

# Natuurlijke ventilatie – moet kunnen?

*Natuurlijke ventilatie staat volop in de belangstelling. Er worden boeken vol geschreven over de principes van passieve klimaatbeheersing, installatie-arm bouwen en 'bioclimatic architecture'. Vooral bij architecten is natuurlijke ventilatie populair; 'Meer gebouw met minder installaties' lijkt het devies. Voor de gebruiker en zijn omgeving zijn er duidelijke voordelen aan natuurlijke ventilatie: mogelijk minder kosten, een lager energiegebruik en minder bouwvolume, zodat het milieu minder wordt belast. Toch worden er in Nederland maar weinig kantoorgebouwen met natuurlijke ventilatie gerealiseerd en is er discussie over de vraag of natuurlijke ventilatie wel geschikt is voor kantoren. Onder welke omstandigheden kan het wel? En wat zijn typische risico's als men natuurlijke ventilatie toepast in kantoorgebouwen? In het afstudeeronderzoek 'Natuurlijke ventilatie in kantoorgebouwen' zijn deze vragen aan de hand van zes gebouwen nader onderzocht.*

*-door ir. A.K. Raue\*, prof. ir. P.G. Luscuere\*\*, ir. P. Blesgraaf\*\*\**

Een veel gehoord bezwaar tegen natuurlijke ventilatie is dat het binnenklimaat slecht te beheersen is. De luchtbeweging moet namelijk tot stand komen door natuurlijke luchtdrukverschillen en temperatuur-



Atrium Belastingkantoor Enschede

-Foto 1-

verschillen tussen binnen en buiten; de (mate van) luchtverversing is daarom voor een deel afhankelijk van het weer. Te veel wind leidt in principe tot tocht en op hete dagen zou er met windstilte te weinig warmte uit het gebouw worden afgevoerd.

De belangrijkste ontwikkelingen richten zich dan ook op het beheersen van natuurlijke ventilatie. Grote vooruitgang is geboekt in de technologie van zelfregelende ventilatieroosters, regelstrategieën en voorzieningen voor tochtvrije toetreding van buitenlucht. Het gaat hier dus vooral om installatietechnische middelen om het binnenklimaat te beheersen. Naast de installaties zijn er echter nog drie andere factoren van belang: de architectuur, de omgeving en het gebruik van het gebouw.

## ARCHITECTUUR

Architectonische kenmerken van een gebouw kunnen een belangrijke rol spelen om de luchtbeweging op gang

te brengen. Zo kan in een atrium een schoorsteeneffect worden opgewekt, waardoor een onderdruk in de gangen ontstaat die de natuurlijke luchtbeweging van de gevel naar het dak van het atrium opwekt (zie foto 1). Met een hoge gebouwmassa kan worden voorkomen dat het gebouw op hete zomerdagen te snel opwarmt; dit werkt vooral goed als er geen thermisch gesloten plafonds of computervloeren worden toegepast en de scheidingswanden uit steenachtige materialen worden opgetrokken, kortom de gebouwmassa maximaal kan meespelen. Ook het soort zonwering, de grootte van de ramen en de plaatsing van ventilatievoorzieningen (c.q. de gevelindeling) spelen een rol voor de te bereiken behaaglijkheid in de kantoren. De wens naar natuurlijke ventilatie kan leiden tot een bijzonder architectonisch concept (zie tabel 1, volgende pagina).

## OMGEVING

De omgeving van het gebouw kan een beperking zijn als men natuurlijke ventilatie wil toepassen. Omdat er per definitie openingen in de gevel worden gemaakt, is het gebouw ook 'lek' voor eventuele luchtverontreinigingen en lawaai. Met suskasten kan dat geluid tot op zekere hoogte worden gedempt, maar in een echt lawaaige omgeving kan voorlopig niet worden verwacht dat het binnengeluidsniveau voortdurend beneden 35 dB(A) blijft. Tegen verontreinigde toevoerlucht is nog minder te beginnen. Speciaal voor natuurlijke ventilatie zijn elektrostatische filters in ontwikkeling die kunnen worden toegepast in gevelroosters. De luchtfil-

\* BBA Boerstra Binnenmilieu Advies, Rotterdam.

\*\* TU Delft, Faculteit der Bouwkunde, leerstoel Installaties

\*\*\*Dorsserblesgraaf, Den Haag  
Artikel naar aanleiding van het afstudeeronderzoek 'Natuurlijke Ventilatie in Kantoorgebouwen'; TU Delft 1998)

Gebouw:	European Patent Office Rijswijk	Belastingkantoor Enschede	Arthur Andersen Amstelveen	Stadhuis Apeldoorn	Centre for Human Drug Research, Leiden (CHDR)	Gemeentehuis Zevenhuizen-Moerkapelle
Omgevingslaawaal	-	-	-	-	+	+
Luchtkwaliteit omgeving	-	-	o	-	+	+
Gebouwde omgeving	bedrijven	bedrijven en station	bedrijven	binnenstad; marktplaats	bedrijven	dorpskern
Kantoor type	cellenkantoor	cellenkantoor + kantooruin	cellenkantoor	cellenkantoor	kamers en groepskamer	cellen en groepskamers
Interne warmtelast W/m <sup>2</sup>	20-25	27,5	< 30	20	28	20
Ruimtegebruik m <sup>2</sup> /persoon	19,5	9,2	10	10	9,5	8 - 10
Gebruik volgens Instructies	+	++	o	o	?	++
Interne verontreiniging	tabaksrook, printers	tabaksrook	tabaksrook	printers	printers	nihil
Principe plattegrond						
Typologie	centrale kern	centraal atrium	centrale kern	twee centrale binnenhoven	centraal atrium	centrale hal
Compartimentering	hele verdieping	geen	per gang	per gang	geen	geen
Oriëntatie lange gevels	ZO en NW	N en Z	N,O,W	N en Z	O en W	N en Z
Aantal bouwlagen	25	5	5	7	3	2
Thermische massa	++	++	++	++	-	++
Bedekkingsgraad	+	++	++	++	+	++
Gevelbouw	betonnen elementen	tegels aan houten frame	dubbel metselwerk	dubbel metselwerk	Aluminium glasfacade	dubbel metselwerk
ZTA x glaspercentage	35%	13,3%	18%	14 - 18 %	49%	21-28%
Zonwering	buiten vast binnen lamellen	buitenzonwering; automatisch binnen verbindingsschermen	buitenzonwering; automatisch binnen verbindingsschermen	buitenzonwering binnen verbindingsschermen	vaste buitenzonwering voor de hele gevel bg en 1e	binnenzonwering
Luchttoevoer basisventilatie	gevelroosters	zelfregelende suskasten met gebruik van coanda-effect	elektronische suskasten met geleidepaneel	luljes; suskasten aan geluidbelaste zijden	infiltratie, glaspuil heeft een kierstand	infiltratie, ramen hebben goed instelbare kierstand
Toevoer boven 1,80 m	ja	ja	ja	ja	nee	nee
Luchttoevoer zomer/ventilatie	twee uitzetramen per kamer	draairamen naar binnen	draai/kliepramen	kliekjes en draairamen	kantel/schuilpuilen	te openen ramen
Gebouwbeheersysteem	nee	nee	nee	nee	nee	nee
Kunstlicht	geregeld per armatuur; daglichtafhankelijk	HF daglichtafhankelijk met aanwezigheidsdetectie	HF daglichtafhankelijk met aanwezigheidsdetectie	basisverlichting + individueel regelbare werkplekverlichting	hoogfrequent armaturen	basisverlichting + individueel bediende werkplekverlichting
Nachtventilatie	nee	mechanisch	mechanisch	mechanisch	mechanisch	mechanisch
Verwarming	radiatoren	radiatoren	radiatoren	radiatoren	sirafingsplafonds in gevelzone	radiatoren
Mechanische koeling	nee	nee	niet in de kantoren	nee	niet in de kantoren	nee
Basisventilatie	geheel natuurlijke dwarsventilatie	geheel natuurlijke ventilatie via gevel en dak	natuurlijke toevoer met mechanische afvoer	natuurlijke toevoer met mechanische afvoer	natuurlijke toevoer met mechanische afvoer	natuurlijke toevoer met mechanische afvoer
Ventilatie zomersituatie						
Ventilatie wintersituatie						

## Overzicht van invloedsfactoren: +=gunstig, -=ongunstig

-TABEL 1-

ters die al op de markt zijn kunnen echter niet zonder mechanische ventilatie worden gebruikt omdat ze te veel weerstand hebben.

## GEBOUWGEBRUIKER

Tenslotte is het van belang hoe het gebouw wordt gebruikt. Sommige vormen van gebruik zijn helemaal niet geschikt voor huisvesting in een natuurlijk geventileerd gebouw, bijvoorbeeld omdat er zeer veel kantoorapparatuur wordt gebruikt die warmte en verontreinigingen afgeeft. Als de toekomstige gebruiker van een nieuwbouwkantoor bekend is kan daarmee nog enigszins rekening worden gehouden, maar bij latere gebruikers kan het voorkomen dat het gebouw niet aansluit bij het dan beoogde gebruik. De te huisvesten organisatie is daarom een randvoorwaarde voor de mogelijkheid om natuurlijke ventilatie toe te passen. Als over die organisatie niets bekend is (bijvoorbeeld in de verhuursector) kan natuurlijke ventilatie alleen worden toegepast

## HET AFSTUDEERONDERZOEK 'NATUURLIJKE VENTILATIE IN KANTOORGEBOUWEN'

Met dit onderzoek is geprobeerd inzicht in natuurlijke ventilatie te verzamelen zodat algemene aanwijzingen kunnen worden gegeven voor de bouwkundige die een kantoorgebouw op natuurlijke wijze wil ventileren.

Bij het inventariserend onderzoek is inzicht verzameld in de aspecten die bepalen of een gebouwconcept geschikt is voor natuurlijke ventilatie. Daarbij lag de nadruk op het binnenklimaat. Bouwfysische aspecten zijn onderzocht, evenals eisen en richtlijnen, omgevingsfactoren, gebruiksfactoren, bouwkundige factoren en installatietechnische factoren. Vanuit die verzameling zijn de belangrijkste randvoorwaarden en risicofactoren geformuleerd die van belang blijken als men natuurlijke ventilatie toepast in een kantoor.

Vervolgens is dit inzicht getoetst aan zes kantoorgebouwen met natuurlijke ventilatie:

- European Patent Office, Rijswijk (zie foto 2, pagina 8)
- Arthur Andersen, Amstelveen (zie foto 6, pagina 11)
- Belastingkantoor Enschede (zie foto 7, pagina 11)
- Stadhuis Apeldoorn (zie foto 3, pagina 8)
- Centre for Human Drug Research, Leiden (zie foto 4, pagina 9)
- Gemeentehuis Zevenhuizen Moerkapelle (zie foto 5, pagina 9)

Hierbij is gebruik gemaakt van artikelen en (meet-)rapporten door derden, o.a. NatVent.

Ten slotte is één van die gebouwen nader onderzocht. Daarbij is gekeken naar de totstandkoming van het gebouwconcept en naar de relatie tussen de doelstellingen en het werkelijke functioneren van het gebouw.

De bevindingen uit literatuuronderzoek, case studies en veldonderzoek zijn vertaald in aanwijzingen die bruikbaar zijn bij het toepassen van natuurlijke ventilatie. De veronderstelde randvoorwaarden en valkuilen zijn bijgesteld.

Het onderzoek vond plaats als afstudeerproject aan de TU Delft, Faculteit der Bouwkunde, afstudeerrichting Bouwtechnologie. De begeleiders waren:

- Prof. ir. P. Luscuere (hoogleraar installaties)
- Prof. ir. J. Kristinsson (hoogleraar milieutechnisch ontwerpen)
- ir. P. Blesgraaf (dorsserblesgraaf, Den Haag)

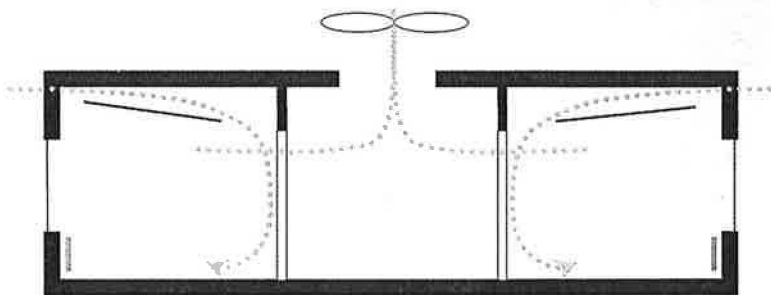
## Afstudeeronderzoek "Natuurlijke ventilatie in kantoorgebouwen"

-KADER 1-



**European Patent Office, Rijswijk: geheel natuurlijke dwarsventilatie als basis. Zomerventilatie door twee te openen ramen boven elkaar**

-Foto 2-



**Stadhuis Apeldoorn: natuurlijke toevoer via luikjes in de gevel, mechanische afvoer via de gangen en het atrium. Zomerventilatie door te openen ramen.**

-Foto 3-

als er op alle mogelijke manieren rekening wordt gehouden met verschillende vormen van gebruik. En juist flexi-

biliteit is een probleem omdat natuurlijke ventilatie niet voor alle kantoorconcepten geschikt is.

## GOED BINNENKLIMAAT

Inmiddels is de technologie en de kennis van zaken zo ver gevorderd, dat in kantoren met natuurlijke ventilatie ter nauwernood aan de algemeen gehanteerde eisen voor een goed thermisch binnenklimaat kan worden voldaan. Dat blijkt uit gegevens over zes gebouwen die in het kader van het hier beschreven afstudeeronderzoek 'Natuurlijke ventilatie in kantoorgebouwen' zijn verzameld (zie pagina 7).

Bij deze gebouwen was de gebruiker bekend bij de ontwerpers, zodat goed rekening kon worden gehouden met de manier waarop het gebouw zou worden gebruikt. Bovendien is zeer bewust omgegaan met de eisen die natuurlijke ventilatie stelt aan het bouwkundig concept. Het lijkt erop dat alleen onder zulke gunstige omstandigheden een acceptabel binnenklimaat mogelijk is bij natuurlijke ventilatie. Dan nog is het een wankel evenwicht en kan de gebruiker met een kleine ingreep roet in het eten gooien. Men zou daarom kunnen stellen dat het aan fout gebruik te wijten is als het te warm wordt.

## WAT IS 'FOUT'?

Bovenstaande conclusie is echter te simpel. De gebruiker is (na het gebouw, de installaties en de omgeving) de laatste schakel in de keten die van invloed is op het binnenklimaat. Gebouw en installaties horen te anticiperen op het gedrag van de gebruiker, zodat 'gebruiksfouten' eigenlijk een aanwijzing zijn van een fout gebouw. Veel belangrijker is dat opdrachtgevers/gebruikers vaak juist behoefte hebben aan veel eigen invloed op hun fysische werkomgeving, in combinatie met te openen ramen en natuurlijke ventilatie. Zulke gebouwen worden namelijk als mensvriendelijk ervaren. Het is daarom de vraag of je van een 'gebruiksfout' kunt spreken als iemand in de zomer zijn raam open zet, ook al is het buiten warmer dan binnen. Dit leidt meetbaar tot een hogere temperatuur in de kamer, een hogere temperatuuroverschrijding en PMV en dus, volgens de gangbare maatstaven, tot een slechter thermisch comfort. Het vreemde is dat de gebouwgebruiker zijn raam juist open zet omdat hij dat prettig vindt; hij gebruikt zijn voorzieningen om zijn algemeen welzijn te verhogen (en met succes!). Is er dan wel sprake van een 'fout' gebruik?

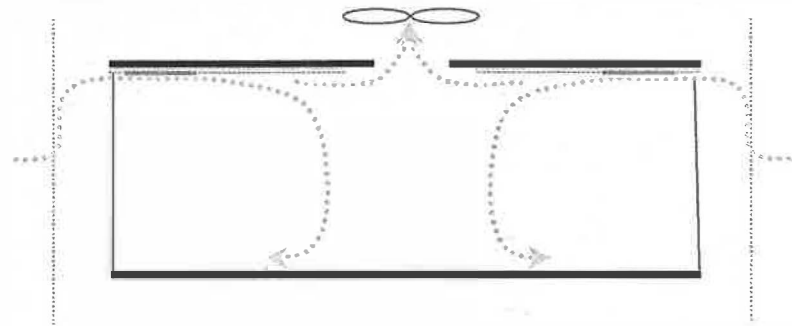
## WAT IS 'GOED'?

Het effect van het open raam op het welzijn in de zomer is een voorbeeld van de interactie tussen gebouw en gebruiker die voor natuurlijke ventilatie van groot belang is, maar waarover weinig concreets bekend is. Luchtsnelheden, temperaturen en PMV zijn objectief te meten. Aan deze grootheden worden eisen gesteld in ieder PvE, maar eisen aan het welzijn van de gebruiker zijn moeilijker te formuleren en zij kunnen zelfs conflicteren, zoals bij het voorbeeld van het te openen raam. En juist bij gebouwen met natuurlijke ventilatie zijn deze zaken van groot belang, omdat doorgaans de gebruikelijke behaaglijkheidseisen moeilijk zijn te verwezenlijken en er een grote waarde wordt gehecht aan het welzijn van de gebruiker.

De vraag over de beoordeling van natuurlijke ventilatie wordt versterkt door de belevingsonderzoeken die zijn gehouden in de hier genoemde kantoren. Grosso modo werd er flink geklaagd over hoge temperaturen in de zomer en tocht in de winter. Toch werd het binnenklimaat in deze gebouwen gemiddeld beter gewaardeerd dan gemiddeld. De vraag 'Wat is goed' kan overigens niet eenduidig worden beantwoord. Natuurlijk geventileerde kantoorgebouwen zijn totnogtoe nauwelijks geëvalueerd en zeker al niet vergeleken met mechanisch geventileerde gebouwen

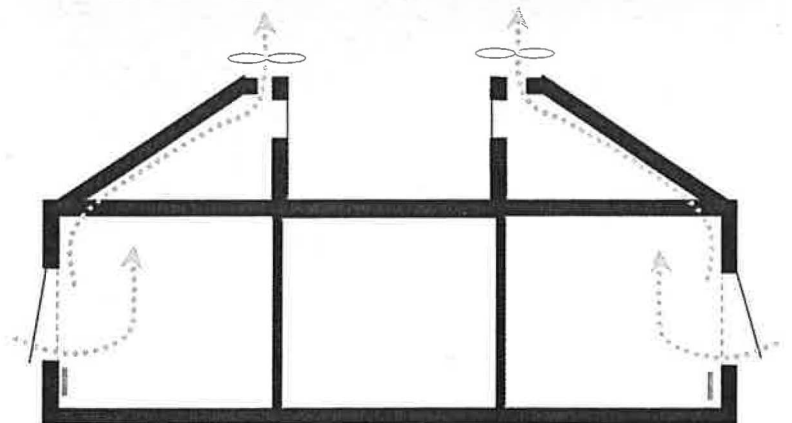
## HIGH-TECH

Het is dus sterk de vraag hoe men het thermisch comfort in kantoren met natuurlijke ventilatie moet beoordelen. Daarom is het ook de vraag hoe je een goed kantoorgebouw met natuurlijke ventilatie moet bouwen. De trend is om met steeds meer technologie de snelheid, temperatuur, vochtigheid en reinheid van lucht onder controle te houden. Dit resulteert in gebouwen met mechanische afzuiging (zodat de luchtstroming gegarandeerd is), elektronisch geregelde suskasten die onzichtbaar zijn weggewerkt boven een luchtgeleidingspaneel (om tocht te voorkomen) en centrale regeling van luchttoevoer, zonwering, verwarming, kunstlicht en kantoorapparatuur waarbij de gebruiker de automatische instelling beperkt kan overrulen voor de persoonlijke behoefte. Met deze high-tech aanpak worden alle meetbare factoren onder



Centre Human Drug Research Leiden

-Foto 4-



Gemeentehuis Zevenhuizen-Moerkapelle: natuurlijke basis- en zomerventilatie via te openen ramen. Mechanische afvoer via het dak

-Foto 5-

# CASE STUDY: EUROPEAN PATENT OFFICE, RIJSWIJK

Om te onderzoeken of een aantal veronderstellingen over natuurlijke ventilatie in praktijk blijken uit te komen, zijn 6 case studies verricht. Hieronder is één van die cases beknopt weergegeven. Deze case study is voor een groot deel gebaseerd op de gegevens van NatVent.

## INVLOEDSFACTOREN:

### Omgevingsfactoren

Omgevingslawaai	2 drukke snelwegen vlakbij; bouwactiviteiten
Luchtqualiteit rondom het gebouw	CO <sub>2</sub> = 400 ppm
De gebouwde omgeving	meer hoogbouw; niet zo hoog als EPO

### Gebruiksfactoren

Kantoortype (hoogbouw)	kantoor kamers 2,7 x 5,5 x 2,75 m
Interne warmtelast	20 - 25 W/m <sup>2</sup> (schatting)
Ruimtegebruik per persoon	19,5 m <sup>2</sup> / persoon
Gebruik	veel ramen en roosters open op hete dag
Interne verontreinigingsbronnen	veel kamers hebben een eigen printer

### Bouwkundige invloedsfactoren

Gebouwtypologie	centrale kern; dubbelcorridor; kamers aan gevel
Compartimentering	hele verdieping
Oriëntatie	lange gevels op ZO en NW
Gebouwhoogte	86 m
Thermische massa	127 kg/m <sup>2</sup> ; steenachtige scheidingswanden
Bedekkingsgraad van de constructie	bedekt plafond, gevel en wanden open
Gevelopbouw	betonnen elementen met overstek
ZTA x glaspercentage	0,70 x 49% = 35%
zonwering	vaste buitenzonwering (gedeeltelijk) + handbediende binnenlamellen op ZO en ZW
Toevoorzieningen basisventilatie	handbediende gevelroosters
Toevoer basis boven 1,80 m	ja
Toevoorzieningen zomerventilatie	twee uitzetramen boven elkaar

### Installatietechnische invloedsfactoren

Regeling van de installatie/GBS	op hoofdgroepen verwarming en LB-kasten
Kunstlichtvoorziening	hoogfrequent; 2 x 50 W / kamer; individueel aan/uit
Nachtventilatie	handmatig; gebeurt in principe niet, zou wel kunnen
Verwarmingssysteem	radiatoren; 24 uur / dag, ook weekeinde
Koelsysteem	niet in de kantoren
Basisventilatie	dwarsventilatie

BINNENKLIMAAT	EIS / RICHTLIJN RGD	IN PRAKTIJK IN DIT GEBOUW
Basisventilatie:	Min. 4,3 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	5 · 25 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> (winter)
GTO-uren:	Max. 150 (zomer)	max. 150 (NO-gevel)
PMV:	-0,5 < PMV < +0,5	goed; soms (veel) te warm
Luchttemperatuur winter: (18°)	20° - 24°C	22° - 24°C; pieken tot 25°C (januari 1998)
Luchttemperatuur zomer:	23° - 26° (28°)°C	20° - 26°C; pieken tot 30°C (augustus 1997)
Luchtsnelheid winter:	max. 0,15 m/s	tocht (enquête)
Luchtsnelheid zomer:	max. 0,25 m/s	geen tocht (enquête)
Relatieve vochtigheid:	30 - 70 %	meestal ± 40%

## VERONDERSTELDE VALKUILEN GETOETST AAN EUROPEAN PATENT OFFICE

### 1. Temperatuuroverschrijdingen in het gebouw.

Er zijn temperatuuroverschrijdingen, maar die zijn niet abnormaal hoog. Meetgegevens betreffen een hittegolf in de extreem warme zomer van 1997 en zelfs toen bleef de overlast in het algemeen beperkt.

### 2. Temperatuuroverschrijdingen in individuele kamers.

De temperaturen verschillen enorm tussen de verschillende kamers. Vreemd genoeg werden in een kamer aan de noordoost-gevel hogere temperaturen gemeten dan in een kamer aan de zuidwest-gevel. De temperatuuroverschrijdingen lijken meer afhankelijk van het gebruik van de kamer dan van de oriëntatie.

### 3. Te weinig luchtverversing

Hoewel de gebruikers de mogelijkheid hebben om alle ventilatievoorzieningen te sluiten, blijft de CO<sub>2</sub>-concentratie beperkt tot 750 ppm. Er treedt een gebrek aan zomerventilatie op als het hard waait, want dan kunnen de ventilatievoorzieningen beter niet geopend zijn. Als de kamers een tijdje niet zijn gebruikt, ruiken ze soms muff.

### 4. Tochtverschijnselen.

Vooraf door infiltratie treden tochtverschijnselen op. De kierdichting van de gevel is niet goed (voor gevelrenovatie). Voorzieningen voor basisventilatie worden regelmatig gesloten wegens tocht. Er is geen tocht als de kamers deuren zijn gesloten, als gevolg van goede tocht dichting van de deuren.

### 5. Gebouwwerkers hebben te weinig invloed op de regeling, of storen zich aan te veel automatische regeling

De meeste gebruikers zijn erg tevreden over de (hoge) mate van invloed die ze hebben op het binnenklimaat. De centrale verwarming voldoet niet altijd aan de warmtevraag van de gebruikers. De ketels worden te vroeg in het voorjaar uitgeschakeld.

### 6. Gebouwwerkers hebben te veel invloed.

Geen klachten.

### 7. Te droge binnenlucht.

Geen klachten.

### 8. Grote drukverschillen bij hoge gebouwen.

Jawel. Op de hoogste verdiepingen komt het voor dat deur niet meer open kan als het raam geopend is. Hier treden ook tochtklachten op bij gesloten ventilatievoorzieningen.

### 9. Geluidoverdracht via ventilatievoorzieningen.

Gebruikers vinden het geluidsniveau net acceptabel tot onacceptabel. Er zijn geen ventilatorroosters naar de gangen en de kierdichting van de deuren is goed.

### 10. Hoog energiegebruik

Waarschijnlijk, door hoge mate van luchtverversing 's winters (ook in de nachten en weekeinden).

## VERONDERSTELDE RANDVOORWAARDEN GETOETST AAN EUROPEAN PATENT OFFICE

### 1. De organisatie, die moet worden gehuisvest moet zich lenen voor huisvesting in kantoor kamers of groepenkantoren.

In de meeste kamers werkt één persoon; soms werken er twee. In een klein aantal kamers zijn tussenwanden weggehaald; hier werken kleine groepen. Er zijn geen kantoortuinen en geen cocons.

### 2. De interne warmtelast is minder dan 30 Watt / m<sup>2</sup> vloeroppervlak.

De interne warmtelast is in de meeste kamers 20 - 25 W/m<sup>2</sup>.

### 3. Geluidbelasting op de gevel niet hoger dan 60 dB (A).

Drukke snelweg op 100 m voor de ZO-gevel. Er is meer overlast door bouwactiviteiten dan door verkeerslawaai.

### 4. Buitenlucht mag niet te sterk zijn vervuild.

De lucht is niet sterk vervuild. De CO<sub>2</sub>-concentratie in het gebouw loopt op tot 750 ppm; dat is ruim beneden de toegestane waarde. De luchtfilters van de luchtbehandelingskasten vervuilen wel snel door roet. Hiervan zou dus een verhoogde concentratie in de lucht kunnen zijn. Stankoverlast is vooral het gevolg van tabaksrook.

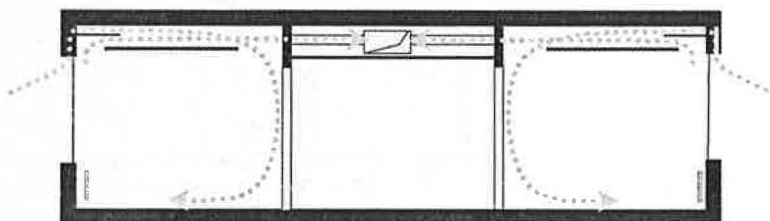
controle gebracht als antwoord op het bezwaar dat natuurlijke ventilatie niet goed te regelen zou zijn. Het verschil met een 'ouderwetse' klimaatinstallatie wordt echter steeds kleiner en het idee van een simpele, inzichtelijke klimaatbeheersing vervaagt.

### LOW-TECH

Ook is een low-tech benadering te onderscheiden, waarbij de gebruiker een belangrijke rol speelt bij de beheersing van zijn omgeving. De verse lucht komt via een eenvoudig luikje of rooster de kamer binnen. Krijgt de gebruiker het koud, dan kan hij het rooster sluiten. Krijgt hij het benauwd, dan moet hij het rooster weer openen. Hij moet zelf de radiator en het zonnescherm bedienen en het licht uitdoen als hij zijn kamer verlaat. De luchtbeweging komt geheel door natuurlijke druk- en temperatuurverschillen tot stand, zodat invloeden van wind en zonnestraling in de kamer goed te merken zijn. Deze aanpak kan tot onnodig energiegebruik leiden, bijvoorbeeld als de verwarming wordt aangezet terwijl het raam open staat. Ook staat niets de gebruiker in de weg om op een warme dag de zonwering op te laten, de ventilatieopeningen te sluiten, het licht en de verwarming aan te zetten en de deur achter zich dicht te trekken, zodat zijn kamer in een sauna verandert. Zo ver zal het in praktijk veelal niet komen. Toch is het bij de low-tech aanpak van groot belang dat de gebruiker inzicht heeft in de gevolgen van zijn gedrag voor het binnenklimaat. Een goede voorlichting kan daarbij helpen; in het Belastingkantoor Enschede zijn voorlichtingsbijeenkomsten gehouden en zijn gebruiksinstructies op grote schrijfblokken gedrukt die op alle bureaus zijn neergelegd (zie foto 8, pagina 14). Zodoende zijn de gebruikers sterk betrokken geraakt en worden er weinig 'fouten' gemaakt met de bediening van de installaties. Deze aanpak beantwoordt aan de vraag naar veel invloed van de gebruiker, maar het vraagt dan ook inzet van de gebruiker en de organisatie, bijvoorbeeld omdat elke nieuwe medewerker opnieuw moet worden voorgelicht.

### RANDVOORWAARDEN

De vraag of natuurlijke ventilatie in een kantoor kan worden toegepast



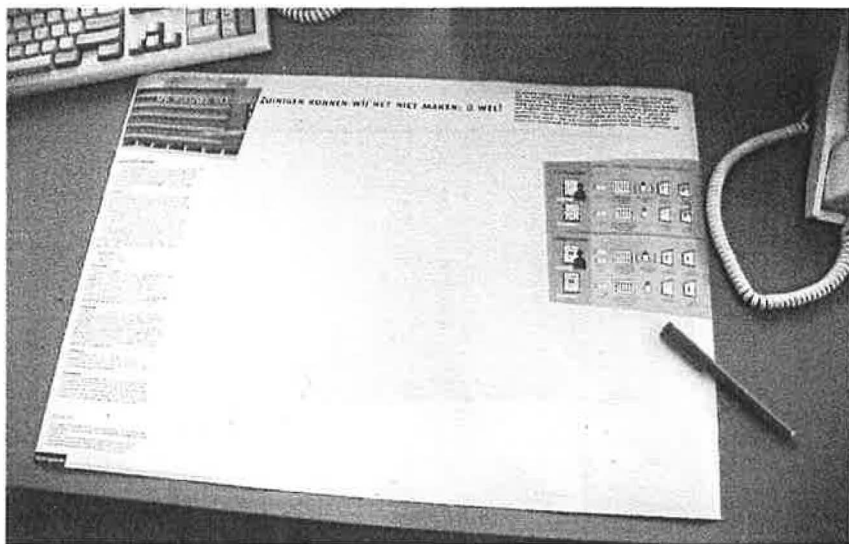
**Arthur Andersen, Amstelveen: natuurlijke toevoer via elektronisch gestuurde roosters in de gevel. Mechanische afvoer via de gangzone. Zomerventilatie door te openen ramen.**

-Foto 6-



**Belastingkantoor Enschede: geheel natuurlijke ventilatie via gevel en atrium. Zomerventilatie door te openen ramen**

-Foto 7-



**Schrijfblok in het Belastingkantoor Enschede. Alle medewerkers kregen bij ingebruikname een schrijfblok waarop instructies zijn gedrukt voor het gebruik van de radiatoren, ventilatieroosters, zonwering en dergelijke.**

-Foto 8-

hangt dus vooral af van de organisatie die moet worden gehuisvest. Bij het afstudeeronderzoek 'Natuurlijke ventilatie in kantoorgebouwen' is gezocht naar dergelijke randvoorwaarden. Er zijn gesprekken gevoerd met deskundigen en er is gezocht in de literatuur, zodat een aantal veronderstellingen over natuurlijke ventilatie in kantoorgebouwen konden worden gesublimeerd. Daarna is gekeken of deze veronderstellingen in de praktijk uitkwamen bij zes kantoorgebouwen met natuurlijke ventilatie. Daaruit bleken vooral de volgende randvoorwaarden van belang:

***De te huisvesten organisatie moet zich lenen voor huisvesting in kantoor-kamers of groepenkantoren.***

Als aanvullende koeling wordt geaccepteerd kunnen ook coonkamers worden geventileerd met natuurlijke luchttoetreding via de gevel. In ruimten met meer dan 12 gebruikers zijn te veel klachten over de thermische behaaglijkheid te verwachten. Dit verband kon niet in praktijk worden onderzocht.

***De interne warmtelast is minder dan 30 Watt / m<sup>2</sup> vloeroppervlak.***

Meestal is de interne warmtelast laag genoeg als twee gebruikers in een kantoorkamer van 20 m<sup>2</sup> werken met pc's, maar zonder andere apparatuur. Bij een hogere interne warmtelast wordt het risico op temperatuuroverschrijdingen te groot. Deze grens is niet strikt, maar sterk afhankelijk van het warmteaccumulerend vermogen van het gebouw,

het soort zonwering, de gevelopbouw, de verlichting en de ventilatiestrategie.

Naast de gebruiker kan ook de omgeving een beperking zijn om natuurlijke ventilatie te kunnen toepassen:

***De buitenlucht mag niet te sterk zijn vervuild.***

Het is (nog) niet mogelijk om met filters de lucht te reinigen bij natuurlijke ventilatie via de gevel. Als de toevoerlucht alleen plaatselijk sterk is vervuild, kan het op die plaats lucht via luchtkanalen van een minder vervuilde plaats worden aangevoerd, terwijl de rest van het gebouw wel natuurlijk wordt geventileerd via de gevel.

***De geluidbelasting op de gevel is niet hoger dan 60 dB (A).***

Bij natuurlijke ventilatie is de gevel per definitie open zodat verse lucht (maar ook geluid) in de ruimte kan komen. Met suskasten kan het geluid behoorlijk worden gedempt, maar in de zomer zal lawaai van buiten te veel hinder geven als de ramen open zijn.

Het is overigens opvallend dat vier van de zes onderzochte kantoren juist op plaatsen staan waar veel lawaai of luchtverontreiniging uit de omgeving is te verwachten.

**VALKUILEN**

Als aan bovengenoemde randvoorwaarden is voldaan, kan er nog van alles misgaan. Gebouwen met natuurlijke ventilatie zijn erg gevoelig voor de manier

waarop ze worden gebruikt. Als het gebouw en het gebruik niet goed op elkaar aansluiten, ontstaan er vooral risico's op hoge temperaturen (zomer), tocht (winter) en een verminderde luchtkwaliteit. Daarom zijn vooral de volgende aandachtspunten van belang:

***Het gebouw moet perfect aansluiten bij de organisatie die wordt gehuisvest.***

Passieve klimaatbeheersing stelt ingrijpende eisen aan het bouwkundig ontwerp. Zelfs als uitgebreide voorzorgsmaatregelen zijn genomen blijft een gebouw met natuurlijke ventilatie meestal gevoelig voor tocht, hoge temperaturen en lage luchtkwaliteit. De manier waarop het gebouw wordt gebruikt speelt daarbij een grote rol; vooral kantoorapparatuur die warmte produceert kan het effect van alle bouwkundige maatregelen snel teniet doen. Een goede zonwering is daarom van belang; plaats activiteiten die veel warmte produceren aan de noordzijde van het gebouw. Interne bronnen van warmte of luchtverontreiniging kunnen het beste aan de 'benedenwindse' kant van de te verwachte luchtstroom worden gehuisvest.

***Het gebouw moet flexibel zijn in gebruiksmogelijkheden.***

Het is te verwachten dat medewerkers hun zonwering, raam of verwarming op een andere manier gebruiken dan voor het thermisch comfort optimaal is. De gevolgen van zulke 'fouten' moeten door het gebouw kunnen worden opgevangen. Bovendien zal de organisatie op den duur het gebouw op een andere manier willen gebruiken dan in de conceptfase was voorzien. In zekere mate moet het gebouw daarom veranderingen van indeling en gebruik toelaten zonder dat er risico's ontstaan voor - onder andere - het thermisch comfort.


***De gebruiker moet goed zijn voor- gelicht over de bediening van de voorzieningen.***

Bovengenoemde 'gebruiksfouten' kunnen voor een deel worden voorkomen als de gebruiker betrokken is bij de beheersing van het binnenklimaat en zich bewust is van de gevolgen van zijn handelingen.

***Interne bronnen van warmte, stof en verontreiniging moeten zoveel mogelijk worden beperkt.***

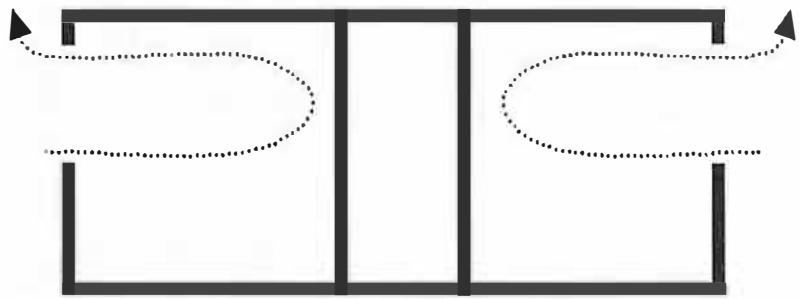
Natuurlijke ventilatie wordt meestal

toegepast met een minimale mate van luchtverversing. Daardoor wordt de kans groter dat verontreinigingen en warmte uit de ruimte onvoldoende worden afgevoerd. Bovendien is er met natuurlijke ventilatie een grote kans op een lage relatieve vochtigheid in de winter, waardoor klachten die te maken hebben met vervuilde lucht worden versterkt. Door bouwmaterialen en apparatuur toe te passen die weinig emissies geven, kunnen zulke klachten worden beperkt. Bovendien moeten dergelijke verontreinigingen zo veel mogelijk bij de bron worden afgevoerd, zodat ze niet in de ruimte-lucht terecht komen.

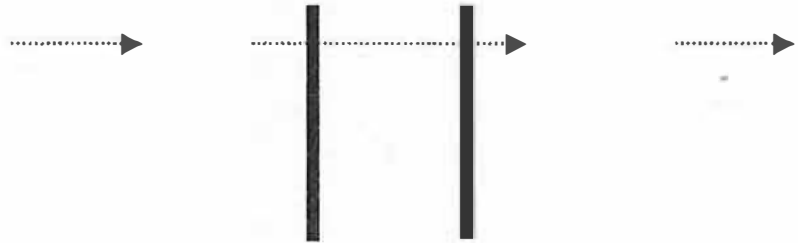
Uiteraard zijn de randvoorwaarden en aanbevelingen in het algemeen van toepassing op kantoorgebouwen, ook de gebouwen die volledig op mechanische wijze worden geventileerd. Bij natuurlijk geventileerde gebouwen zijn ze echter van doorslaggevende betekenis voor de haalbaarheid van het ventilatieconcept. 

#### REFERENTIES

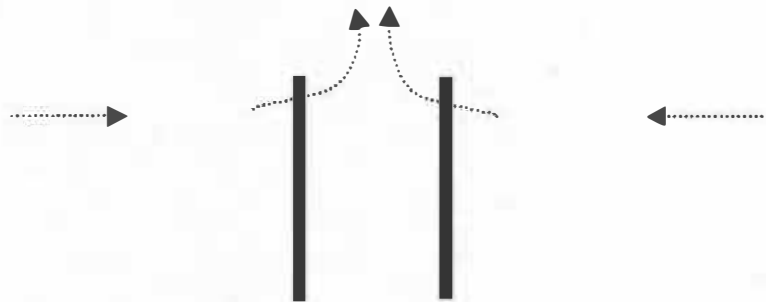
1. Raue, A.K. (1998), "Afstudeeronderzoek Natuurlijke ventilatie in kantoorgebouwen", TU Delft, Faculteit der Bouwkunde. Meer info: raue@dds.nl
2. Blesgraaf, ir. P., "Natuurlijke ventilatie van kantoorgebouwen", lezing voor de TVVL/ISSO-dag, 7 december 1999, Arnhem.
3. Luscuere, P.G. (1997), "Het Installatielozel-arme gebouw, feit of fictie?" (symposiumsyllabus) Vakgroep Bouwtechnologie, Faculteit der Bouwkunde, TU Delft.
4. Luscuere, P.G.; van den Engel, P.J.W. (1996), "Ventilatie via de gevel. Een delicate balans tussen luchtkwaliteit en energiegebruik" (symposiumsyllabus). Vakgroep Bouwtechnologie, Faculteit der Bouwkunde, TU Delft.
5. "Natural ventilation for offices - NatVent a better way to work" (1999), BRESCU, BRE, Garston (Engeland). Nederlandse bijdragen door A.H.C. van Paassen, S.H. Liem en anderen.



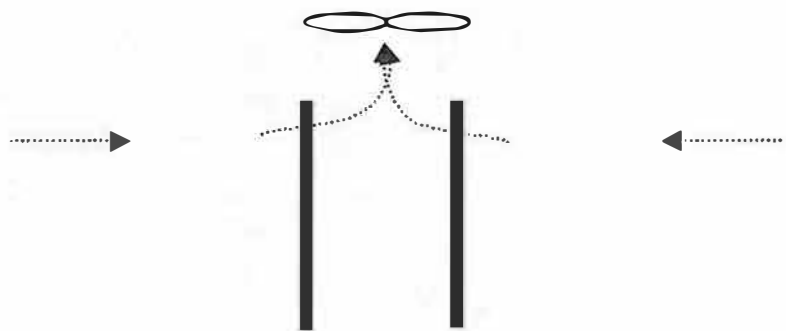
Natuurlijke ventilatie via één gevel



Dwarsventilatie



Natuurlijke ventilatie via gevel en dak



Natuurlijke ventilatie met mechanische afzuiging via gang en dak