ventilatiesystemen het meeste kans van slagen. Op momenten dat het gunstig is wat betreft windsnelheid en temperatuur kan natuurlijk worden geventileerd of een deel van het ventilatiesysteem kan gebruik maken van natuurkrachten. Omdat een hoog ventilatievoud dan geen energie kost, komt dit ook ten goede aan de luchtkwaliteit. Het ventilatievoud kan worden verhoogd als de omstandigheden dit mogelijk maken. Mechanische ondersteuning vindt dan plaats op momenten dat dit echt nodig is. Bij een gebouw met een tweede tweedehuidgevel is dit relatief eenvoudig: Met een CO<sub>2</sub>-sensor kan de luchtkwaliteit in een ver-



Weergave van een 180 m hoog verzekeringskantoor, het Swiss RE-gebouw in Londen, waarvan een aantal van de driehoekige ramen kunnen worden opgezet om de tweede huid en de atria te kunnen ventileren.

- FIGUUR 2 -

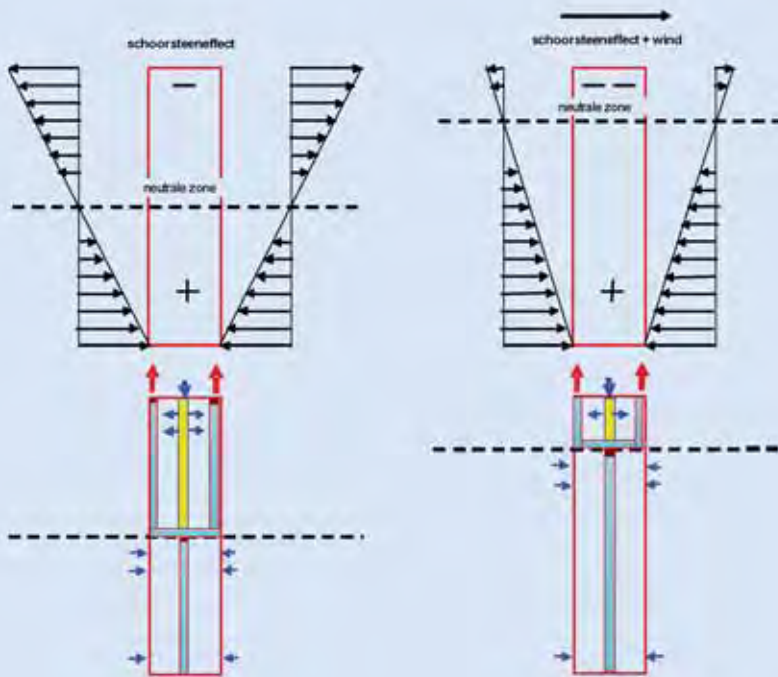
blijfsgebied worden gemeten en de mechanische toevoer kan plaatselijk worden afgesloten als natuurlijk voldoende effectief wordt geventileerd. De centrale ventilatoren kunnen op dat moment worden teruggeregeld: 10 % terugregeling levert maximaal 30 % ventilatorenergiebesparing op en 20 % zelfs 60 %, omdat het ventilatorvermogen evenredig is met de derde macht van de luchtsnelheid.

## **Ontwerpen met drukverschillen**

Om te weten hoe in een hoog gebouw het beste gebruik kan worden gemaakt van natuurkrachten, is het nodig om te weten van welke principes gebruik kan worden gemaakt.

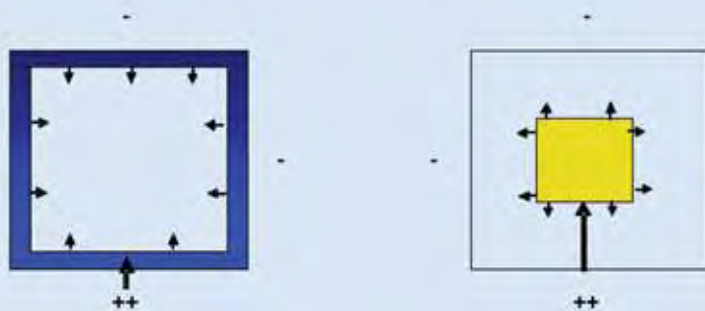
Als alleen wordt gekeken naar thermische trek - en het aantal openingen over een hoog gebouw is gelijkmatig verdeeld - dan ontstaat in het midden van het gebouw een neutrale zone (figuur 3, links boven). Onder deze zone wil de lucht naar binnen, boven deze zone

\* Deerns RI/TU-Delft



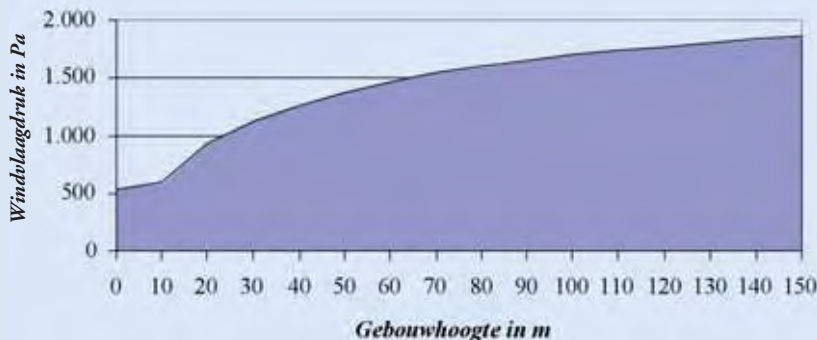
Schematische weergave drukverschillen als gevolg van thermische trek (linksboven) en drukverschillen van een combinatie van thermische trek met onderdruk door de wind boven het dak (rechtsboven). Daaronder is weergegeven hoe een natuurlijk ventilatiesysteem van deze principes gebruik zou kunnen maken.

- FIGUUR 3-



Mogelijkheid om gebruik te maken van drukverschillen op de gevel om de ventilatiestroom in het gebouw op gang te brengen.

- FIGUUR 4-



Relatie maximale windvlagdruk gebouwhoogte [2].

- FIGUUR 5-

wil de lucht naar buiten stromen. Door gebruik te maken van de, door de wind veroorzaakte, onderdruk boven het dak, kan het gebied waarin lucht naar buiten wil stromen nog verder worden verkleind (figuur 3, rechts boven).

Dat dit zogeheten schoorsteeneffect t.o.v. de winddruk een belangrijke kracht is, laat het volgende voorbeeld zien: Bij een gebouw van 200 m hoog en een temperatuurverschil van 10 °C tussen binnen en buiten is het thermisch

drukverschil ca. 84 Pa. De onderdruk door de wind boven het dak is bij een windsnelheid van 5 m/s ca. 16 Pa. Indien het schoorsteeneffect wordt versterkt door zonnewarmte wordt het drukverschil nog veel groter.

Winddruk op de gevel kan het bovenstaande "ideaalplaatje" uiteraard verstoren, maar winddruk op de gevel kan eveneens positief worden benut voor het ventilatiesysteem. Als er per verdieping - of gecombineerde verdiepingen - een kanaal rond het gebouw wordt gemaakt kan aan die zijde van het gebouw waar een overdruk (of minste onderdruk) heerst, lucht het kanaal instromen voor gebouwventilatie. Aan de andere zijden kan het kanaal afgesloten blijven (figuur 4). Het is ook mogelijk om hetzelfde principe te gebruiken als via een centraal atrium, lucht wordt toegevoerd voor meerdere bouwlagen. In dat geval wordt lucht alleen aan de loefzijde van het gebouw naar het atrium toegevoerd.

Rechtstreekse natuurlijke toevoer via de gevel kan wel problematisch zijn. Bij een gebouwhoogte van 150 m kunnen bij orkaankracht, windvlagen voorkomen met een kracht van 180 kg/m<sup>2</sup> (figuur 5). Dit betekent dat toepassing van "standaard" ventilatioorosters bij hoogbouw risico's opleveren. Er zijn robuuste elementen nodig met een hoge mate van betrouwbaarheid bij extreme weercondities. Bij toepassing van de principes uit figuur 4 kan het aantal toevoerelementen beperkt blijven, zodat dit aspect makkelijker beheersbaar is.

### Voorbeelden van systemen

Er worden vijf mogelijkheden besproken van ventilatieprincipes die geschikt kunnen zijn voor hoogbouw (zie tabel 1).

In figuur 6 wordt nader weergegeven wat de ontwerpprincipes van systeem A1, A2 en B zijn:

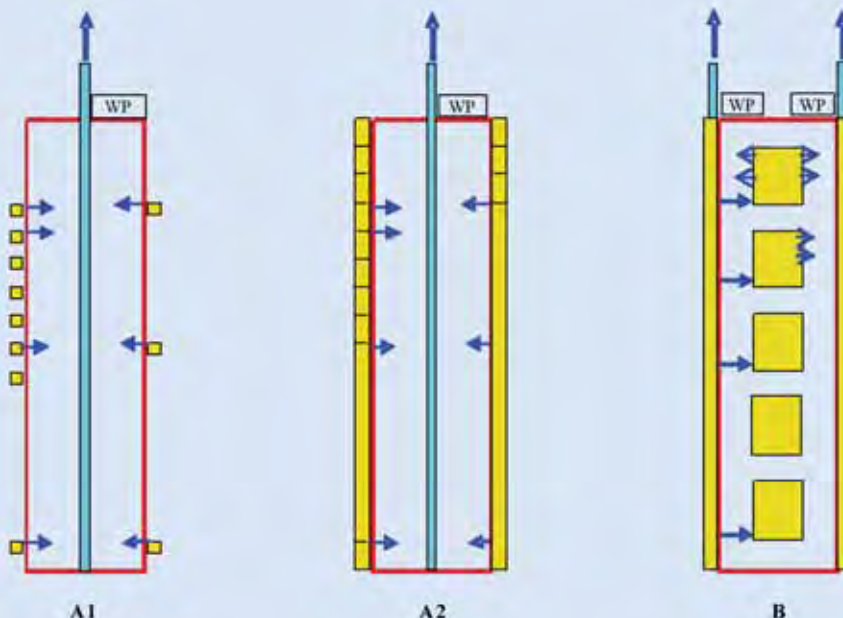
Bij figuur A1 vindt luchttoevoer plaats via een omloopkanaal. Bij A2 is het omloopkanaal een tweede huidfaçade. In het koelseizoen heeft toevoer via een tweede huidfaçade nadelen, zodat dan een aanvullende regeling of toevoervoorziening in relatie tot de temperatuurbeheersing nodig is. In figuur B is de afvoer opgenomen in de tweede huidfaçade. Lucht wordt aan de

Route leeflucht	Toevoer	Afvoer	
A1. Van laag naar hoog.	Via de loefzijde van een omloopkanaal per verdieping.	Via een centrale schacht naar het dak.* <sup>1</sup>	Figuur 5
A2. Van laag naar hoog.	Via de loefzijde van een doorlopende tweede huidfaçade per verdieping.* <sup>2</sup>	Via een centrale schacht naar het dak.* <sup>1</sup>	Figuur 5
B. Van laag naar hoog.	Via een atrium, toevoer aan de loefzijde, lucht indien nodig voorverwarmd, zo mogelijk via warmte uit een tweede huidfaçade.	Via tweede huidfaçade, afvoer naar het dak.* <sup>3</sup>	Figuur 5
C. Van laag naar hoog.	Via een centrale schacht vanaf de loefzijde van het gebouw naar boven, warmterugwinning vindt plaats met een twee-elementen-systeem	Via een centrale schacht, afvoer aan de lijszijde van het dak.	Figuur 6
D. Van hoog naar laag.	Via een centrale schacht vanaf de loefzijde van het dak naar beneden, dan via een schacht naar boven waarbij lucht wordt voorverwarmd via een warmte-wisselaar. [3]	Via een centrale schacht, afvoer aan de lijszijde van het dak.	Figuur 6

\*<sup>1</sup> Indien nodig voorzien van windgedreven kap of afvoermogelijkheid aan lijszijde.  
\*<sup>2</sup> Om te voorkomen dat de temperatuur van de tweede huidfaçade te veel oploopt moeten in perioden van een warmteoverschot meer delen worden opengezet dan alleen aan de loefzijde.  
\*<sup>3</sup> Toe- of afvoer met ventilatoren per kamer is noodzakelijk indien er te weinig doorstroming van verse lucht is.

**Overzicht van enkele mogelijkheden van natuurlijke ventilatie van hoogbouw.**

- TABEL 1-



**Mogelijkheden om lucht op een natuurlijke wijze toe- en af te voeren in een hoog gebouw (lage toevoer, hoge afvoer).**

- FIGUUR 6-

loefzijde toegevoerd naar het atrium. Vanuit het atrium worden de werkplekken van verse lucht voorzien. De lucht kan eventueel worden voorver-

warmd via een tweede huidfaçade. Bij alle drie de varianten kan de afgevoerde warmte worden benut door een warmtepomp.

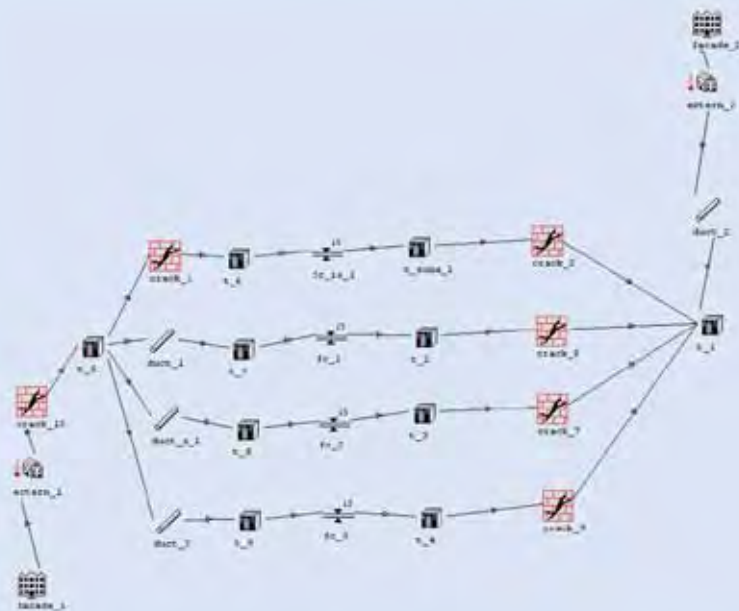
Met massastroomsimulaties met het programma Comis (zie figuur 7) werd vastgesteld dat systeem A1 vrijwel het gehele jaar op een natuurlijke manier kan functioneren.

Maar ook bij toepassing van een hybride systeem is de besparing aanzienlijk: Bij een gebouw van 25.000 m<sup>2</sup> b.v.o. waarin 2 dm<sup>3</sup>/sm<sup>2</sup> verse lucht (50 m<sup>3</sup>/s) wordt toegevoerd kan - bij reductie van het gemiddelde drukverschil van 2.500 Pa naar 500 Pa - 80 % op het ventilatorenergiegebruik worden bespaard. Dit is ca.700.000 kWh. Doordat ook veel meer gebruik wordt gemaakt van vrije koeling is bovendien een vergelijkbare besparing mogelijk op koelenergie.

De totale keten van het ventilatiesysteem moet daarbij uit elementen bestaan met een lage luchtweerstand. Constant volumeregelaars die al bij kleine drukverschillen functioneren, zijn nodig en bij filtering van toevoerlucht is een elektrostatisch filter - dat een lage luchtweerstand heeft - wenselijk.

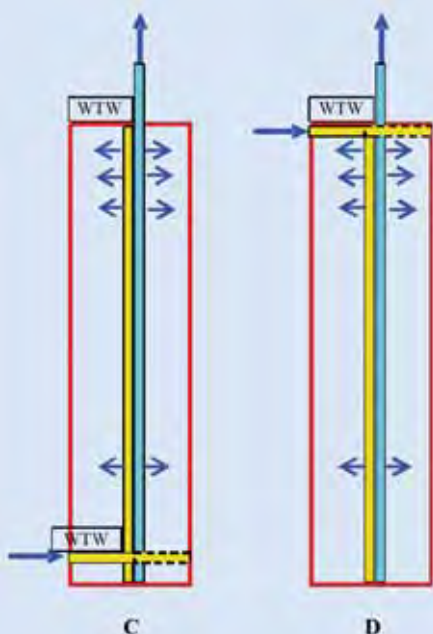
Het zal duidelijk zijn dat het nodig is om al in een heel vroeg stadium van het ontwerpproces te weten hoe het ventilatiesysteem wordt uitgevoerd en aandacht te geven aan de onderhoudsvriendelijkheid daarvan. Elementen die zich aan de gevel bevinden of centrale schachten kunnen tegelijkertijd een constructieve functie vervullen en daarmee bijdragen aan de economische haalbaarheid van het concept. Teneinde het aantal elementen zo klein mogelijk te houden is het ook een optie om verse lucht toe te voeren en ook af te voeren met een centrale schacht (figuur 8). Warmterugwinning bij ventilatielucht kan in beide gevallen (C en D) worden gerealiseerd.

Aangezien de winddruk op hoeken extra groot kan zijn is de optie van luchttoevoer bij de dakrand (D) niet zo vreemd gekozen, al lijkt het tegen de thermiek in te gaan. Zolang de toevoerlucht maar koeler blijft dan de afvoerlucht blijft de thermische werking in stand. Indien warmte van tweede huidfaçades wordt afgevoerd via schachten [4] en momenten met hoge windsnelheid worden benut is het een optie om in de ventilatiekanalen turbines op te nemen, zodat het ventilatiesysteem ook energie kan opwekken.



Voorbeeld rekenmodel in Comis. In het rekenmodel is het totale traject tussen toe- en afvoer gemodelleerd, waaronder het omloopkanaal.

- FIGUUR 7-



Lucht toe- en afvoer met een centrale schacht, en een lage plaats van de luchttoevoer (C) of hoge plaats van de luchttoevoer (D).

-FIGUUR 8-

## RESUMÉ

Het doel van het artikel is vooral om te laten zien dat na gedegen onderzoek er opties zijn om meer met natuurlijke ventilatie en hoogbouw te doen dan nu het geval is.

Ook al wordt maar een deel van de hierboven besproken principes toegepast, kan dit al een aanzienlijke verbetering van het binnenklimaat opleveren (meer ventilatie, minder vuil wordende oppervlakken) en vermindering van het energiegebruik (minder ventilatoren en koelenergie).

## LITERATUUR

1. Engel, P. van den, Kort, P. de. *Mogelijkheden van natuurlijke ventilatie in hoogbouw. Ventilatieconcepten voor boven de 150 m.* Verwarming en Ventilatie+. November 2005.
2. NNI. NEN 6702. *Technische grondslagen voor bouwconstructies - TGB 1990 - Belastingen en vervormingen.* 2005.
3. Bronsema, B. *Earth, wind and fire. Towards new concepts for climate control in buildings.* Research project TU-Delft. 2007.
4. Müller H. *Improved concepts for the use of Solar energy in an existing University building.* In: Façade en klimaat. Technologie en organisatie van alu-glasfaçades. Symposium TU-Delft, 12 mei 1998.

## NOTEN

- <sup>1</sup> De eerste vier voorbeelden zijn gebaseerd op een onderzoek van Deerns, deels i.s.m. DGMR en Pieter de Kort bij de TU-Eindhoven [1]. De laatste variant D is afgeleid uit het lopende promotieonderzoek bij de TU-Delft van Ben Bronsema [3], waarover hij in een later stadium zelf zal publiceren.
- <sup>2</sup> Dit programma is gebaseerd op het resultaat van het International Energy Agencies (IEA) Annex 23 project en wordt verspreid door CSTB. Momenteel is het ook geïntegreerd in het gebouwsimulatieprogramma TRNSYS (TRNFLOW).

## “NORMEN MOEILIJK LEESBAAR”

Normen zijn niet eenvoudig leesbaar, vindt 57 procent van de normgebruikers. Toch zijn normen in het algemeen wel goed opgesteld. Dit zijn de belangrijkste conclusies uit een onderzoek naar vereenvoudiging van de NEN-normen die zijn aangewezen in het Bouwbesluit. Daarin staat ook een aantal normen voor de installatietechniek in woningen en gebouwen. Op verzoek van het ministerie van VROM voert NEN een uitgebreid onderzoek uit naar de mogelijkheden tot vereenvoudiging van die normen. De bedoeling is inzicht te krijgen in de belangrijkste knelpunten voor de gebruikers van normen.

## RUIMTE MANAGEMENT

GTI heeft een ruimte managementsysteem ontwikkeld waarmee informatie over de bezetting van ruimtes in gebouwen wordt verwerkt tot managementinformatie. GTI kreeg voor dit concept octrooi, waardoor ze het alleenrecht heeft op de toepassing. Het draadloze systeem is geschikt voor toepassing in bestaande gebouwen. Het Friesland College in Heerenveen heeft de primeur. Inmiddels heeft ook de Hanze Hogeschool in Groningen overeenstemming voor een pilot project.

## INSTALLATIE PERFORMANCE SCAN

Het UNETO-VNI Cursusloket presenteert in samenwerking met DWA KennisForum een training over de Installatie Performance Scan. Deze Scan beoordeelt de prestaties van klimaatinstallaties als geheel. Met dit nieuwe instrument is snel inzichtelijk welke verbeteringen aan verwarmings- of koelinstallaties eenvoudig en betaalbaar kunnen worden aangebracht. De kosten van zo'n scan, verdienen zich snel terug door een lager energiegebruik, minder storingen en minder comfortklachten, aldus de organisatoren.

## VSK 2008 VOORTVAREND VAN START

De Nederlandse installatievakbeurs VSK 2008 heeft een voortvarende start gemaakt. Inmiddels is de helft van de beschikbare expositieruimte gereserveerd. Beursthema is: 'VSK steekt energie in het klimaat'. De beurs wordt van 11 tot en met 15 februari gehouden in de Jaarbeurs in Utrecht.