

# GEAVANCEERDE NATUURLIJKE VENTILATIE BIJ KANTOORGEBOUW RIJKSWATERSTAAT TE MAASTRICHT



ir. T.J. Haartsen, Climatic Design Consult Nijmegen  
ir. E.R. van den Ham, Climatic Design Consult Amsterdam

Bouwfonds Vastgoed Ontwikkeling ontwikkelde voor de Rijksgebouwendienst (Rgd) een kantoorgebouw op het Ceramique-terrein te Maastricht. De Rijksgebouwendienst formuleerde als belangrijke uitgangspunten dat het een "installatie-arm" en energiezuinig gebouw moest zijn. Dit artikel geeft aan hoe de direct betrokkenen in het ontwerpteam (zie kader), Hubert Jan Henket architecten, Technisch Adviesbureau Becks en Climatic Design Consult, daaraan invulling hebben gegeven. In het bijzonder wordt ingegaan op het principe en het ontwerp van het natuurlijke ventilatiesysteem.

<i>gebruikers:</i>	Rijkswaterstaat, directie Limburg
<i>aanbestedende dienst:</i>	Rijksgebouwendienst directie Zuid
<i>ontwikkelaar:</i>	Bouwfonds Vastgoed-ontwikkeling BV
<i>bouwprojectmanager:</i>	Arcadis Bouw/Infra
<i>architect:</i>	Hubert Jan Henket architecten BNA
<i>adviseur constructies:</i>	Van der Vorm Engineering
<i>adviseur W+E:</i>	TA Becks
<i>adviseur bouwfysica:</i>	Climatic Design Consult
<i>aannemer B:</i>	HBG utiliteitsbouw, regio Eindhoven
<i>aannemer W + E:</i>	GTI Heerlen

## ONTWERPUITGANGSPUNTEN

Het uitgangspunt "installatie-arm" is in dit gebouw vertaald in twee aspecten:

- de voorzieningen voor koelen en ventileren zijn beperkt tot het hoogst noodzakelijke;
- het gebouw zelf heeft grote invloed op de te realiseren condities, daarbij spelen ook de gebruikers een belangrijke rol. Het gebouw functioneert als een klimatiseringsmachine. Vooral de invloed van de gebruikers vereist dat de techniek eenvoudig en begrijpelijk is.

Het uitgangspunt "installatie-arm" en energiezuinig moest uiteraard worden gerealiseerd binnen de standaard prestatiespecificaties van de Rgd. Daarom zijn bij het ontwerp twee aanvullende voorwaarden gesteld:

- in het gebruik dient bewust de productie van interne warmte te worden beperkt, bijvoorbeeld door gebruik te maken van energiezuinige computersystemen;
- de regelintensiteit van enkele andere installaties moet worden verhoogd om comfort te garanderen: verlichtingsregelingen, regeling van de zonwering, nachtventilatie.

## Gebouw als klimatiseringsmachine

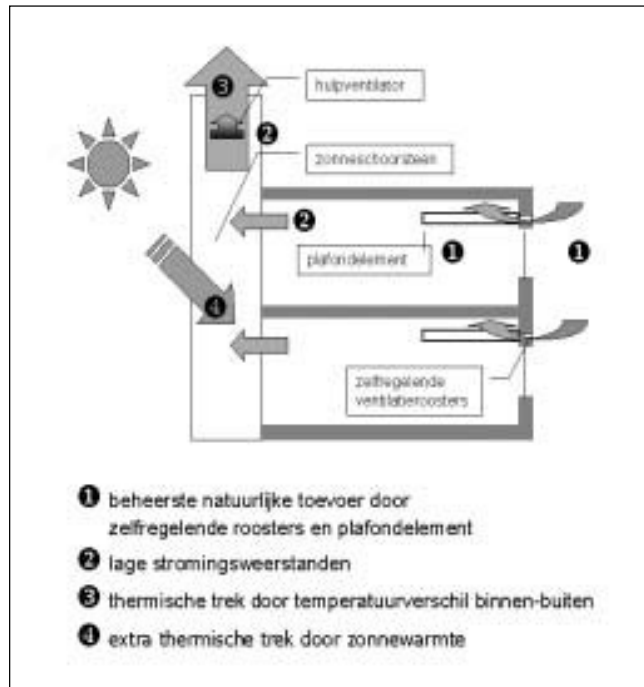
In dit geval is er voor gekozen het gebouw een rol te geven in het beheersen van de zomertemperaturen en in de ventilatie.

Voor het thermisch comfort in de zomer zijn de min of meer gangbare voorzieningen aan het gebouw getroffen zoals thermisch open plafonds, beperking van het glaspercentage, effectieve en goed geregelde buitenzonwering en kunstverlichting met geringere warmtebelasting.

De wijze waarop het gebouw bijdraagt aan het ventilatiesysteem is zonder meer innovatief te noemen. Het principe is in figuur 1 geschetst.

De natuurlijke drijvende krachten van wind, zon en thermische trek worden zoveel mogelijk benut om het gebouw te ventileren. De lucht wordt daarbij via zelfregelende ventilatieroosters over een speciaal ontworpen plafond-element toegevoerd en via zogenoemde zonneshoorstenen (ook wel solar chimneys genoemd) afgevoerd.

In de winter kan onder invloed van de thermische trek met dit systeem een comfortabele constante ventilatie gerealiseerd worden zonder de hulp van ventilatoren. In de zomersituatie



FIGUUR 1 PRINCIPES VAN VENTILATIESYSTEEM MET ZONNESHORSTEEN



**FOTO 1 ZONNESCHOORSTENEN GELEDEN HET GEBOUW TER PLAATSE VAN TRAPPENHUIZEN**

wanneer er geen of weinig temperatuurverschil tussen binnen en buiten is, wordt de thermische trek door zonnewarmte in de zonneshoorstenen aangewakkerd.

Desalniettemin zullen er met name in de zomerperiode momenten zijn dat er onvoldoende natuurlijke drijvende krachten voor de ventilatie zijn en daarom zijn er in de schoorstenen hulpventilatoren opgenomen. Omdat het hele ventilatiesysteem is ontworpen op lage drukverschillen en kleine stromingsweerstand is het vermogen en het energiegebruik van deze hulpventilatoren beperkt.

Door 's nachts in de zomer centraal alle ventilatoroosters te openen zorgt het gebouw bij buitentemperaturen onder de binnentemperatuur zelf voor nachtventilatie.

#### **Randvoorwaarden natuurlijke ventilatie kantoren**

Voor een kantoorgebouw met natuurlijke ventilatie dat moet voldoen aan de standaard prestatiespecificaties van de Rgd gelden de volgende voorwaarden:

- beperken en beheersen warmtebelastingen;
- gebruikers invloed geven op de condities op de eigen werkplek, waarmee een bredere acceptatiezone voor het (thermisch) comfort ontstaat;
- geen ruimten in het systeem betrekken waarin grote debieten in de winter zijn vereist, zoals vergaderzalen, o.a. ter voorkoming van te lage relatieve vochtigheid.

Verder is natuurlijke ventilatie gediend met het beperken van (wind)zuiging op de roosters, omdat de zuiging op een aantal roosters concurreert met de onderdruk van de afvoervoorzieningen.

#### **Invulling in het ontwerp**

Het kantoorgebouw is aanvankelijk ontworpen als een verzamelkantoor voor een achttal Rijksdiensten. Na verloop van tijd werd duidelijk dat het gebouw in zijn geheel door de directie Limburg van Rijkswaterstaat zou worden gebruikt. Het oorspronkelijke ontwerp vertoonde op de begane grond en de vierde verdieping gevels met grotere glaspercentages, waardoor voor deze verdiepingen mechanische koeling al noodzakelijk werd. In het ontwerp is voorzien dat CAD-stations en vergaderruimten met name op de begane grond en de vierde verdieping zijn gesitueerd. Deze verdiepingen zijn van een conventioneel mechanisch ventilatiesysteem met topkoeling voorzien.

De eerste tot en met derde verdieping zijn afgestemd op benutting van natuurlijke ventilatie:

- de zonbelasting is beperkt door toepassing van buitenzonwering en een relatief beperkt glaspercentage: puien bruto circa 43%;
- de vrijkomende warmte door verlichting is beperkt door toepassing van TL5 in de gevelzones en gebruik van een daglichtafhankelijke dimregeling (nagestreefd: 8 W/m<sup>2</sup>, gerealiseerd: 11 W/m<sup>2</sup> over een hele vleugel met name door een vermogen in de gangen van 16 W/m<sup>2</sup>);
- met de gebruikers is overeengekomen dat de warmteafgifte van computers wordt beperkt met autopower down voorzieningen;
- de aanwezige thermisch werkzame massa wordt optimaal benut door open plafonds toe te passen;
- door de open plafonds is de ruimtete hoogte groter hetgeen op verblijfsniveau tot een lagere luchttemperatuur leidt;
- over de (vergrote) radiatoren wordt in de zomer gekoeld water gestuurd waardoor net wat meer rek in de warmtebelastingen mogelijk is (koelvermogen circa 5 W/m<sup>2</sup> vloeroppervlakte);
- de betreffende verdiepingen zijn voorzien van een gekoeld waternet waarmee in zwaarder belaste vertrekken additionele koelconvectors kunnen worden geplaatst (bij het huidige gebruik is bij een kleine 20% van de plafondelementen, o.a. ter plaatse van CAD-stations e.d., een koelconvector met een vermogen van maximaal 200 W geplaatst);
- de hoogste verdieping doet niet mee in het systeem van natuurlijke ventilatie zodat, in samenhang met de schoorsteenhoogte, de kans dat de neutrale lijn onder toevoorzieningen van een natuurlijk geventileerde verdieping komt te liggen wordt verkleind;
- de drijvende kracht voor natuurlijke ventilatie wordt aan de zuidgevels vergroot met zon in de schoorsteen;
- de roosters zijn zo veel als mogelijk bij de gebouwhoeken weggelaten om (wind)zuiging zoveel mogelijk te beperken. Bovendien kon met de overdekte binnentuin op de gevels aan deze binnentuin een redelijk neutrale winddruk worden aangeboden;
- de luchttoetreding in de kantoren wordt beheerst.

#### **Beheersen luchttoetreding**

De luchttoetreding wordt beheerst door de toepassing van zelfregelende roosters, speciale voorzieningen om koudeval te voorkomen, individuele bediening tijdens werktijd en een regeling om de roosters buiten werktijd centraal te openen en te sluiten.

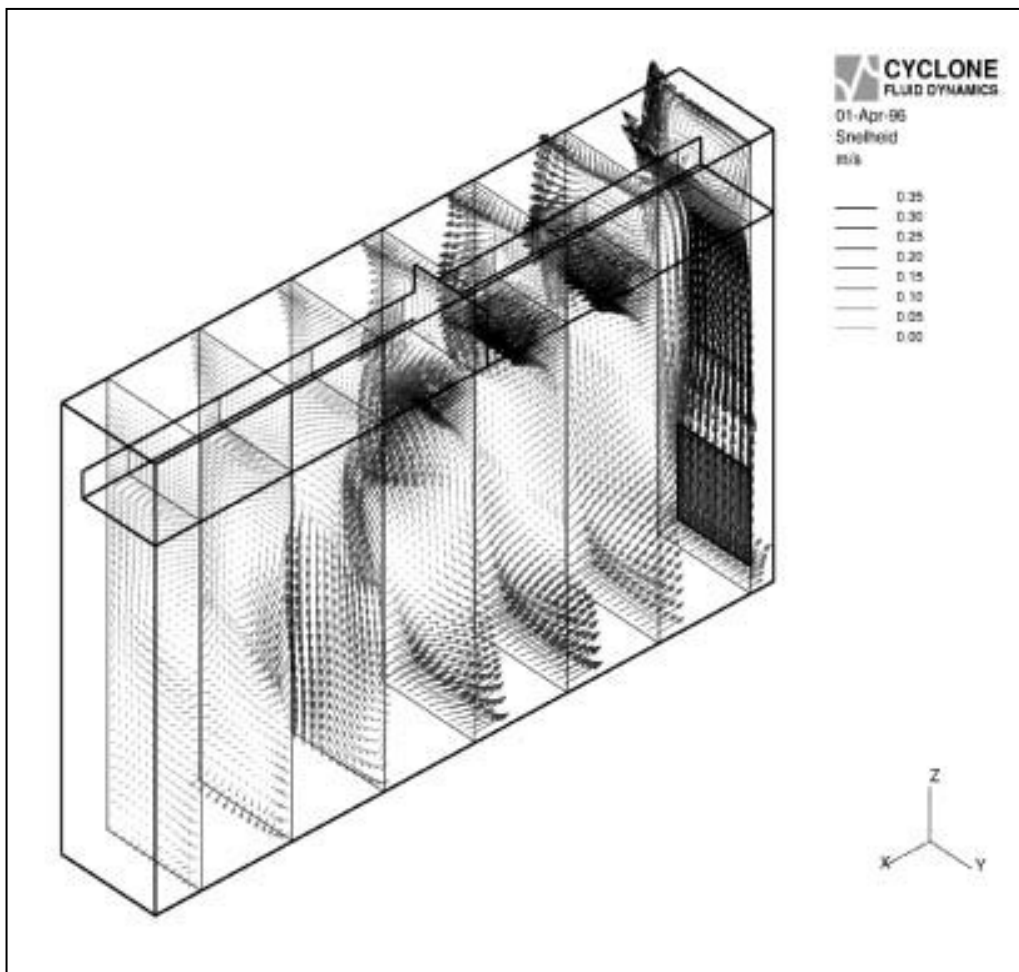
De prestaties van zelfregelende roosters zijn in een artikel van Knoll [1] aangegeven. Bij een gebouw dat zoveel mogelijk gebruik maakt van natuurlijke ventilatie (maar waarbij in de zomer ook ramen worden geopend in andere vertrekken!) blijft het door Knoll aangegeven beoordelingscriterium (1 Pa) beter dan criteria met een hogere grenswaarde zoals bepleit door Vollebregt [2]. Op het moment van aanbesteding waren slechts twee roosters op de markt die tot aan 1 Pa voldoende goed regelden: het elektronisch geregelde rooster van Alusta en het mechanische rooster van Compri. Bij dit gebouw is gekozen voor Compri.

De prestatiespecificaties van de Rgd formuleren eisen aan de maximale luchtsnelheid in de verblijfszone en de maximale temperatuurgradiënt zodanig dat extra voorzieningen nodig zijn om koudeval te voorkomen. Ten tijde van het ontwerp werd verwezen naar DIN 1946 (Raumluftechnik; teil 2, Gesundheitstechnische Anforderungen, Januar 1994), tegenwoordig naar NEN-ISO 7730 (Gematigde thermische binnencondities; Bepaling van de PMV- en de PPD-waarde en specificatie van de voorwaarden voor thermische behaaglijkheid, 1e druk september 1989): de gemiddelde luchtsnelheid moet in de winter in de zone tot 1,5 m hoog, vanaf 0,5 m van de buitengevel en vanaf 0,3 m van binnenwanden, kleiner zijn dan 0,15 m/s. NEN-ISO 7730 vraagt een maximaal temperatuurverschil van 3K tussen 0,1 m hoogte en 1,1 m hoogte, DIN 1946 vraagt een gradiënt van maximaal 2K per meter hoogte.

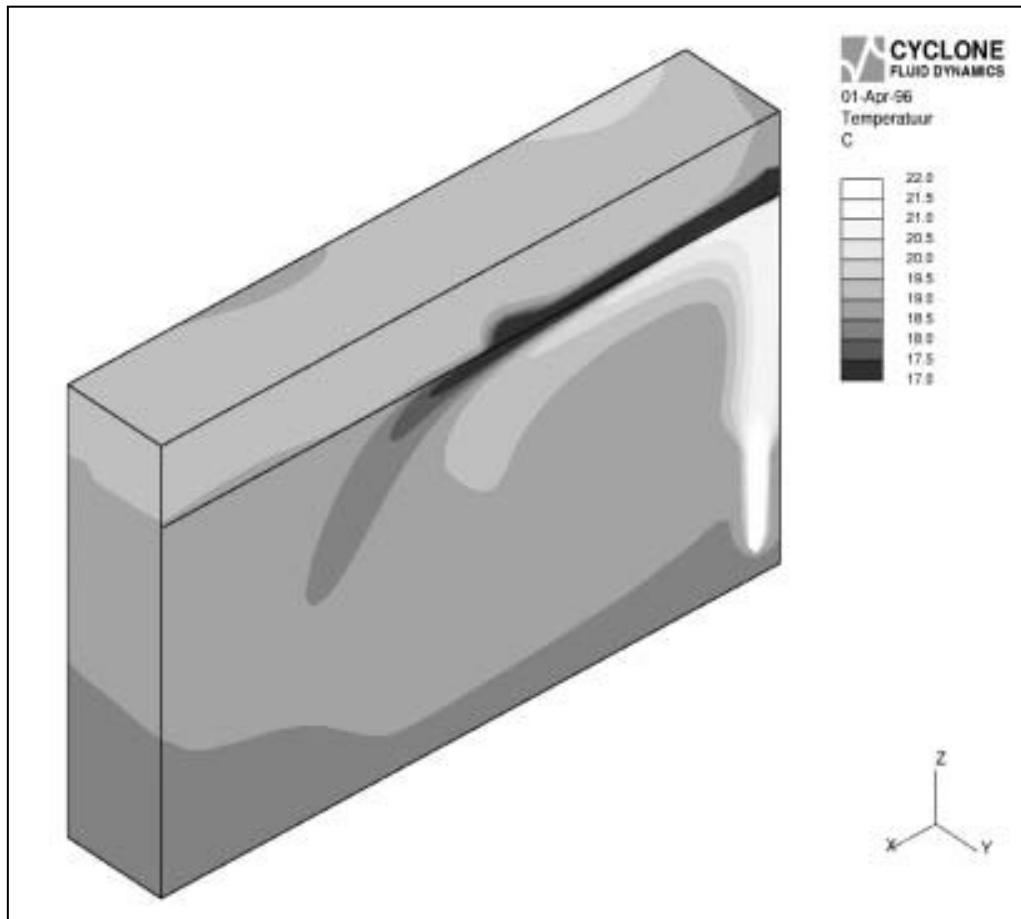
Uit onderzoeken voor andere gebouwen was bekend dat een normaal debiet van een ventilatierooster bij lage buitentemperaturen uitstromend op een plafonddeel aan de randen daarvan nog vaak naar beneden stroomde met een relatief grotere snelheid als gevolg van de ondertemperatuur. De gekozen ontwerp oplossing bij dit gebouw is gebaseerd op het "mengen" van impuls en temperatuur:

- een fijne verdeling van het binnenkomende debiet door de binnenkomende lucht over een geperforeerde plaat te laten stromen, waardoor zich steeds kleine luchtstroompjes mengen met de thermische hoofdstroom die ontstaat als de radiator aan staat, zodat er geen geconcentreerde neerwaartse stromingen konden ontstaan en
- temperatuuruitwisseling tussen de ruimtelucht en de binnenkomende lucht doordat de geperforeerde plaat in staal is uitgevoerd.

Het functioneren van deze oplossing is verkend met CFD berekeningen (figuren 2 en 3). Toen dit volgens die berekeningen bleek te kunnen werken is uiteindelijk in een klimaatkamerbeproeving de perforatiegraad bepaald. Uit de klimaatkamerbeproeving bleek dat een te grote perforatiegraad tot een te groot debiet over de eerste 0,5 m leidde. Uiteindelijk is er voor gekozen de perforaties pas te laten beginnen naast de armaturen (zie figuur 4 en foto 2). In de proefopstelling was de gemeten luchtsnelheid voor deze configuratie op alle posities in de leefzone kleiner dan



**FIGUUR 2** VERKENNENDE  
BEREKENING STROMING  
DOOR PLENUMSEGMENT,  
LUCHTSNELHEDEN



**FIGUUR 3** VERKENNENDE  
BEREKENING STROMING  
DOOR PLENUMSEGMENT,  
TEMPERATUURVERDELING  
IN LANGSRICHTING

0,13 m/s en was de gradiënt steeds kleiner dan  $1 \text{ K/m}^1$ . Bij de keuze van de diameter van de perforaties hebben ook overwegingen van stofaanhechting en dichtslibben een rol gespeeld.

Omdat nu het eerste gedeelte dicht is uitgevoerd is in de beginplaat isolatieschuim gelegd om condensatie aan de onderzijde van het stalen plafondplenum te voorkomen. Vanaf het punt waar de lucht via de perforaties binnenkomt is het condensrisico als gevolg van de menging met buitenlucht al voldoende beperkt.

#### **Bediening van de ventilatieroosters**

Tijdens werktijd wordt in principe de bediening van de roosters aan de gebruikers overgelaten. Gebruikers grijpen zelf in indien ze dat nodig achten. Buiten werktijd evenwel neemt het gebouwbeheersysteem de regeling over: indien aan condities voor zomernachtventilatie wordt voldaan worden alle roosters centraal geopend en in de winter worden alle roosters buiten werktijd centraal gesloten.

De Rijksgebouwendienst vindt het belangrijk dat gebruikers zelf kunnen ingrijpen. De zonwering kan door gebruikers worden overruled, er zijn te openen ramen, er is een individuele na-regeling op de thermostaten waarmee de setpoint temperatuur per ruimte twee graden hoger of twee graden lager dan twintig graden kan worden ingesteld en er is de mogelijkheid om de ventilatieroosters tijdens gebruikstijd naar wens zelf te openen of te sluiten.

Het aangeboden systeem van ventilatieroosters blijkt voor gebruikers in het eerste seizoen niet duidelijk te zijn geweest.

De bedieningsknop gaf geen duidelijkheid over de stand van de afsluitklep. Daarnaast is die afsluitklep niet zichtbaar vanuit het vertrek en werkt de motor helaas vrijwel geluidloos. Daardoor vindt naar de gebruikers te weinig terugkoppeling plaats over de stand van de sluitklep. Het is onduidelijk of het rooster geopend is of gesloten, mede dankzij de geheel tochtvrije toevoer; voer voor ergonomen bij een volgend project.

#### **Natuurlijke ventilatie doe je niet zomaar**

Er zijn analyses uitgevoerd met verschillende instrumenten op verschillende schaalniveaus. Op het niveau van gebouwsegmenten is een ventilatiemodel gebruikt, gebaseerd op het model van Bilsborrow [3] met daarin speciale modules waarmee de karakteristieken van zelfregelende roosters kunnen worden gesimuleerd. Met dit model is geanalyseerd gedurende hoeveel uur per jaar de natuurlijke ventilatie onvoldoende zou functioneren omdat de drijvende krachten kleiner zijn dan de vereiste drukverschillen om de gewenste debieten te realiseren. Op grond hiervan is besloten in de schoorstenen een hulpventilator te plaatsen die een opvoerhoogte van 30 Pa moest kunnen bewerkstelligen voor perioden in de zomer met geen of een gering temperatuurverschil.

Met een CFD-model [4] zijn windberekeningen uitgevoerd om na te gaan op welke plaatsen windzuiging de werking van het systeem hinderlijk zou beïnvloeden. De windberekeningen hebben o.a. geleid tot het advies om met de roosters weg te blijven bij de gebouwranden.



**Foto 2**  
*LUCHTTOEVOERPLENUMS*

Eveneens met CFD is een eerste stromingsberekening uitgevoerd om na te gaan of het beoogde plafondplenum kon werken. Een positief antwoord heeft vervolgens een vervolg gekregen in het beproeven van een plenum model in een klimaatkamer van TNO in Delft, waarin metingen zijn verricht aan temperatuur, luchtsnelheid en temperatuurgradiënt

Verder zijn vooraf analyses gemaakt van de overspraak risico's bij de gangplenum's, een belangrijk aandachtspunt bij ventilatiesystemen gebaseerd op lage drukken waarbij de openingen groter zijn dan normaal.

### ***Toekomst voor kantoren met natuurlijke ventilatie ?***

#### *low-cost kantoren ?*

Toekomst voor kantoren met natuurlijke ventilatie is bijna per definitie gelegen aan de onderzijde van de kantorenmarkt, immers steeds verbonden met beperkte warmtebelastingen. Wel tekenen zich met koelplafonds mogelijkheden af om ook in de middensegmenten natuurlijke ventilatie toe te passen.

#### *geen werkcellen aan de gevels*

Voorzover nieuwe kantoorconcepten worden toegepast gaat natuurlijke ventilatie niet samen met aan de gevel gesitueerde individuele werkcellen, zoals bijvoorbeeld bij Interpolis [7], omdat in zulke cellen de warmtebelastingen relatief hoog zijn.

#### *geen hoogbouw*

Omdat grote windzuiging een belemmering vormt voor goed functionerende systemen met natuurlijke ventilatie is hoogbouw in principe uitgesloten (tenzij er budgetten ter beschikking staan als bij het gebouw van Foster in Stuttgart [8])

#### *gewenste innovaties*

De kosten voor de infrastructuur aan gevel voor de regeling van de ventilatieroosters en zonwering zijn dubbel. Hier kan

productontwikkeling van combinaties van centrale stuurfuncties van roosters met de sturing van zonwering een weg bieden naar kostenreductie : 1 x voeding + 1 x regeling voor (sluitkleppen van) roosters en zonwering.

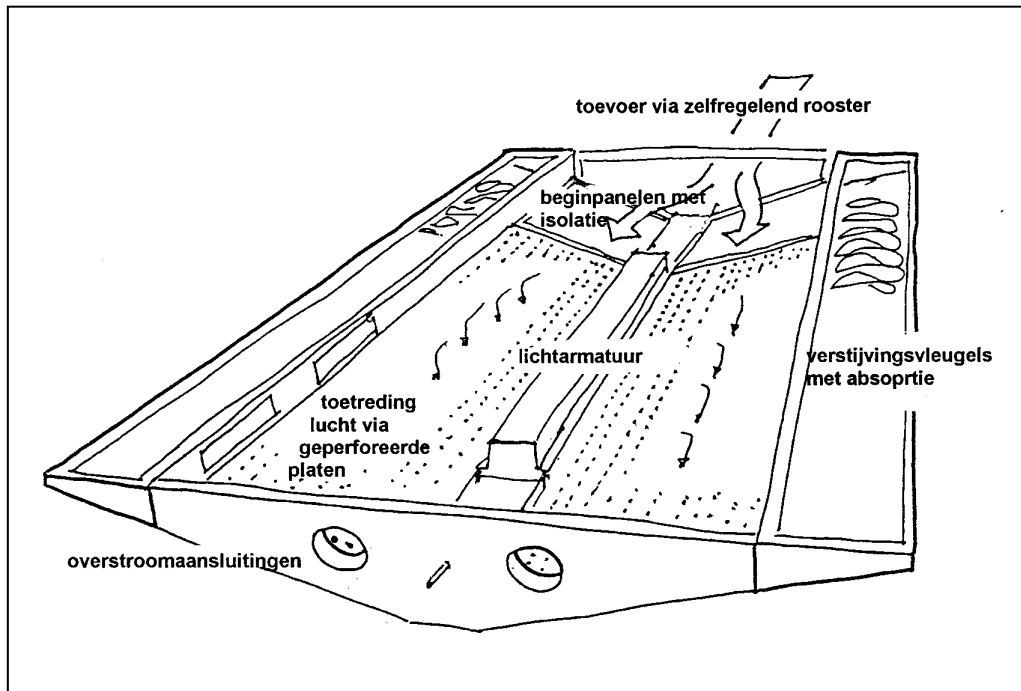
Bovendien zullen technieken moeten worden ontwikkeld om op een kosteneffectieve wijze bij de uittrede openingen warmte uit de ventilatielucht terug te winnen bij lage weerstanden.

### ***Ontwikkeling natuurlijk geventileerde gebouwen***

Dit gebouw vormt een van de vervolgstappen in een ontwikkeling van grotere kantoorgebouwen in Nederland met natuurlijke ventilatie die is ingezet met het stadhuis Apeldoorn en het belastingkantoor in Enschede. [5] [6]

Aan het begin van de vorige eeuw werden de eerste kantoorgebouwen met mechanische ventilatie gerealiseerd. In die begintijd moesten ontwerpers en adviseurs nog leren te denken in hogere systeemdrukken en de consequenties die dat voor het ontwerp heeft. Tegenwoordig lijkt het er op de kennis van natuurlijke ventilatie in de bouwwereld nu op hetzelfde niveau staat als de kennis van mechanische ventilatie in die tijd. Het ontwerpen van natuurlijk geventileerde gebouwen vraagt om een voldoende besef van het werken met kleine drukverschillen.

Naast gebouwen welke zijn gebaseerd op beperking van de inzet van ventilatorenergie zijn de afgelopen jaren al wel meerdere projecten gerealiseerd met kantoorgebouwen gebaseerd op natuurlijke toevoer en mechanische afzuiging (o.a. politiepost Boxmeer en kantoor Waterschap Vallei en Eem).



**FIGUUR 4**  
**PRINCIPE PLENUMS.**  
**DE BOVENZIJDE IS**  
**AFGEDEKT MET**  
**INGESEALDE MINERALE**  
**WOL**

### Referenties

- [1] Knoll, B, Evaluatie van zelfregelende roosters, Bouwfysica 8 (1997) nr. 3, blz. 6-9
- [2] Vollebregt, Rik, Zelfregelende ventilatieroosters: Kunnen zoveel meer, Bouwfysica 9 (1998) nr.2, blz. 7-8
- [3] Bilsborrow, R.E., A digital analogue for natural ventilation calculations, University of Sheffield, 1973.
- [4] Haartsen, T.J., H.W. Krüs en R. Ruijsink, Rekenen met wind, Bouwfysica 8 (1997) nr.1, blz. 18-22
- [5] Mertens, J.J, Stadhuis Apeldoorn, temperatuurmetingen in een nieuw kantoorgebouw met natuurlijke ventilatie, Bouwfysica 4 (1993) nr.2, blz 16 - 20
- [6] Boonstra, C en R. Vollebregt, Passief gebouw met actieve gebruikers, Thermie Demonstratieproject Belastingkantoor Enschede, Bouwfysica 7 (1996) nr.1, blz 13 - 18
- [7] Staatman, Ineke, De kantoor nomaden, Intermediair 32 (1996) nr. 26, blz. 13 - 17
- [8] Melet, Ed, De groene toren, Commerzbank van Norman Foster & Partners: Natuurlijke techniek, De Architect, juni 1997.